

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS

Programa de Pós-Graduação em Agronomia



Tese

Uso de fitorreguladores para controle do desenvolvimento vegetativo e aumento da frutificação em macieira e pereira

Fernando José Hawerroth

Pelotas, 2010.

FERNANDO JOSÉ HAWERROTH

Engenheiro Agrônomo

Uso de fitorreguladores para controle do desenvolvimento vegetativo e aumento da frutificação em macieira e pereira

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

Orientador: Flavio Gilberto Herter, Dr.

Co-orientadores: José Carlos Fachinello, Dr.

Gabriel Berenhauser Leite, Dr.

Pelotas, 2010.

Dados de catalogação na fonte:
(Marlene Cravo Castillo – CRB-10/744)

H389c Hawerroth, Fernando José

Uso de fitorreguladores para controle do desenvolvimento vegetativo e aumento da frutificação em macieira e pereira / Fernando José Hawerroth. – Pelotas, 2010.

154f. : il.

Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Fruticultura de Clima Temperado. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Universidade Federal de Pelotas. - Pelotas, 2010. Flavio Gilberto Herter, Orientador; José Carlos Fachinello e Gabriel Berenhauser Leite, Co-orientadores.

1. *Malus domestica* 2. *Pyrus* spp. 3. Proexadione cálcio 4. Ácido giberélico 5. Poda 6. Frutificação 7. Produção I. Herter, Flavio Gilberto (orientador) II. Título.

CDD 634.11

Banca examinadora:

Flavio Gilberto Herter, Dr., Universidade Federal de Pelotas (FAEM/UFPel)

Luís Eduardo Corrêa Antunes, Dr., Embrapa Clima Temperado (EMBRAPA)

Jair Costa Nachtigal, Dr., Embrapa Clima Temperado (EMBRAPA)

Márcia Wulff Schuch, Dra., Universidade Federal de Pelotas (FAEM/UFPel)

Luciano Picolotto, Dr., Embrapa Clima Temperado (EMBRAPA)

“Aos meus pais, José Maria Hawerroth e Laurita Maria Rohling Hawerroth, por todo apoio, incentivo, dedicação, bons exemplos e confiança na minha capacidade...”

“Aos meus irmãos e grandes amigos, André Augusto Hawerroth e Mariane Hawerroth, pelo carinho e pelas alegrias que vivenciamos juntos...”

“À minha noiva, Maraisa Crestani, por todo apoio, compreensão, paciência, sinceridade e amor...”

Dedico

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos ao longo de minha pós-graduação.

À Estação Experimental de Caçador, da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EECd/EPAGRI) e à Universidade Federal de Pelotas, pela disponibilização de sua infra-estrutura, e aos estagiários, funcionários e pesquisadores destas instituições pela amizade e grande colaboração na realização deste trabalho.

Aos professores do programa de Pós-graduação em Agronomia, da Faculdade de Agronomia 'Eliseu Maciel', da Universidade Federal de Pelotas, agradeço pela amizade e pelos conhecimentos transmitidos.

Aos colegas de pós-graduação e aos bolsistas de iniciação científica, agradeço pela ajuda e pela amizade.

Agradeço ao meu orientador, Dr. Flavio Gilberto Herter, pela liberdade concedida na realização dos trabalhos, pela confiança e pela amizade construída ao longo da pós-graduação.

Aos co-orientadores, Dr. José Carlos Fachinello e Dr. Gabriel Berenhauser Leite, agradeço pelo apoio, conhecimento transmitido e sugestões ao longo da realização deste trabalho.

Ao pesquisador, MSc. José Luiz Petri, pelo exemplo profissional, conhecimento transmitido, apoio constante ao longo da execução deste trabalho e amizade.

O meu sincero agradecimento a todas as pessoas que convivi ao longo de minha vida e, que de alguma forma, contribuíram com minha formação, aprimoramento profissional e que me auxiliaram a alcançar meus objetivos...

“À Deus, por ter tão pouco a pedir e tanto a agradecer...”

*'A Grande Conquista é o resultado de pequenas
vitórias que passam despercebidas'*
(Paulo Coelho)

Resumo

HAWERROTH, Fernando José. **Uso de fitorreguladores para controle do desenvolvimento vegetativo e aumento da frutificação em macieira e pereira.** 2010, 154f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas – RS.

O adequado balanço entre o desenvolvimento vegetativo e a frutificação em espécies pomáceas, como a macieira e a pereira, é fundamental ao aumento da eficiência produtiva e a melhoria da qualidade dos frutos. Neste sentido, o controle do desenvolvimento vegetativo e o aumento da frutificação são necessários no manejo de tais espécies, podendo ser obtidos pelo uso de fitorreguladores. Objetivou-se com este estudo avaliar o controle do desenvolvimento vegetativo e o aumento da frutificação de macieiras e de pereiras nas condições climáticas do Sul do Brasil em resposta ao uso de fitorreguladores. Para tanto, foram realizados três experimentos. No primeiro experimento, foram avaliadas diferentes concentrações de proexadione cálcio em macieiras ‘Imperial Gala’ e ‘Fuji Suprema’, enxertadas no porta-enxerto Marubakaido com interenxerto de M9, em pomar localizado em Fraiburgo/SC. Os tratamentos (0; 165; 330; 495; 660; e 990 g ha⁻¹ de proexadione cálcio) foram aplicados durante o período de desenvolvimento vegetativo nos ciclos 2008/2009 e 2009/2010. As concentrações respectivas a cada tratamento foram aplicadas parceladamente em três momentos. A primeira aplicação foi realizada quando as brotações do tratamento testemunha apresentavam crescimento de 10 cm. A segunda e a terceira aplicação foram realizadas aos 30 e 60 dias após a primeira aplicação, respectivamente. O proexadione cálcio foi eficiente no controle do desenvolvimento vegetativo de macieiras ‘Imperial Gala’ e ‘Fuji Suprema’, reduzindo a massa total e a massa média de ramos, assim como o comprimento médio dos ramos, nas condições climáticas do Sul do Brasil. O uso de proexadione cálcio em concentrações variando de 165 a 330 g ha⁻¹ aumentou a produção de maçãs ‘Imperial Gala’, porém altas concentrações deste fitorregulador tendem a reduzir a produção de frutos por planta, sobretudo em macieiras ‘Fuji Suprema’. A redução do desenvolvimento vegetativo pelo uso do proexadione cálcio contribuiu

para o aumento dos teores de cálcio em maçãs 'Fuji Suprema'. O segundo experimento foi realizado no município de Pelotas/RS, utilizando pereiras 'Hosui' enxertadas no porta-enxerto *Pyrus calleryana*. Foram avaliadas diferentes concentrações de proexadione cálcio (0; 275; 550; e 825 g ha⁻¹), sendo metade da concentração respectiva a cada tratamento aplicada quando as brotações apresentavam entre 5 a 10 cm de comprimento, e o restante aplicado 30 dias após a primeira aplicação. O uso de proexadione cálcio foi efetivo no controle do desenvolvimento vegetativo de pereiras 'Hosui', minimizando a necessidade de poda hiberna pela redução da massa total e do número de ramos podados. O controle do desenvolvimento vegetativo pelo uso de proexadione cálcio determinou aumento da capacidade produtiva de pereiras 'Hosui', sobretudo em concentrações de 450 a 750 g ha⁻¹. O objetivo do terceiro experimento foi avaliar a efetividade do thidiazuron, ácido giberélico, proexadione cálcio e a combinação destas substâncias no aumento da frutificação de pereiras asiáticas 'Shinseiki'. Os seguintes tratamentos foram aplicados na plena floração: 1. testemunha (sem aplicação); 2. thidiazuron (TDZ) 20 mg L⁻¹; 3. ácido giberélico (AG) 20 mg L⁻¹; 4. proexadione cálcio (PCa) 600 mg L⁻¹; 5. PCa 600 mg L⁻¹ + TDZ 20 mg L⁻¹; 6. PCa 600 mg L⁻¹ + AG 20 mg L⁻¹; e 7. AG 20 mg L⁻¹ + TDZ 20 mg L⁻¹. A aplicação de thidiazuron 20 mg L⁻¹, ácido giberélico 20 mg L⁻¹ e a combinação destas substâncias durante a plena floração aumentaram significativamente a frutificação e a produção de pereiras 'Shinseiki'. O proexadione cálcio, quando aplicado na floração isoladamente ou em combinação ao thidiazuron e ao ácido giberélico, não se mostrou efetivo no aumento da frutificação e na produção de frutos. A utilização dos fitorreguladores na floração diminuiu o número médio de sementes por fruto.

Palavras-chave: *Malus domestica*, *Pyrus* spp., proexadione cálcio, thidiazuron, ácido giberélico, poda, frutificação, produção.

Abstract

HAWERROTH, Fernando José. **Use of growth regulators to control vegetative growth and frutification increase in apple and pear trees.** 2010, 154f. Thesis (Doctor of Sciences) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas – RS.

The proper balance between vegetative growth and frutification in pome fruit species such as apple and pear, it is essential to increase production efficiency and improving fruit quality. In this sense, control of vegetative growth and frutification increase are needed in the management of these species, which may be obtained by use of growth regulators. The objective of this study was to evaluate the control of vegetative growth and frutification increase of apple and pear orchards in the Southern Brazil climatic conditions in response to the use of growth regulators. For this, three experiments were carried out in this research. In the first experiment, different concentrations of prohexadione calcium were evaluated in 'Imperial Gala' and 'Fuji Suprema' apple trees, grafted on Marubakaido rootstock with M9 interstock, in an orchard located in Fraiburgo/SC. The treatments (0, 165, 330, 495, 660, and 990 g ha⁻¹ prohexadione calcium) were applied during the vegetative growth in 2008/2009 and 2009/2010 growing seasons. The concentrations corresponding to each treatment were applied split into three parts. The first application was done when the shoots of the control treatment showed growth of 10 cm. The second and third applications were made at 30 and 60 days after the first application, respectively. The prohexadione calcium was effective in controlling vegetative growth of apple trees 'Imperial Gala' and 'Fuji Suprema', reducing the total weight and average weight of pruned shoots, as well as the average shoot length, in the Southern Brazil climatic conditions. The use of prohexadione calcium at concentrations ranging from 165 to 330 g ha⁻¹ increased the fruit production of 'Imperial Gala' apples, but high concentrations of this growth regulator tends to reduce the fruit production, especially in 'Fuji Suprema' apples. The reduction of vegetative growth by the use of prohexadione calcium contributed to increase calcium content in fruits of 'Fuji Suprema'. The second experiment was carried out in Pelotas/RS, using 'Hosui' pears grafted on *Pyrus calleryana* rootstock. Different

concentrations of prohexadione calcium were evaluated (0, 275, 550, and 825 g ha⁻¹), being half the concentration corresponding to each treatment applied when the shoots had between 5 to 10 cm in length, and the remainder applied 30 days after the first application. The use of prohexadione calcium was effective in controlling the vegetative growth of 'Hosui' pears, decreasing the need for winter pruning by reducing the total weight and the number of shoots pruned. The control of vegetative growth by use of prohexadione calcium determined increase the productive capacity of 'Hosui' pears, especially at concentrations ranging from 450 to 750 g ha⁻¹. The aim of the third experiment was to evaluate the effectiveness of thidiazuron, gibberellic acid, prohexadione calcium and combination of these substances on frutification increase of 'Shinseiki' asian pears. The following treatments were applied at full bloom: 1. control (no application); 2. thidiazuron (TDZ) 20 mg L⁻¹; 3. gibberellic acid (GA) 20 mg L⁻¹; 4. prohexadione calcium (PCa) 600 mg L⁻¹; 5. PCa 600 mg L⁻¹ + TDZ 20 mg L⁻¹; 6. PCa 600 mg L⁻¹ + AG 20 mg L⁻¹; e 7. AG 20 mg L⁻¹ + TDZ 20 mg L⁻¹. The application thidiazuron at 20 mg L⁻¹, gibberellic acid at 20 mg L⁻¹ and the combination of these substances during the full bloom increased significantly the frutification and the fruit production of 'Shinseiki' pears. The prohexadione calcium, when sprayed at flowering alone or in combination to thidiazuron and gibberellic acid, was not effective to increase the fruit set and fruit production. The use of growth regulators on flowering decreased the number of seeds per fruit.

Keywords: *Malus domestica*, *Pyrus* spp., prohexadione calcium, thidiazuron, gibberellic acid, pruning, frutification, and fruit production.

Lista de Figuras

Capítulo 2. Controle do desenvolvimento vegetativo e resposta produtiva de macieiras ‘Imperial Gala’ e ‘Fuji Suprema’ pelo uso de proexadione cálcio

- Figura 2.1** Médias mensais das temperaturas máximas e mínimas, e precipitação pluvial mensal para os meses de agosto a abril, nos ciclos 2008/2009 e 2009/2010. Fraiburgo, SC, 2010.54
- Figura 2.2** Massa total de ramos podados (a), número de ramos podados (b), massa média de ramo (c), comprimento médio dos ramos podados (d), e variabilidade no comprimento médio dos ramos podados (e) em macieiras ‘Imperial Gala’ tratadas com proexadione cálcio nos ciclos 2008/2009 e 2009/2010. Fraiburgo, SC, 2010.62
- Figura 2.3** Massa total de ramos podados (a), número de ramos podados (b), massa média de ramo (c), comprimento médio dos ramos podados (d), e variabilidade no comprimento médio dos ramos podados (e) em macieiras ‘Fuji Suprema’ tratadas com proexadione cálcio nos ciclos 2008/2009 e 2009/2010. Fraiburgo, SC, 2010.63
- Figura 2.4** Efeito de aplicações de proexadione cálcio na porcentagem de ramos de acordo com o comprimento médio dos ramos podados em macieiras ‘Imperial Gala’ (a–d) e ‘Fuji Suprema’ (e–h), nos ciclos 2008/2009 e 2009/2010. Fraiburgo, SC, 2010.66
- Figura 2.5** Número médio de gemas por ramo e comprimento médio dos entrenós em ramos podados em macieiras ‘Imperial Gala’ e ‘Fuji Suprema’ tratadas com proexadione cálcio nos ciclos 2008/2009 e 2009/2010. Fraiburgo, SC, 2010.69

Figura 2.6 Ramo de macieira com paralisação e retomada do crescimento ao longo do ciclo vegetativo (seta indica ponto de paralisação/retomada do crescimento nos ramos). Fraiburgo, SC, 2010.....	69
Figura 2.7 Teores foliares de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn), cobre (Cu) e boro (B) em macieiras 'Imperial Gala' tratadas com proexadione cálcio, nos ciclos 2008/2009 e 2009/2010. Fraiburgo, SC, 2010.	74
Figura 2.8 Teores foliares de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn), cobre (Cu) e boro (B) em macieiras 'Fuji Suprema' tratadas com proexadione cálcio, nos ciclos 2008/2009 e 2009/2010. Fraiburgo, SC, 2010.	76
Figura 2.9 Efeito de diferentes concentrações de proexadione cálcio na massa total (a) e no número médio de frutos por planta (b) em macieiras 'Imperial Gala', considerando o desempenho médio apresentado nos ciclos 2008/2009 e 2009/2010. Fraiburgo, SC, 2010.	80
Figura 2.10 Efeito de diferentes concentrações de proexadione cálcio na massa total de frutos por planta em macieiras 'Fuji Suprema' nos ciclos 2008/2009 e 2009/2010. Fraiburgo, SC, 2010.	81
Figura 2.11 Efeito de diferentes concentrações de proexadione cálcio na massa média dos frutos em macieiras 'Fuji Suprema', considerando o desempenho médio nos ciclos 2008/2009 e 2009/2010. Fraiburgo, SC, 2010.	83
Figura 2.12 Comprimento médio dos frutos nos ciclos 2008/2009 e 2009/2010 em função de aplicações de proexadione cálcio em macieiras 'Imperial Gala'. Fraiburgo, SC, 2010.....	85
Figura 2.13 Efeito da aplicação de proexadione cálcio na porcentagem de frutos com grau 2, segundo escala de severidade de 'russeting', em macieiras 'Imperial Gala' na média dos ciclos 2008/2009 e 2009/2010. Fraiburgo, SC, 2010.	88
Figura 2.14 Efeito de aplicações de proexadione cálcio na firmeza de polpa (a), acidez titulável (b) e índice de degradação do amido (c) em maçãs 'Imperial Gala' nos ciclos 2008/2009 e 2009/2010. Fraiburgo, SC, 2010.	93

- Figura 2.15** Efeito de aplicações de proexadione cálcio no índice de degradação do amido em maçãs 'Fuji Suprema' tratadas com proexadione cálcio nos ciclos 2008/2009 e 2009/2010. Fraiburgo, SC, 2010.94
- Figura 2.16** Efeito de diferentes concentrações de proexadione cálcio nos teores de nitrogênio (a), fósforo (b) e magnésio (c) na polpa fresca de maçãs 'Imperial Gala', nos ciclos 2008/2009 e 2009/2010. Fraiburgo, SC, 2010.98
- Figura 2.17** Efeito de diferentes concentrações de proexadione cálcio nos teores de nitrogênio (a), fósforo (b), potássio (c), cálcio (d) e magnésio (e) na polpa fresca de maçãs 'Fuji Suprema', nos ciclos 2008/2009 e 2009/2010. Fraiburgo, SC, 2010.100
- Capítulo 3. Proexadione cálcio no controle do desenvolvimento vegetativo e na produção de pereiras 'Hosui' no Sul do Brasil**
- Figura 3.1** Médias mensais das temperaturas máximas e mínimas, e precipitação pluvial mensal para os meses de agosto a julho, no ciclo 2009/2010. Capão do Leão, RS, 2010.110
- Figura 3.2** Crescimento de ramos em pereiras 'Hosui' tratadas com proexadione cálcio (PCa). Linhas verticais indicam valores de diferença mínima significativa ($p < 0,05$) dentro da mesma data de avaliação. Capão do Leão, RS, 2010.112
- Figura 3.3** Pereiras 'Hosui' enxertadas sobre porta-enxerto *Pyrus calleryana* aos 50 dias após a plena floração: planta do tratamento testemunha – sem aplicação (a); planta tratada com proexadione cálcio a 825 g ha^{-1} (b). Capão do Leão, RS, 2010.113
- Figura 3.4** Massa total de ramos podados (a), número de ramos podados (b), massa média de ramo (c), comprimento médio dos ramos (d), número médio de gemas por ramo (e) e comprimento médio dos entrenós (f) em pereiras 'Hosui' em função da aplicação de diferentes concentrações de proexadione cálcio. Capão do Leão, RS, 2010.114
- Figura 3.5** Pereiras 'Hosui' enxertadas sobre porta-enxerto *Pyrus calleryana* antes de ser realizada a poda de inverno: planta do tratamento testemunha – sem aplicação (a); plantas tratada com proexadione cálcio a 825 g ha^{-1} (b). Capão do Leão, RS, 2010.115

- Figura 3.6** Efeito da aplicação de proexadione cálcio na porcentagem de ramos em função do comprimento médio dos ramos podados em pereiras 'Hosui'. Capão do Leão, RS, 2010. 117
- Figura 3.7** Teores foliares de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn), cobre (Cu) e boro (B) em pereiras 'Hosui' em função da aplicação de diferentes concentrações de proexadione cálcio. Capão do Leão, RS, 2010. 118
- Figura 3.8** Efeito da aplicação de diferentes concentrações de proexadione cálcio na massa de frutos por planta (a), número médio de frutos por planta (b), massa média de frutos (c), diâmetro médio (d), comprimento médio (e) e relação comprimento / diâmetro (f) de peras 'Hosui'. Capão do Leão, RS, 2010. 122
- Figura 3.9** Efeito da aplicação de diferentes concentrações de proexadione cálcio no conteúdo de sólidos solúveis (a), firmeza de polpa (b) e acidez titulável (c) em peras 'Hosui'. Capão do Leão, RS, 2010. 123
- Capítulo 4. Frutificação e produção de pereira asiática 'Shinseiki' pelo uso de fitorreguladores**
- Figura 4.1** Pereiras 'Shinseiki', enxertadas sobre o porta-enxerto *Pyrus calleryana*, conduzidas no sistema em líder central, utilizadas no experimento. Capão do Leão, RS, 2010. 132
- Figura 4.2** Número médio de frutos por inflorescência (a), porcentagem de inflorescência com fruto (b), frutificação efetiva (c) e número médio de frutos por planta (d) aos 14 dias após a aplicação de diferentes fitorreguladores em pereiras 'Shinseiki'. Capão do Leão, RS, 2010. ... 135
- Figura 4.3** Número médio de frutos por inflorescência (a), porcentagem de inflorescências com fruto (b), frutificação efetiva (c) e número médio de frutos por planta (d) aos 50 dias após a aplicação de diferentes fitorreguladores em pereiras 'Shinseiki'. Capão do Leão, RS, 2010. ... 138
- Figura 4.4** Diâmetro médio dos frutos (a), comprimento médio dos frutos (b), relação comprimento/diâmetro dos frutos (c) aos 50, 67, 86 e 116 dias após a aplicação de diferentes tratamentos com fitorreguladores em pereiras 'Shinseiki'. Capão do Leão, RS, 2010. 139

- Figura 4.5** Massa de frutos por planta (a), número de frutos por planta (b), massa média dos frutos (c), diâmetro médio (c), comprimento médio (e), relação comprimento/diâmetro dos frutos (f) e número médio de sementes por fruto (g) em pereiras ‘Shinseiki’ tratadas com diferentes fitorreguladores durante a floração. Capão do Leão, RS, 2010. 141
- Figura 4.6** Efeito da aplicação de fitorreguladores durante o florescimento sobre o conteúdo de sólidos solúveis totais (a), firmeza de polpa (b) e acidez titulável (c) em peras ‘Shinseiki’. Capão do Leão, RS, 2010. 144

Lista de Tabelas

Capítulo 2. Controle do desenvolvimento vegetativo e resposta produtiva de macieiras ‘Imperial Gala’ e ‘Fuji Suprema’ pelo uso de proexadione cálcio

- Tabela 2.1** Características químicas do solo em pomar de macieiras ‘Imperial Gala’ e ‘Fuji Suprema’. Fraiburgo, SC, 2010.55
- Tabela 2.2** Efeito de aplicações de proexadione cálcio na massa total e número de ramos podados, massa média de ramo, comprimento médio dos ramos podados e variabilidade no comprimento médio dos ramos podados em macieiras ‘Imperial Gala’ e ‘Fuji Suprema’, nos ciclos 2008/2009 e 2009/2010. Fraiburgo, SC, 2010.60
- Tabela 2.3** Efeito de aplicações de proexadione cálcio na porcentagem de ramos de acordo com o comprimento médio dos ramos podados em macieiras ‘Imperial Gala’ e ‘Fuji Suprema’, nos ciclos 2008/2009 e 2009/2010. Fraiburgo, SC, 2010.65
- Tabela 2.4** Número médio de gemas por ramo e comprimento médio dos entrenós em ramos podados em macieiras ‘Imperial Gala’ e ‘Fuji Suprema’ tratadas com proexadione cálcio nos ciclos 2008/2009 e 2009/2010. Fraiburgo, SC, 2010.67
- Tabela 2.5** Área média de folhas e comprimento médio de pecíolos em folhas de macieiras ‘Imperial Gala’ e ‘Fuji Suprema’ tratadas com proexadione cálcio nos ciclos 2008/2009 e 2009/2010. Fraiburgo, SC, 2010.....70

Tabela 2.6 Teores foliares de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, ferro, manganês, zinco, cobre e boro em macieiras ‘Imperial Gala’ tratadas com proexadione cálcio nos ciclos 2008/2009 e 2009/2010. Fraiburgo, SC, 2010.	72
Tabela 2.7 Teores foliares de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, ferro, manganês, zinco, cobre e boro em macieiras ‘Fuji Suprema’ tratadas com proexadione cálcio, nos ciclos 2008/2009 e 2009/2010. Fraiburgo, SC, 2010.	75
Tabela 2.8 Massa total e número de frutos por planta em macieiras ‘Imperial Gala’ tratadas com proexadione cálcio nos ciclos 2008/2009 e 2009/2010. Fraiburgo, SC, 2010.	77
Tabela 2.9 Massa média dos frutos em macieiras ‘Imperial Gala’ e ‘Fuji Suprema’ tratadas com proexadione cálcio nos ciclos 2008/2009 e 2009/2010. Fraiburgo, SC, 2010.	82
Tabela 2.10 Comprimento médio, diâmetro médio, relação comprimento/diâmetro e número de sementes em frutos provenientes de macieiras ‘Imperial Gala’ e ‘Fuji Suprema’ tratadas com proexadione cálcio nos ciclos 2008/2009 e 2009/2010. Fraiburgo, SC, 2010.	84
Tabela 2.11 Porcentagem de frutos de acordo com o grau de ‘russeting’ em macieiras ‘Imperial Gala’ tratadas com proexadione cálcio nos ciclos 2008/2009 e 2009/2010. Fraiburgo, SC, 2010.	87
Tabela 2.12 Porcentagem de frutos de acordo com o grau de ‘russeting’ e dano de sol em macieiras ‘Fuji Suprema’ tratadas com proexadione cálcio no ciclo 2009/2010. Fraiburgo, SC, 2010.	89
Tabela 2.13 Porcentagem de frutos de acordo com a coloração vermelha na epiderme de maçãs ‘Imperial Gala’ tratadas com proexadione cálcio nos ciclos 2008/2009 e 2009/2010. Fraiburgo, SC, 2010.	90
Tabela 2.14 Conteúdo de sólidos solúveis, firmeza de polpa, acidez titulável e índice de degradação do amido em macieiras ‘Imperial Gala’ e ‘Fuji Suprema’ tratadas com proexadione cálcio nos ciclos 2008/2009 e 2009/2010. Fraiburgo, SC, 2010.	92

Tabela 2.15 Teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e relação N/Ca, K/Ca e (K+Ca/Mg) na polpa de maçãs provenientes de macieiras 'Imperial Gala' tratadas com proexadione cálcio nos ciclos 2008/2009 e 2009/2010. Fraiburgo, SC, 2010.96

Tabela 2.16 Teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e relação N/Ca, K/Ca e (K+Ca/Mg) na polpa de maçãs provenientes de macieiras 'Fuji Suprema' tratadas com proexadione cálcio nos ciclos 2008/2009 e 2009/2010. Fraiburgo, SC, 2010.97

Capítulo 4. Frutificação e produção de pereira asiática 'Shinseiki' pelo uso de fitorreguladores

Tabela 4.1 Porcentagem de inflorescências de acordo com o número de frutos por inflorescência em pereiras 'Shinseiki' tratadas com diferentes fitorreguladores durante o florescimento. Capão do Leão, RS, 2010...136

Tabela 4.2 Coeficientes de correlação de Pearson entre variáveis relacionadas à frutificação de pereiras 'Shinseiki' em distintos tratamentos com fitorreguladores. Capão do Leão, RS, 2010.143

Sumário

Resumo	5
Abstract	7
Lista de Figuras	9
Lista de Tabelas	14
Introdução Geral.....	19
1. Desenvolvimento vegetativo e frutificação em pomáceas.....	23
1.1 Desenvolvimento vegetativo em pomáceas	24
1.1.1 Fatores que influenciam o desenvolvimento vegetativo.....	25
1.1.1.1 Fatores genéticos	25
1.1.1.2 Fatores edafoclimáticos	26
1.1.1.3 Manejo de plantas	28
Poda	29
Poda de raízes.....	30
Arqueamento e anelamento de ramos.....	31
Suprimento de água e nutrientes	32
Carga de frutos na planta	32
Fitorreguladores.....	33
1.2 Frutificação em pomáceas	36
1.2.1 Aumento da frutificação pelo uso de fitorreguladores	39
1.3 Referências Bibliográficas	41

2. Controle do desenvolvimento vegetativo e resposta produtiva de macieiras ‘Imperial Gala’ e ‘Fuji Suprema’ pelo uso de proexadione cálcio	50
2.1 Introdução	51
2.2 Material e Métodos	53
2.3 Resultados e Discussão	58
2.4 Conclusões.....	100
2.5 Referências Bibliográficas	101
3. Proexadione cálcio no controle do desenvolvimento vegetativo e na produção de pereiras ‘Hosui’ no Sul do Brasil.....	107
3.1 Introdução	108
3.2 Material e Métodos	109
3.3 Resultados e Discussão	112
3.4 Conclusões.....	123
3.5 Referências Bibliográficas	124
4. Frutificação e produção de pereira asiática ‘Shinseiki’ pelo uso de fitorreguladores.....	128
4.1 Introdução	129
4.2 Material e Métodos	131
4.3 Resultados e Discussão	134
4.4 Conclusões.....	144
4.5 Referências Bibliográficas	145
Considerações Finais	148
Referências Bibliográficas (Introdução e Considerações Finais).....	151
Vitae.....	154

Introdução Geral

Entre as frutíferas de clima temperado, a macieira (*Malus domestica* Borkh.) e a pereira (*Pyrus spp.*) destacam-se como as principais espécies pomáceas, dada a sua importância sócio-econômica em nível mundial (JACKSON, 2003).

A maçã insere-se como a quinta fruta mais produzida no mundo, cuja produção em 2009 foi estimada em 71,7 milhões de toneladas, sendo superada apenas pela melancia, banana, uva e laranja (FAOSTAT, 2010). O Brasil é um dos países que exibiu aumento mais expressivo na produção de maçãs, apresentando uma produção de 1,53 mil toneladas em 1974 (BONETTI et al., 2006) insuficiente para o abastecimento do mercado interno, onde que, a partir de 1988, o Brasil começou a exportar maçãs, atingindo autossuficiência a partir de 1998, quando as exportações ultrapassaram as importações (PETRI e LEITE, 2008). No Brasil, a cultura da macieira é explorada principalmente na região Sul do país, sendo cultivada em cerca de 38 mil hectares, com produção de 1,22 milhões de toneladas no ciclo 2008/2009 (FAOSTAT, 2010).

A pereira (*Pyrus spp.*) é amplamente cultivada no mundo, cuja produção mundial foi estimada em 21 milhões de toneladas no ano de 2008 (FAOSTAT, 2010). No entanto, a produção nacional de peras é reduzida, atendendo apenas 12,4% da demanda interna da fruta, estimada em 150 mil toneladas ao ano (NAKASU et al., 2008). Problemas técnicos relacionados a baixa produtividade justificam o reduzido cultivo da pereira no Brasil. Vários fatores determinam os baixos índices produtivos à cultura, dos quais destacam-se à baixa frutificação efetiva (LEITE et al., 2008; PETRI, 2008) e o prolongado período juvenil nas condições edafoclimáticas do país.

O adequado balanço entre o desenvolvimento vegetativo e a frutificação em espécies frutíferas de clima temperado, segundo Sharma et al. (2009), mostra-se

fundamental ao aumento da eficiência produtiva e à melhoria da qualidade dos frutos. Por essa razão, o adequado controle do desenvolvimento vegetativo tem sido uma das principais preocupações no manejo de frutíferas de clima temperado (MEDJDOUB et al., 2004). As condições climáticas do Sul do Brasil favorecem o maior desenvolvimento vegetativo de macieiras e pereiras, comprometendo este equilíbrio necessário à maximização dos índices produtivos nestas espécies. Nesta região, o período de desenvolvimento vegetativo da macieira e da pereira é mais longo do que o observado em típicas regiões de clima temperado, o qual, associado ao elevado regime pluviométrico e altas temperaturas durante o ciclo, podem resultar em desenvolvimento vegetativo excessivo, sobretudo em anos de baixa frutificação.

No Brasil, as brotações apresentam maior crescimento do que em outras regiões produtoras de maçã e pera do mundo não só pelo inverno ameno, mas também por causa do longo período de desenvolvimento vegetativo. O crescimento vigoroso da parte aérea e o consequente sombreamento da copa diminuem a capacidade de interceptação de luz e sua distribuição no interior da copa (CORELLI GRAPPADELLI, 2003; PRIVÉ et al. 2004), afetando negativamente a produtividade, a qualidade dos frutos e o controle de doenças. A utilização de porta-enxertos vigorosos agrava o problema em decorrência do elevado sombreamento que reduz a diferenciação floral, e que induz a formação de fortes drenos vegetativos que competem vantajosamente com as estruturas reprodutivas da planta. O crescimento vigoroso dos ramos em tais condições reduz a eficiência de aplicações fitossanitárias e aumenta, significativamente, a necessidade de poda.

O uso de porta-enxertos de menor vigor permite restringir o desenvolvimento vegetativo da cultivar copa, porém não suprime totalmente o seu vigor natural (WEBSTER, 2005), principalmente em condições climáticas que favorecem o maior desenvolvimento vegetativo, e em anos de menor frutificação (MEDJDOUB et al, 2004). Neste sentido, as podas de verão e de inverno são fundamentais no controle do desenvolvimento vegetativo na produção comercial de macieiras e pereiras. No entanto, a intensificação dos trabalhos de poda determina o aumento da necessidade de mão-de-obra e do tempo necessário à execução desta atividade, resultando no aumento dos custos de produção, e na diminuição da viabilidade econômica da produção comercial de macieiras e pereiras. Neste sentido, o uso de fitorreguladores destaca-se como uma das técnicas mais eficientes e com menor

custo para controlar o desenvolvimento vegetativo em pomáceas (SHARMA et al., 2009).

Trabalhos realizados por Rademacher (2000), Miller (2002), Basak (2004), Costa et al. (2004) e Asín e Vilardell (2006) evidenciam a efetividade do proexadione cálcio (cálcio 3-óxido-4-propionil-5-oxo-3-hexano carboxilato) no controle do desenvolvimento vegetativo de macieiras e pereiras, devido a inibição das etapas finais da biossíntese de giberelinas proporcionada por este composto. Tendo em vista que nas condições climáticas do Sul do Brasil há reduzida disponibilidade de informações sobre o uso deste fitorregulador no manejo de pomáceas, e aos benefícios advindos de seu emprego evidenciados em outras regiões produtoras, a realização de estudos desta natureza é importante para a melhoria do manejo da macieira e da pereira.

O adequado controle do desenvolvimento vegetativo é fundamental ao aumento da capacidade de frutificação, tanto em macieiras quanto em pereiras. Comparativamente, a necessidade de controle do desenvolvimento vegetativo é maior no manejo de pereiras do que em macieiras, em razão da reduzida disponibilidade de porta-enxertos ananizantes na produção comercial de pereiras, enquanto que na macieira porta-enxertos de menor vigor, como o M9, são amplamente utilizados no Brasil. Devido à baixa produtividade apresentada pela pereira no Sul do Brasil, o desenvolvimento vegetativo tende a ser maximizado, repercutindo na diminuição da capacidade produtiva e aumento do vigor das plantas. Por essa razão, o estudo de estratégias fitotécnicas visando o aumento da frutificação é de grande relevância.

A maioria das cultivares de pereira necessita de polinização cruzada para a produção comercial, devido a autoincompatibilidade existente em muitas cultivares (HIRATSUKA e ZHANG, 2002), necessitando o plantio de cultivares polinizadoras. Nas condições climáticas do Sul, a insuficiência em frio durante o período hibernar pode resultar na assincronia do período de florescimento em cultivares, resultando em baixa frutificação. Condições adversas durante o florescimento, como chuvas, geadas e/ou baixa atividade de insetos polinizadores, resultam em diminuição da produção. Sob tais condições, o uso de fitorreguladores pode maximizar a frutificação (GREENE, 2003). Substâncias como thidiazuron, o ácido giberélico e o proexadione cálcio mostram resultados positivos na frutificação de pereiras (PETRI, 2008; VERCAMMEN e GOMMAND, 2008), embora a resposta seja diferenciada

entre cultivares, além de existirem poucas informações a respeito no país. Por essa razão, tais fitorreguladores necessitam ser devidamente avaliados nas condições do Sul do Brasil.

Diante deste contexto, a realização de pesquisas sobre a utilização de fitorreguladores nas culturas da macieira e da pereira tornam-se pertinentes para prover bases fisiológicas relacionadas ao desenvolvimento vegetativo e a frutificação destas espécies, as quais, através de sua aplicabilidade, podem contribuir sensivelmente ao sistema produtivo pela possibilidade de aumento da capacidade produtiva destas frutíferas.

O objetivo geral desta tese foi avaliar o controle do desenvolvimento vegetativo e o aumento da frutificação de macieiras e de pereiras nas condições climáticas do Sul do Brasil em resposta ao uso de fitorreguladores. Os objetivos específicos deste trabalho foram: abordar informações relacionadas ao desenvolvimento vegetativo e práticas culturais efetivas no seu controle, além de abordar informações sobre a frutificação em pomáceas, assim como estratégias fitotécnicas visando sua maximização (Capítulo 1); avaliar o efeito de aplicações de proexadione cálcio no controle do desenvolvimento vegetativo, e suas implicações na resposta produtiva de macieiras ‘Imperial Gala’ e ‘Fuji Suprema’ (Capítulo 2); avaliar o controle do desenvolvimento vegetativo e a capacidade produtiva de pereiras ‘Hosui’ em resposta ao uso de proexadione cálcio (Capítulo 3); avaliar a efetividade do thidiazuron, ácido giberélico, proexadione cálcio e a combinação destas substâncias no aumento da frutificação de pereiras asiáticas ‘Shinseiki’ (Capítulo 4).

1. Desenvolvimento vegetativo e frutificação em pomáceas

(Revisão Bibliográfica)

1.1 Desenvolvimento vegetativo em pomáceas

Em frutíferas de clima temperado, a brotação e o desenvolvimento de folhas a cada primavera é essencial para as plantas produzirem fotoassimilados suficientes para suportarem novo crescimento, especialmente para frutificação e desenvolvimento dos frutos (WEBSTER, 2005). Inicialmente, a brotação e o desenvolvimento de folhas são supridos pela mobilização e metabolismo de carboidratos armazenados nas raízes e no tronco. Subsequentemente, as primeiras folhas jovens fornecem novos assimilados para um maior desenvolvimento de folhas e alongamento de ramos para maximizar a capacidade fotossintética da planta. O crescimento de ramos visa a maximização da interceptação de luz pela planta, com aumento potencial para a fotossíntese. Enquanto certa quantidade de desenvolvimento vegetativo é necessária para manter o vigor, providenciar uma adequada área foliar e para a formação de novos pontos de frutificação, o desenvolvimento e a manutenção de ramos vigorosos e improdutivos é desnecessária e antieconômica (CAMILO, 2006).

Níveis moderados de desenvolvimento vegetativo oferecem vantagem significativa, pois garantem a formação de flores e adequada frutificação. Além disso, a penetração de luz em plantas com moderado desenvolvimento vegetativo, em geral, contribui para melhoria da qualidade de frutos (WEBSTER, 2005). Além disso, a poda e o controle fitossanitário podem ser realizados mais facilmente e de forma eficiente em plantas com moderado desenvolvimento vegetativo em comparação a plantas vigorosas (WERTHEIM e WEBSTER, 2005).

Atualmente, sistemas de plantio em alta densidade são preconizados na produção de frutíferas de clima temperado. Segundo Miller (1995) e Camilo (2006), para a adoção de tais sistemas, o controle do vigor e da produção dos pomares são importantes. A obtenção de plantas menores, que entram em produção no segundo ano após o plantio, é um pré-requisito para garantir a regularidade na produção de frutas de alta qualidade, além de proporcionar melhor uso da terra e reduzir os custos na operacionalização da poda e da colheita (MAAS, 2008). Segundo Miller (1955), pomares com plantas vigorosas provocam a diminuição na penetração da luz no interior da copa, repercutindo na diminuição da produtividade e da qualidade dos frutos, no aumento do custo de poda, além de dificultar o controle de doenças e pragas. Por esta razão, o equilíbrio entre o desenvolvimento vegetativo e a frutificação é necessário na produção de frutas com qualidade.

1.1.1 Fatores que influenciam o desenvolvimento vegetativo

Segundo Webster (2005), o crescimento de ramos é influenciado por um grande número de fatores. Características da cultivar copa e do porta-enxerto são considerados como fatores genéticos. O ambiente, especialmente as condições de solo e clima em que as plantas estão sendo conduzidas, tem grande influência sobre o vigor e a duração do crescimento da parte aérea. Da mesma forma, intervenções fitotécnicas, como sistemas de manejo adotados, incluindo poda e condução, nutrição, irrigação e raleio apresentam grande impacto sobre o desenvolvimento vegetativo das plantas.

1.1.1.1 Fatores genéticos

O crescimento de ramos pode diferir significativamente entre cultivares copa quanto às taxas de crescimento, época de início e de paralisação do crescimento, capacidade de ramificação, hábito de crescimento (acrotonia/basitonia), comprimento de entrenós e tamanho de folhas (WEBSTER, 2005). Entretanto, as diferenças nos graus de acrotonia ou basitonia e os níveis de formação de gemas florais parecerem ser os principais determinantes nas diferenças entre cultivares copa no desenvolvimento vegetativo.

Os porta-enxertos podem ter um significativo efeito no vigor das cultivar copa. Esses efeitos são evidenciados pela diminuição e precoce paralisação do crescimento vegetativo, encurtamento dos entrenós, aumento da proporção de ramos orientados horizontalmente e, em alguns casos, diminuir a densidade de ramificações (JACKSON, 2003). Apesar dos porta-enxertos apresentarem significativo efeito no desenvolvimento vegetativo da cultivar copa, estes nunca suprimem completamente o vigor natural da cultivar copa (WEBSTER, 2005).

O mecanismo de controle do vigor pelos porta-enxertos tem sido estudado por muitos anos, o que pode ser atribuído à necessidade de compreensão do processo no intuito de maximizar sua eficiência (JACKSON, 2003). Segundo este autor, o uso de porta-enxertos ananizantes como estratégia fitotécnica no controle do vigor da cultivar copa é, primeiramente, dependente do reduzido vigor do sistema radicular. Esta característica pode ser inerente ao porta-enxerto, ou ser induzida pela limitação do crescimento radicular pelo uso de interenxertos ou pelos efeitos do ponto de enxertia, os quais limitam o suprimento de auxinas, carboidratos e outros metabólitos. O principal efeito do tamanho do sistema radicular no crescimento de

ramos é provavelmente via suprimento de citocininas, mas pode ser associado à limitação no suprimento de água e de nutrientes. O ponto de enxertia, por si só, também pode restringir o movimento ascendente de água e nutrientes para copa, de modo a limitar o desenvolvimento da cultivar copa.

1.1.1.2 Fatores edafoclimáticos

O crescimento de ramos é fortemente influenciado pela temperatura, porém as relações são muito complexas, visto que a temperatura também influencia os processos relacionados à frutificação e não somente o crescimento de folhas e ramos. Além disso, os efeitos da temperatura mostram-se variáveis nos diferentes estágios de desenvolvimento da planta (WEBSTER, 2005).

A ocorrência de baixas temperaturas é importante para que a indução da brotação seja uniforme. Segundo Petri et al. (2006), em condições de insuficiência da necessidade em frio, frutíferas de clima temperado exibem crescimento terminal estimulado, o qual inibe a brotação das gemas axilares. O insuficiente período de exposição ao frio, que interrompe a progressão da dormência, influencia negativamente a ramificação e a formação da estrutura das plantas, como abordado por Cook e Jacobs (2000). A falta de brotação das gemas axilares antecipa a brotação de gemas terminais no ciclo vegetativo seguinte, estabelecendo forte dominância apical a qual limita a brotação das gemas axilares, comprometendo a formação de novas estruturas de frutificação e aumentando demasiadamente o desenvolvimento vegetativo.

A dominância apical parece ser governada pela interação hormonal entre auxinas e giberelinas. As auxinas são produzidas nas regiões apicais da planta, sendo que o movimento descendente (basípeto) destas substâncias aparece como principal sinal na expressão da dominância apical (WEBSTER, 2005). As auxinas influenciam a síntese de citocininas e sua utilização dentro das gemas axilares, afetando a distribuição de citocininas entre os meristemas presentes no ramo. Como resultado, o crescimento de gemas laterais é inibido em razão da limitante concentração de citocininas nestes tecidos. Segundo Erez (2000), o nível de dominância apical é variável entre espécies, com maior polaridade ou acrotonia em pomáceas e cerejeiras do que em pessegueiros e ameixeiras. Devido à vantagem em relação a seu posicionamento, as gemas terminais, na ausência de inibições correlativas, são capazes de estabelecer uma posição dominante em relação às

gemas axilares e, portanto, claramente definindo uma tendência de gradiente de brotação acrotônico (COOK e JACOBS, 1999).

Diante do aumento da dominância apical em condições de insuficiência em frio durante o período hibernar, a ocorrência de baixas temperaturas durante este período reduz a possibilidade de aumento excessivo do desenvolvimento vegetativo nas porções terminais dos ramos. No entanto, depois de superada a dormência, o crescimento vegetativo em macieiras é usualmente otimizado por temperaturas noturnas de 14°C e temperaturas diurnas de 20°C (WEBSTER, 2005). Altas temperaturas, acima de 35°C, se mantidas por muitos dias, podem reduzir o crescimento de ramos ou causar sua paralisação.

De acordo com Tromp e Borsboom (1996) e Tromp e Boertjes (1996), temperaturas entre 12 e 25°C, intercaladas por períodos com altas temperaturas, aumentam o crescimento de ramos, mas reduzem a frutificação efetiva e a formação de gemas, maximizando o potencial de desenvolvimento vegetativo na planta. De maneira similar, a queda das temperaturas abaixo de 5°C durante o dia também causa a redução ou mesmo a paralisação do crescimento. As baixas temperaturas reduzem o metabolismo da planta, particularmente reduzindo a atividade enzimática, o que resulta na diminuição da fotossíntese, translocação e absorção de água e nutrientes.

Resultados obtidos por Bepete e Lakso (1998) indicam que, em condições limitantes à formação de carboidratos, como baixa insolação, o crescimento de ramos apresenta grande vantagem competitiva por carboidratos em relação aos frutos e outros drenos com o aumento da temperatura. A exposição adequada à luz é essencial para o crescimento de ramos e folhas. Sob condições de baixa luminosidade, os ramos tendem a estiolarem, resultando em ramos com entrenós maiores, com folhas com menor conteúdo de clorofila (WEBSTER, 2005). De acordo com Tartachnyk e Blanke (2001), o decréscimo da intensidade luminosa, temperatura e fotoperíodo limitam a atividade fotossintética, determinando a senescência de folhas e paralisação do crescimento de ramos. Em macieiras, a fotossíntese é limitada por fatores intrínsecos à planta, incluindo a relação fonte-dreno (WIBBE e BLANKE, 1995). A presença de frutos na planta pode estimular e prolongar a fotossíntese devido ao aumento da demanda por assimilados (LENZ, 1980). Tartachnyk e Blanke (2004) observaram que a combinação de fatores ambientais e a época de colheita determina diferentes taxas de senescência foliar no

outono em termos de atividade fotossintética, degradação de clorofila e translocação de nitrogênio, afetando a duração do período de crescimento ativo dos ramos.

Ao final do período de verão, o crescimento ativo dos ramos é gradativamente reduzido e, eventualmente, terminado. A paralisação do crescimento dos ramos é atribuído a sinais climáticos, embora o mecanismo envolvido não seja claramente compreendido. A redução do comprimento dos dias pode ser um dos estímulos à paralisação do crescimento, assim como a competição por assimilados entre os diferentes tecidos drenos presentes na planta (WEBSTER, 2005). Fatores de estresse, como restrição hídrica, calor ou frio, podem resultar em antecipada paralisação do crescimento de ramos e formação de gemas vegetativas dormentes. A paralisação do crescimento de ramos e da formação de gemas dormentes é, provavelmente, provocada por mudanças hormonais na planta, a qual é estimulada por fatores ambientais. No entanto, de acordo com McQueen et al. (2004), não são necessários sinais ambientais para o início do armazenamento de carboidratos nos caules de macieira, sendo determinado pela demanda dos tecidos drenos.

O crescimento de ramos também pode ser influenciado por fatores abióticos e bióticos associados ao solo. Solos profundos, não compactados, com alta fertilidade, especialmente com altos teores de nitrogênio, e com disponibilidade de água favorecem o amplo desenvolvimento vegetativo. Em contrapartida, solos com deficiência de nutrientes, pouco profundos propensos a períodos de deficiência hídrica, limitam o desenvolvimento radicular com consequente restrição do crescimento vegetativo (WEBSTER, 2005).

1.1.1.3 Manejo de plantas

O uso de diferentes técnicas de manejo pode favorecer a redução do desenvolvimento vegetativo das plantas. As práticas culturais que aumentam a produção tendem a minimizar o desenvolvimento vegetativo, visto que o aumento da demanda de fotoassimilados pela maior frutificação tende a diminuir a sua disponibilidade para o crescimento de ramos. Assim, o aumento no número de plantas invariavelmente resulta em redução no crescimento das raízes e no número e vigor dos ramos. Desta maneira, a frutificação é uma das maneiras para controlar o vigor, o crescimento dos ramos e o tamanho das plantas (PEREIRA e PETRI, 2006). Segundo Asín e Vilardell (2008), como alternativas para o controle do crescimento vegetativo inserem-se a realização de estratégias fitotécnicas como o

uso de porta-enxertos de menor vigor, déficit de irrigação, a poda de raízes, incisões anelares, o anelamento de tronco, arqueamento de ramos, poda e o uso de fitorreguladores.

Poda

A poda pode ser utilizada para melhorar o formato das plantas, adequando-as aos diferentes sistemas de condução, exercendo influência sobre o crescimento de ramos, florescimento, frutificação e qualidade de frutos (FERRE e SCHUPP, 2003). De acordo com Webster (2005), a maioria dos modernos sistemas de poda tem por objetivo adaptar as plantas a sistemas de alta densidade de plantio, sendo direcionados a superar a tendência natural de crescimento acrotônico apresentada pela macieira e pereira.

O crescimento de ramos é dependente de água e de absorção de nutrientes minerais pelo sistema radicular, enquanto que as raízes dependem de fotoassimilados produzidos pela parte aérea da planta. A retirada de uma porção dos ramos que compõem a parte aérea da planta reduz a sua capacidade de produção de fotoassimilados, o que repercute na redução do crescimento em outras partes da planta, sendo a energia redirecionada para regenerar o componente faltante (FERRE e SCHUPP, 2003).

A época de poda também pode influenciar o grau de resposta em termos de recrescimento de ramos (WEBSTER, 2005). Quando a poda é realizada em intensidade moderada à severa, quando as plantas ainda encontram-se dormentes, as plantas apresentam crescimento de ramos na estação seguinte com ramos mais longos do que os ramos de plantas não podadas (WEBSTER, 2005; PEREIRA e PETRI, 2006). Segundo Pereira e Petri (2006), a poda reduz o número de pontos de crescimento sobre a planta, e os pontos de crescimento remanescentes são suportados pelo mesmo sistema radicular e assimilados armazenados, o que implica no aumento da disponibilidade de carboidratos, favorecendo maior crescimento dos ramos. Adicionalmente, em função do número de frutos por planta ser reduzido pela poda, a competição entre minerais e carboidratos entre estruturas vegetativas e de frutificação é reduzida, o que contribui ao maior desenvolvimento vegetativo.

A poda de verão realizada antes da colheita, ao final do verão, apresenta efeitos variáveis no crescimento de ramos (MIKA, 1986). Em plantas em frutificação, a poda de verão muitas vezes retarda o crescimento cambial do tronco, diminui o

crescimento radicular, restringe o crescimento do dossel, mas é ineficiente no decréscimo do crescimento de ramos (TAYLOR e FERRE, 1984).

Segundo Pereira e Petri (2006), a poda durante o verão resulta em menor vigor às plantas do que uma poda de inverno realizada em mesma intensidade, porém o menor crescimento vegetativo quando a poda é realizada ao final do verão e início do outono. Segundo estes autores, apesar da poda de outono muitas vezes não resultar em crescimento visível, esta aumenta a atividade fisiológica das gemas, podendo a planta tornar-se suscetível a injúrias por frio no inverno.

Poda de raízes

O principal objetivo da poda radicular é reduzir o crescimento de ramos a fim de minimizar a necessidade de poda e equilibrar o desenvolvimento vegetativo-produtivo (WERTHEIM, 2005). Segundo este autor, a poda radicular tem sido mecanizada, sendo praticada em plantas vigorosas conduzidas sobre porta-enxertos ananizantes.

O desempenho da poda de raízes e da restrição radicular na redução do crescimento de ramos é muito variável devido à imprecisão das técnicas utilizadas e da heterogeneidade das condições ambientais (MILLER e TWORKOSKI, 2003). Embora a poda de raízes seja considerada uma opção eficaz para reduzir vigor, mostra-se necessário definir e controlar a sua intensidade, a profundidade de poda e distância do tronco, a fim de otimizar seu desempenho (SCHUPP e FERREE, 1988).

A quantidade de raízes que serão podadas irá depender da distância, profundidade, e método de poda radicular utilizado, assim como dependerá da distribuição espacial das raízes no solo, a qual é influenciado pelo porta-enxerto escolhido, características de solo e densidade de plantio dos pomares (WERTHEIM, 2005). A realização da poda de raízes pode reduzir a capacidade do sistema radicular prover sustentação e ancoragem à cultivar copa. A poda de raízes sem a possibilidade de suprimento de água não é recomendada em muitas áreas, especialmente em áreas com solos rasos. Em solos férteis e profundos, a poda de raízes pode não resultar em redução do crescimento, visto que as raízes localizadas abaixo da profundidade de poda compensam a perda das raízes superficiais. A predição dos efeitos da poda de raízes no controle do desenvolvimento vegetativo é dificultada por não se saber exatamente qual a proporção de raízes existentes na planta e qual a quantidade que deve ser eliminada através da poda. Segundo Ferree

e Knee (1997), a poda de raízes não é uma técnica adequada de controlar o vigor e plantas conduzidas em porta-enxertos vigorosos, escolhidos por razões de sobrevivência ou de adaptação do solo, em plantios em alta densidade. Assim, o melhor uso da poda de raízes parece ser uma solução a curto prazo para controlar o crescimento excessivo em anos de baixa frutificação, devido as geadas de primavera ou quando realizadas podas drásticas no período de inverno. No entanto, o uso desta técnica não deve ser indicado em áreas com histórico de ocorrência de fungos de solo, devido aos ferimentos causados pela poda nas raízes, os quais facilitam o desenvolvimento de doenças.

Arqueamento e anelamento de ramos

O arqueamento de ramos é um método clássico de controlar o equilíbrio entre desenvolvimento vegetativo e frutificação (LAURI e LESPINASSE, 1999). O arqueamento de ramos induz uma diminuição da brotação e crescimento destas nas porções terminais dos ramos, por diminuir a dominância apical (WEBSTER, 2005). O grau de inibição do crescimento de ramos através do arqueamento é influenciado pela orientação em que o ramo será arqueado, pela época de arqueamento e tempo que os ramos serão mantidos arqueados (LAURI e LESPINASSE, 2001). A orientação dos ramos na posição horizontal exerce efeito negativo no crescimento de ramos, podendo a redução do crescimento dos ramos ser maximizada nos ciclos seguintes ao arqueamento, em função da maior formação de gemas florais e frutificação nos ramos arqueados (WEBSTER, 2005). Segundo Pereira e Petri (2006), o arqueamento de ramos na horizontal não diminui a concentração de substâncias orgânicas, mas melhora a distribuição destas ao longo do ramo.

O anelamento é definido como um processo em que um anel da casca e do floema é removido em toda a circunferência do tronco ou ramo (THERON, 2009), limitando a translocação de seiva via floema e influenciando nos níveis de carboidratos e hormônios presentes nos tecidos. Os efeitos mais observados após a realização do anelamento são o aumento na produtividade pelo aumento da frutificação efetiva, tamanho do fruto ou ambos, aumento na densidade de floração, diminuição do crescimento de ramos, aumento no conteúdo de sólidos solúveis totais, melhoria da coloração e avanço da maturação dos frutos (GOREN et al., 2004).

Suprimento de água e nutrientes

A extensão do crescimento dos ramos em frutíferas de clima temperado é maximizada quando há maior disponibilidade de água e nutrientes, especialmente o nitrogênio (WEBSTER, 2005). O excesso de nitrogênio estimula o crescimento vegetativo e atrasa o final do período de crescimento (TROMP, 2005). Assim, o uso de altas doses de fertilizantes nitrogenados, acompanhado de alta disponibilidade de água promove elevado crescimento de ramos.

A deficiência hídrica durante o período de desenvolvimento vegetativo reduz significativamente o crescimento de ramos. Esta técnica, conhecida como déficit de irrigação controlado (FERREYRA e SELLÉS, 1997), permite adequada produtividade e tamanho de frutos pelo abundante suprimento de água quando os frutos estão em amplo crescimento, restringindo o suprimento de água nas épocas com maior desenvolvimento vegetativo e menor demanda dos frutos por água. O déficit hídrico moderado em determinadas fases do ciclo de desenvolvimento da planta pode ser benéfico à qualidade dos frutos, por permitir a paralisação dos meristemas vegetativos, favorecendo o aporte de fotoassimilados nos órgãos reprodutivos da planta.

Tal técnica é passível de utilização em regiões com baixos índices pluviométricos na estação de crescimento dos ramos, porém seu uso nas condições climáticas do Sul do Brasil é limitado, em razão do alto regime de chuvas neste período.

Carga de frutos na planta

Como mencionado anteriormente, a carga de frutos influencia o crescimento de ramos na planta. Segundo Webster (2005), os frutos na planta afetam o crescimento de ramos de maneira direta e indireta. Primeiramente, os frutos competem diretamente com outros drenos dentro da planta (ramos e raízes) por água, nutrientes e assimilados, restringindo sua disponibilidade, o que repercute no menor crescimento vegetativo. A maior carga de frutos também pode causar o arqueamento dos ramos em função de seu peso, determinando redução do crescimento de ramos. Assim, o ajuste da carga de frutos na planta pelo raleio, vai ser determinante no nível de controle no crescimento vegetativo em função da frutificação, assim como o uso de práticas culturais que tendem a maximizar a frutificação.

Fitorreguladores

Preferencialmente, o controle do desenvolvimento vegetativo deve ser realizado por meios naturais, tais como o uso de porta-enxertos de menor vigor, o uso de podas de formação e podas de frutificação. No entanto, se essas soluções não são passíveis de ser implementadas ou não são suficientes para restringir o vigor da copa, a redução do desenvolvimento vegetativo pode ser obtida pelo uso de fitorreguladores.

A elongação de ramos apresenta-se relacionada à atividade de giberelinas (OWENS e STOVER, 1999). Por essa razão, vários trabalhos foram desenvolvidos visando a redução do crescimento de ramos pelo uso de substâncias inibidoras da biossíntese de giberelinas (UNRATH, 1999; RADEMACHER, 2000; MILLER, 2002).

Na fruticultura, os principais fitorreguladores que possibilitam restringir o desenvolvimento vegetativo são o cloreto de chlormequat, daminozide, ethephon, paclobutrazol e o proexadione cálcio. De acordo com Rademacher (2000), os fitorreguladores que atuam na diminuição do desenvolvimento vegetativo podem ser divididos em inibidores da síntese de giberelinas e compostos que induzem a formação de etileno.

A aplicação de ethephon pode reduzir o crescimento de ramos. O ethephon, quando aplicado em tecidos vegetais, é degradado formando etileno. Segundo Wertheim e Webster (2005), a formação de etileno nos tecidos, possivelmente, induz à diminuição da disponibilidade de auxinas nas regiões terminais dos ramos, desencadeando a redução do crescimento dos mesmos. Tendo em vista os efeitos do ethephon na abscisão e no avanço da maturação dos frutos pelo aumento da síntese do etileno, o uso do ethephon visando o controle do desenvolvimento vegetativo não tem se mostrado adequado.

O cloreto de chlormequat, daminozide, paclobutrazol e proexadione cálcio são classificados como inibidores da biossíntese de giberelinas, cuja ação baseia-se em bloquear uma ou mais etapas da biossíntese que leva à formação de giberelinas ativas. O cloreto de chlormequat bloqueia a ação de enzimas necessárias para início da síntese de giberelinas, enquanto que o paclobutrazol bloqueia a ação de enzimas necessárias em etapas posteriores (BROWN et al., 1997). O daminozide e proexadione cálcio atuam nas etapas finais da biossíntese de giberelinas.

Giberelinas ativas como a GA₁ desempenham um papel importante no alongamento de ramos. Seu precursor imediato é a GA₂₀, que é biologicamente

inativa. A conversão do GA₂₀ para o GA₁ é mediada pela enzima GA₂₀-3 β -hidroxilase (RADEMACHER, 2009). O proexadione cálcio regula os estágios finais da biossíntese de giberelinas por interferir na 3 β -hidroxilação (ILIAS e RAJAPAKSE, 2005; KIM et al. 2007). O efeito líquido é a redução de giberelinas biologicamente ativas (GA₁), pelo aumento nos níveis de giberelinas inativas (GA₂₀), uma vez que este fitorregulador bloqueia a conversão do GA₂₀ para GA₁ (RADEMACHER, 2000).

O cloreto de chlormequat tem sido utilizado principalmente no manejo de pereiras e o daminozide em macieiras, mas recentemente ambas as substâncias têm seu uso restringido em função dos níveis residuais nos frutos e por riscos a saúde humana (WERTHEIM e WEBSTER, 2005).

O paclobutrazol tem sido amplamente divulgado como inibidor do crescimento da parte aérea em pereiras (DHEIM e BROWNING, 1988; SANSVINI et al., 1988, BROWNING et al., 1992) e em macieiras (CAMILO 2006). Segundo Camilo (2006), além de seu efeito sobre a supressão do crescimento de plantas, o paclobutrazol pode ter efeito adverso, reduzindo o tamanho dos frutos no ano de aplicação. De acordo com este autor, o efeito do paclobutrazol na supressão do crescimento terminal e lateral dos ramos e na redução do tamanho dos frutos pode também se prolongar para o ano seguinte a aplicação.

A redução do conteúdo de giberelinas de crescimento ativo e redução da formação de etileno são as principais causas da diminuição do desenvolvimento vegetativo e do aumento da frutificação, respectivamente, resultantes de tratamentos com proexadione cálcio (RADEMACHER, 2000; RADEMACHER et al., 2006). O proexadione cálcio é um inibidor da biossíntese de giberelinas, tendo a propriedade de reduzir o desenvolvimento vegetativo (OWENS e STOVER, 1999; UNRATH, 1999; BASAK e RADEMACHER, 2000; VILARDELL et al., 2000). O proexadione cálcio é menos eficiente em reduzir o desenvolvimento vegetativo do que o paclobutrazol (ASÍN et al., 2005). O paclobutrazol apresenta como grande desvantagem a sua grande persistência nas plantas e alta toxicidade (GREENE, 1986; STEFFENS e WANG, 1986). Porém, em função do proexadione apresentar rápido catabolismo metabólico (EVANS et al., 1997), baixa toxicidade e persistência limitada (OWENS e STOVER, 1999), não representa risco aparente tanto para o consumidor ou para o ambiente (RADEMACHER e KOBER, 2003), seu uso mostra-se preferencial em relação ao paclobutrazol. Segundo Rademacher et al. (2006), a translocação do proexadione cálcio de forma acrópeta no xilema traz como benefício

o controle efetivo do desenvolvimento vegetativo em distintas partes da planta como resultado das pulverizações e, devido a sua baixa persistência e ao tipo de movimento dentro das plantas, pouco ou nenhum resíduo é encontrado nos frutos. Diferente do paclobutrazol e de outros compostos mais estáveis, a vida média do proexadione cálcio em solo com atividade microbiana é menor que 24 horas (RADEMACHER et al., 2006).

O proexadione cálcio apresenta bons resultados em macieiras, porém quando utilizado em altas concentrações em pereiras, seu uso pode ser menos eficiente em função de efeitos negativos sobre o florescimento (DECKERS e SCHOOFS, 2004). O efeito mais expressivo da aplicação de altas concentrações de proexadione cálcio é a redução do retorno floral no ano seguinte a aplicação do tratamento (SUGAR et al., 2002; MEINTJES et al., 2005; ASIN et al., 2005).

O proexadione cálcio, na forma de ácido livre, apresenta semelhanças estruturais com o ácido 2-oxoglutárico e ácido ascórbico e, conseqüentemente, inibe distintas dioxigenases que requerem estes compostos como co-substratos (COSTA et al., 2006; RADEMACHER, 2009). Segundo Rademacher (2009), as dioxigenases sendo bloqueadas catalisam reações de biossíntese de giberelinas de menor grau de atividade, diminui a síntese de etileno, e altera a biossíntese de flavonóides. O etileno é gerado a partir do ácido 1-carboxi-1-amino-ciclopropano (ACC) em reação catalisada pela ACC oxidase, enzima que requer o ácido ascórbico como co-substrato.

Altas concentrações de proexadione cálcio e compostos relacionados podem inibir a formação de antocianinas em flores. Dioxigenases 2-oxoglutarato-dependente, em particular a flavanona 3-hidroxilase, envolvidas na biossíntese de antocianidinas foram propostos como alvos bioquímicos para estes compostos (RADEMACHER, 2009). A ação do proexadione cálcio levaria a modificação do metabolismo de flavonóides, onde alguns dos distintos flavonóides formados funcionam como fitoalexinas. A alteração do metabolismo de flavonóides aumenta a resistência de muitas espécies de plantas contra patógenos (BAZZI et al., 2003; HALBWIRTH et al., 2003, SPINELLI et al., 2005). Mais especificamente, o proexadione cálcio promove maior resistência à patógenos em pomáceas, induzindo a formação de luteoforol, que normalmente apresenta-se nos tecidos em baixas concentrações e que apresenta propriedades de fitoalexinas (SPINELLI et al., 2005). Trabalhos de Costa et al. (2001), Aldwinckle et al. (2002) e Norelli e Miller (2004)

observaram que plantas tratadas com proexadione cálcio apresentaram menos infectadas pelo fogo bacteriano (*Erwinia amylovora*), abrindo novos caminhos no controle desta doença bacteriana. A redução da incidência de doenças fúngicas também pode ser obtida pelo uso deste fitorregulador, como a sarna da macieira (*Venturia inaequalis*) e o oídio (*Podosphaera leucotricha*) (BAZZI et al., 2003; COSTA et al. 2004). Outras pesquisas indicam que a incidência de diversos insetos, como o pulgão verde da maçã (*Aphis pomi*), pulgão lanígero (*Eriosoma lanigerum*), lagarta enroladeira (*Bonagota cranaodes*) é diminuída quando utilizado o proexadione cálcio (KRAWCZYK e GREENE, 2002; PAULSON et al., 2005).

1.2 Frutificação em pomáceas

Para obtenção de adequadas produtividades na produção de pomáceas, como a macieira e a pereira, uma proporção suficiente de flores deve frutificar. Para tanto, determinada quantidade de flores deve ser polinizada e fertilizada (WERTHEIM e SCHMIDT, 2005).

A transferência do pólen para o estigma, seguida do crescimento do tubo polínico e da fertilização do óvulo determina a produção de sementes e frutos. A polinização consiste na transferência do pólen das anteras para o estigma, enquanto que a fecundação é união dos gametas masculino e feminino, resultando na formação do zigoto. A fecundação ocorre quando o pólen, após fixado no estigma e desenvolvido o tubo polínico através do estilete, alcança o óvulo, fundindo-se e formado o zigoto no interior do óvulo (PETRI, 2006). Assim como os óvulos, quando fertilizados, se desenvolvem formando sementes, os carpelos que contêm os óvulos e outras partes adjacentes do eixo floral são estimulados a diferenciar-se e crescer, produzindo os frutos (IUCHI, 2006).

A macieira e a pereira requerem polinização cruzada para produção comercial, necessitando o plantio de duas ou mais cultivares no mesmo pomar com período de floração coincidente. De acordo com Petri (2006), altos rendimentos com estas culturas só podem ser esperados se as condições para a polinização e fecundação forem favoráveis. Problemas relacionados à polinização e fecundação podem reduzir tanto a produção quanto a qualidade de frutos, pela diminuição da frutificação efetiva e do número de sementes formados por fruto (FREE, 1993; BRAULT e OLIVEIRA, 1995; KEULEMANS et al., 1996).

A necessidade da polinização cruzada na macieira e na pereira decorre da autoincompatibilidade existente em muitas cultivares pertencentes a estas espécies (WEIRTHEIM e SCHIMDT, 2005), limitando a autofertilização de flores de uma mesma cultivar e, conseqüentemente, reduzindo a frutificação efetiva. A autoincompatibilidade é determinada geneticamente pelos alelos-S, em que ocorre inibição do desenvolvimento do tubo polínico quando o alelo-S presente no pólen é similar a um dos dois alelos-S expressos no pistilo (OLMSTED, 1989).

Em pereiras japonesas, o nível de proteína formada nos estiletes sob a influência dos dois alelos-S difere entre cultivares. Cultivares com alelos S1, S3 e S5 geralmente contêm altos níveis de S-RNases quando comparadas às cultivares com os alelos S2, S4, S6 e S7. Quanto maior o valor total de S-RNases no estilete sob ação dos dois alelos, menor será o crescimento do tubo polínico, assim como a frutificação efetiva, justificando a ocorrência de cultivares com diferenciados níveis de autoincompatibilidade (ZHANG e HIRATSUKA, 1999; HIRATSUKA e ZHANG, 2002).

A autocompatibilidade pode ser obtida através de mutações naturais ou induzidas no loco S. Em pereiras japonesas, a exemplo da cultivar 'Osa-Nijisseiki', a autocompatibilidade existe com base na mutação do alelo S4 (ZHANG e HIRATSUKA, 1999; SASSA et al., 2002). Em contrapartida, a autocompatibilidade não precisa ser necessariamente baseada na mutação de um alelo-S, sendo um exemplo a macieira autofértil 'Megumi' (MATSUMOTO et al., 1999), cuja autocompatibilidade pode ter sido causada pela ocorrência de mutações no estilete (ALSTON, 1996). Segundo Tao et al. (2000), a tendência dos programas de melhoramento é a utilização de genótipos autocompatíveis.

As cultivares polinizadoras devem apresentar compatibilidade do alelo-S com a cultivar produtora, produzir pólen viável, além de apresentar florescimento coincidente com a cultivar a ser polinizada (CERTAL et al., 1999) e com regularidade do florescimento em todos os anos. Segundo Warmund (2009), baixa frutificação efetiva ou baixa produção muitas vezes podem ser decorrentes de polinização deficiente, devido a escolha inadequada das polinizadoras e não coincidência de floração entre as cultivares utilizadas.

A época de florescimento das cultivares é fortemente influenciada pelas condições ambientais (SOLTÉSZ, 2003). Em condições de inverno ameno, onde as exigências em frio não são completamente satisfeitas, cultivares com distintos

requerimentos em frio apresentam grande variabilidade no período de florescimento, de um ano para outro. Segundo Petri et al. (2006), a maioria das regiões produtoras de frutíferas de clima temperado apresentam acúmulo de frio insuficiente para as principais cultivares de pereira exploradas no Brasil, de forma que problemas relacionados a não sincronização de floração de cultivares manifestam-se frequentemente. Nestas condições, macieiras e pereiras podem apresentar boas florações com baixos índices de frutificação efetiva ou mesmo podem apresentar baixa intensidade de floração, repercutindo em baixas produções. Segundo Erez (2000) e Petri e Leite (2004), o problema da frutificação efetiva tende a ser maximizado em regiões onde a ocorrência de frio durante o período hibernar é insuficiente, visto a falta de coincidência de florescimento entre cultivares produtoras e suas respectivas polinizadoras. A frutificação pode ser reduzida mesmo em situações de alta coincidência de florescimento entre cultivares e alta densidade de floração, devido a ocorrência de baixas temperaturas e de elevada precipitação durante o florescimento, que diminuem a atividade de insetos polinizadores (SOLTÉSZ, 2003; BREVIS e NESMITH, 2005; PETRI, 2006). Segundo 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.

O período de florescimento é um dos principais eventos durante o ciclo produtivo de espécies frutíferas como a pereira e a macieira, visto que, neste momento, será definida a frutificação. Neste período interagem fatores ambientais e fisiológicos que definirão as próximas etapas da frutificação e, conseqüentemente, da produção. A floração é o momento em que a planta necessita utilizar as reservas acumuladas, sendo que o desenvolvimento vegetativo pode ser um competidor de hidratos de carbono com a floração, podendo afetar a frutificação efetiva. Os carboidratos requeridos para o desenvolvimento dos frutos têm origem na fotossíntese das folhas presentes na planta, nas reservas acumuladas no ano anterior e numa pequena fração proveniente da fotossíntese nos próprios frutos (TROMP e WERTHEIM, 2005). Após a polinização e fertilização, um grande número de frutos pode se formar simultaneamente na planta, onde o desenvolvimento dos frutos será limitado pela disponibilidade de assimilados (limitação da fonte). Nesta etapa, o desenvolvimento foliar é limitado, sendo a fotossíntese inexpressiva, cujas

reservas produzidas na estação de crescimento anterior constituem a principal fonte de carboidratos para o desenvolvimento dos frutos e para o desenvolvimento foliar. Quando iniciada a abscisão natural de frutos ou realizado o raleio, a disponibilidade de carboidratos aumenta pela diminuição de tecidos dreno, podendo os frutos remanescentes desenvolver seu potencial de crescimento.

1.2.1 Aumento da frutificação pelo uso de fitorreguladores

Embora a quantidade de flores fecundadas necessária para uma produção plena seja em torno de 0,5 a 10% (DENNIS JUNIOR, 1996), em condições adversas a polinização e quando a intensidade de floração for baixa, a utilização de fitorreguladores pode ser uma estratégia a ser adotada, de modo a garantir a regularidade da produção de pomáceas.

A fertilização nem sempre é pré-requisito para induzir a frutificação e desenvolvimento de frutos (TROMP e WERTHEIM, 2005). Frutos podem ser produzidos sem que haja formação de sementes, podendo ou não ter ocorrido a fecundação, sendo este processo denominado partenocarpia. O uso de fitorreguladores durante a floração pode induzir a formação de frutos partenocárpicos, aumentando a frutificação efetiva (PETRI, 2006). De acordo com Tromp e Wertheim (2005), a indução da partenocarpia pelos fitorreguladores é mais bem sucedida quando há a tendência natural de formação de frutos sem fertilização, e quando não existem frutos com sementes na mesma inflorescência. A ação de determinados compostos na frutificação efetiva parece estar associada ao aumento da capacidade de importação de assimilados pelos frutos através alteração do balanço hormonal, diante de observações de Bangerth (2006) e Lakso et al. (2006), que verificaram, em frutos em abscisão, reduzido transporte polar de auxina do fruto para o pedúnculo associado ao reduzido suprimento de carboidratos.

A maximização e a regularização dos índices produtivos podem ser obtidas pelo uso de fitorreguladores efetivos no aumento da frutificação efetiva. Entre os fitorreguladores com ação sobre a frutificação, o thidiazuron (TDZ) apresenta grande eficiência no aumento da frutificação efetiva da macieira, pereira e em algumas cultivares de ameixeira nas condições brasileiras (PETRI et al., 2001; PETRI, 2008).

O ácido giberélico mostra resultados positivos na frutificação de pereiras (VERCAMMEN e GOMAND, 2008), embora a resposta seja diferenciada entre cultivares. Segundo Deckers e Schoofs (2002), na ausência de fitorreguladores

eficientes para o controle do desenvolvimento vegetativo, uma opção para controlar o vigor é garantir a regularidade em sua produtividade, que pode ser realizado com tratamentos com giberelinas para maximizar a frutificação. Para Lafer (2008), o aumento da frutificação efetiva com aplicação de giberelinas pode ser considerado uma das melhores maneiras de aumentar a produtividade em pereiras. Aplicações com ácido giberélico sobre flores danificadas por geadas induzem a formação de frutos partenocárpicos, aumentando a frutificação, porém aplicações deste fitorregulador em condições favoráveis a frutificação não mostrou nenhum efeito benéfico (LAFER, 2008). De acordo com Deckers e Schoofs (2002), o ácido giberélico (GA_3) mostra-se mais eficiente no aumento da frutificação efetiva em pereiras 'Conference' do que o GA_{4+7} quando aplicados na mesma época e na mesma concentração. O ácido giberélico é o fitorregulador mais utilizado na indução e formação de frutos partenocárpicos (LAFER, 2008).

Pesquisas realizadas com o proexadione cálcio, um inibidor da biossíntese de giberelinas, mostram que sua utilização pode aumentar a frutificação efetiva no ano seguinte ou aplicado no início da estação de crescimento (RADEMACHER, 2009). Resultados obtidos por Sugar et al. (2002) e Meintjes et al. (2005) mostram aumento significativo da frutificação de pereiras 'Williams' em função de aplicações de proexadione cálcio. Lafer (2008) comparando aplicações de giberelinas, aminoetoxivinilglicina, mistura de auxinas e proexadione cálcio aplicadas na plena floração, observou que aplicações de aminoetoxivinilglicina e proexadione de cálcio aumentaram significativamente a frutificação efetiva, expressa em número de frutos e produção por planta, onde o proexadione cálcio mostrou significativa redução no crescimento de ramos.

O uso de inibidores da biossíntese do etileno, como a aminoetoxivinilglicina, pode trazer benefícios quando a frutificação efetiva. De acordo com Wertheim e Webster (2005), os inibidores de etileno, como a aminoetoxivinilglicina, aplicados na floração efetivamente suprimem a abscisão de frutos em início de desenvolvimento, aumentando o número de sementes por fruto em pereiras. O aumento da frutificação pode ser resultante do prolongamento do período efetivo de polinização devido aumento da viabilidade dos óvulos (SANZOL e HERRERO, 2001).

Apesar da diversidade de compostos existentes e com ação comprovada no aumento da frutificação efetiva, são poucas as informações sobre a utilização destes na cultura da macieira e da pereira nas condições sulbrasileiras. A eficiência de

utilização de substâncias reguladoras de crescimento é dependente de uma série de fatores, dentre os quais pode ser destacado a espécie ou cultivar estudadas, a época de aplicação e a concentração dos produtos utilizados (AMARANTE et al., 2002). A associação destes fatores com outras condições de desenvolvimento podem ter impacto substancial na fisiologia das plantas em resposta ao uso dos produtos. Diante do sucesso limitado de alguns compostos no aumento da frutificação efetiva quando aplicados isoladamente, Werthein e Webster (2005) sugerem a utilização de combinações de fitorreguladores visando explorar a complementaridade dos efeitos de diferentes substâncias.

1.3 Referências Bibliográficas

- ALDWINCKLE, H.S.; BHASKARA REDDY, M.V.; NORELLI, J.L. Evaluation of control of fire blight infection of apple blossoms and shoots with SAR inducers, biological agents, a growth regulator, copper compounds, and other materials. **Acta Horticulturae**, Napier, v. 590, p. 325-331, 2002.
- ALSTON, F. Incompatibility alleles and apple pollination. **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 423, p. 119-124, 1996.
- AMARANTE, C.V.T.; SIMIONI, A.; MEGGUER, C.A.; BLUM, L.E.B. Effect of aminoethoxyvinylglycine (AVG) on preharvest fruit drop and maturity of apples. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 3, p. 661-664, 2002.
- ASIN, L.; DALMAU, R.; BONANY, J.; PAGES, J.M.; VILARDELL, P. Effect of Prohexadione-Ca on growth regulation, yield, fruit set and return bloom in 'Blanquilla' and 'Conference', the two main pear cultivars in Spain. **Acta Horticulturae**, Stellenbosch, v. 671, p. 525-532, 2005.
- ASÍN, L.; VILARDELL, P. Effect of root pruning, prohexadione-ca and their combination on growth control, return bloom and yield, in a 'Blanquilla' pear orchard. **Acta Horticulturae**, Peniche, v. 800, p. 147-154, 2008.
- BANGERTH, F. Flower induction in perennial fruit trees: still an enigma? **Acta Horticulturae**, Saltillo, v. 727, p. 177-195, 2006.
- BASAK, A.; RADEMACHER, W. Growth regulation of pome and stone fruit trees by use of Prohexadione-Ca. **Acta Horticulturae**, Brussels, v. 514, p. 41-50, 2000.
- BAZZI, C.; MESSINA, C.; TORTORETO, L.; STEFANI, E.; BINI, F.; BRUNELLI, A.; ANDREOTTI, C.; SABATINI, E.; SPINELLI, F.; COSTA, G.; HAUPTMANN, S.; STAMMLER, G.; DOERR, S.; MARR, J.; RADEMACHER, W. Control of pathogen

- incidence in pome fruits and other horticultural crop plants with prohexadione-Ca. **European Journal of Horticultural Science**, Stuttgart, v. 68, p. 8-14, 2003.
- BEPETE, M.; LAKSO, A.N. Differential effects of shade on early season fruit and shoot growth rates in 'Empire' apple branches. **HortScience**, Alexandria, v. 33, p. 823-825, 1998.
- BRAULT, A.; OLIVEIRA, D. Seed number and an asymmetry index of 'McIntosh' apples. **HortScience**, Alexandria, v. 30, p. 44-46, 1995.
- BREVIS, P.A. ; NESMITH, D.S. Transport of cross-pollen by bumblebees in a rabbiteye blueberry planting. **HortScience**, Alexandria, v. 40, p. 2007-2010, 2005.
- BROWN, R.G.S.; KAWAIDE, H.; YANG, Y.Y.; RADEMACHER, W.; KAMIYA, Y. Daminozide and prohexadione have similar modes of action as inhibitors of the late stages of gibberelin metabolism. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 101, p. 309-313, 1997.
- BROWNING, G.; KUDEN, A.; BLAKE, P. Site of (2RS, 3RS)-paclobutrazol promotion of axillary flower initiation in pear cv. Doyenne du Comice. **Journal of Horticultural Science**, Ashford Kent, v. 67, n. 1, p.121-128, 1992.
- CAMILO, A.P. Reguladores de crescimento. In: EPAGRI. **A cultura da macieira**. Florianópolis: EPAGRI, 2006. p. 661-689.
- CERTAL, A.C.; SANCHEZ, A.M.; KOKKO, H.; BROOHAERTS, W.; OLIVEIRA, M.M.; FEIJÓ, J.A. S-Rnases in apple are expressed in the pistil along the pollen tube growth path. **Sexual Plant Reproduction**, Heidelberg, v. 12, p. 94-98, 1999.
- COOK, N.; JACOBS, G. Progression of apple (*Malus x domestica* Borkh.) bud dormancy in two mild winter climates. **Journal of Horticultural Science e Biotechnology**, Ashford, v. 275, p. 233-236, 2000.
- COOK, N.; JACOBS, G. Suboptimal winter chilling impedes development of acrotony in apple shoots. **HortScience**, Alexandria, v. 34, n. 7, p. 1213-1216, 1999.
- COSTA, G.; ANDREOTTI, C.; BUCCHI, F.; SABATINI, E.; BAZZI, C.; MALAGUTI, S.; RADEMACHER, W. Prohexadione-Ca (Apogee™): growth regulation and reduced fire blight incidence in pear. **HortScience**, Alexandria, v. 36, p. 931-933, 2001.
- COSTA, G.; ANDREOTTI, C.; SPINELLI, F.; RADEMACHER, W. Prohexadione-Ca: more than a growth regulator for pome fruit trees. **Acta Horticulturae**, Saltillo, v.727, p. 107-116, 2006.

- COSTA, G.; SPINELLI, F.; SABATINI, E.; RADEMACHER, W. Incidence of scab (*Venturia inaequalis*) in apple as affected by different plant bioregulators. **Acta Horticulturae**, Seoul, v. 653, p. 133-137, 2004.
- DECKERS, T.; SCHOOFS, H. Growth reduction and flower bud quality on pear trees. **Acta Horticulturae**, Toronto, v. 636, p. 249-258, 2004.
- DECKERS, T.; SCHOOFS, H. Improvement of fruit set on young pear trees cultivar 'Conference' with gibberellins. **Acta Horticulturae**, Ferrara-Bologna, v. 596, p. 735-743, 2002.
- DENNIS JUNIOR, F. G. **Fruit set**. In: The fruit physiology: growth e development. Published by Good Fruit Grower. Yakima, Washington, p. 165, 1996.
- DHEIM, M.A.; BROWNING, G. The mechanism of the effect of (2RS, 3RS)-paclobutrazol on flower initiation of cvs Doyenne du Comice and Conference. **Journal of Horticultural Science**, Ashford Kent, v. 63, n.3, p. 393-405, 1988.
- EREZ, A. Bud dormancy: phenomenon, problems and solutions in the tropics and subtropics. In: EREZ, A. **Temperate fruit crops in warm climates**. Kluwer Academic Publishers, Boston, London, 2000. p. 17-48.
- EVANS, R.R.; EVANS, J.R.; RADEMACHER, B.H.; KAPPEL, F. Prohexadione calcium for suppression of vegetative growth in eastern apples. **Acta Horticulturae**, v. 451, p. 663-666, 1997.
- FERRE, D.C.; KNEE, M. Influence of root pruning and rootstock on growth and performance of 'Golden Delicious' apple. **HortScience**, Alexandria, v. 32, p. 645-648, 1997.
- FERRE, D.C.; SCHUPP, J.R. **Pruning and training physiology**. In: FERRE, D.C.; WARRINGTON, I.J. Apples: botany, production and uses. CABI publishing, London, 2003. p. 319-344.
- FERREYRA, R. E.; SELLÉS, G. **Manejo del riego en condiciones de restricción hídrica**. Serie La Platina 67. Santiago: Instituto de Investigaciones Agropecuarias Chile, 1997. 38 p.
- FREE, J.B. **Insect pollination of crops**, 2ed. San Diego: Academic Press, 1993.
- GOREN, R. HUBERMAN, M. GOLDSCHMIDT, E.E. Girdling: Physiological and horticultural aspects. **Horticultural Reviews**, Westport, v. 30, p. 1-35, 2004.
- GREENE, D.W. Effect of paclobutrazol and analogs on growth, yield, fruit quality, and storage potential of 'Delicious' apples. **Journal of American Society for Horticultural Science**, Mount Vernon, v. 111, p. 328-332, 1986.

- HALBWIRTH, H.; KAMPAN, W.; STICH, K.; FISCHER, T.C.; MEISEL, B.; FORKMANN, G.; RADEMACHER, W. Biochemical and molecular biological investigations with respect to induction of fire blight resistance in apple and pear by transiently altering the flavonoid metabolism with specific enzyme inhibitors. **Acta Horticulturae**, Napier, v. 590, p. 485-492, 2002.
- HIRATSUKA, S.; ZHANG, S.L. Relationships between fruit set, pollen-tube growth, and S.RNase concentration in the self-incompatible Japanese pear. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 95, p. 309-318, 2002.
- ILIAS, I.; RAJAPAKSE, N. Prohexadione-calcium affects growth and flowering of petunia and impatiens grown under photoselective films. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 106, p. 190-202, 2005.
- IUCHI, V.L. Botânica e Fisiologia. In: EPAGRI. **A cultura da macieira**. Florianópolis: EPAGRI, 2006. p. 59-104.
- JACKSON, J.E. Mechanisms of rootstock and interstock effect on scion vigour. In: JACKSON, J.E. **Biology of apples and pears**. Cambridge: Cambridge University Press, 2003. p. 141-156.
- KEULEMANS, J.; BRUSSELLE, A.; EYSSEN, R. et al. Fruit weight in apple as influenced by seed number and pollinizer. **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 423, p. 201-210, 1996.
- KIM, H.Y.; LEE, I.J.; HAMAYUN, M.; KIM, J.T.; WON, J.G.; HWANG, I.C.; KIM, K.U. Effect of prohexadione calcium on growth components and endogenous gibberellins contents of rice (*Oryza sativa* L.). **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 193, p. 445–451, 2007.
- KRAWCZYK, G.; GREENE, G.M. The impact of plant growth regulator Apogee on insect pest populations and fruit quality. **Pennsylvania Fruit News**, v. 82, p.18-24, 2002.
- LAFER, G. Effects of Different Bioregulator Applications on Fruit Set, Yield and Fruit Quality of ‘Williams’ Pears. **Acta Horticulturae**, Peniche, v. 800, p. 183-188, 2008.
- LAKSO, A.N.; ROBINSON, T.L.; GREENE, D.W. Integration of environment and fruit abscission via carbon balance modeling – implications for understanding growth regulators response. **Acta Horticulturae**, Saltillo, v. 727, p. 321-326, 2006.
- LAURI, P-É.; LESPINASSE, J.M. Apple tree training in France: current concepts and practical implications. **Fruits**, Paris, v. 54, p. 441-449, 1999.

- LAURI, P-É.; LESPINASSE, J.M. Genotype of apple trees affects growth and fruiting responses to shoot bending at various times of a year. **Journal of American Society for Horticultural Science**, Mount Vernon, v. 129, p. 169-174, 2001.
- LENZ, F. Effect of fruit load on photosynthetic rates of budded apple trees. **Gartenbauwiss**, v. 45, p. 220-224, 1980.
- MAAS, F. Strategies to Control Tree Vigour and Optimise Fruit Production in 'Conference' Pears. **Acta Horticulturae**, Peniche, v. 800, p. 139-146, 2008.
- MATSUMOTO, S.; KOMORI, S.; KITAHARI, K.; IMAZU, S.; SOEJIMA, J. S-genotypes of 15 apple cultivars and self-compatibility of 'Megumi'. **Journal of Japanese Society for Horticultural Science**, Tokyo, v. 68, p. 236-241, 1999.
- MCQUEEN, J.C.; MINCHIN, P.E.H.; SILVESTER, W.B.; GREEN, T.G.A. Carbohydrate allocation in apple stems can be altered by fruit load. **Acta Horticulturae**, Toronto, v. 636, p. 267-273, 2004.
- MEINTJES, J.J.; STASSEN, P.; THERON, K.J. The effects of different rates of Prohexadione-Calcium and girdling on shoot growth and fruit quality when applied to different pear cultivars. **Acta Horticulturae**, Stellenbosch, v. 671, p. 539-546, 2005.
- MIKA, A. Physiological responses of fruit trees to pruning. **Horticultural Reviews**, Westport, v. 8, p. 337-378, 1986.
- MILLER, S.S. Prohexadione-calcium controls vegetative shoot growth in apple. **Journal of Tree Fruit Production**, Binghamton, v. 31, n.1, p.11-28, 2002.
- MILLER, S.S. Root pruning and trunk scoring have limited effect on young bearing apple trees. **HortScience**, Alexandria, v. 30, p. 981-984, 1995.
- MILLER, S.S.; TWORKOSKI, T. Regulating vegetative growth in deciduous fruit trees. **Quarterly reports on plant growth regulation and activities of the PGRSA**, v. 31, n.1, p. 8-46. 2003.
- NORELLI, J.L.; MILLER, S.S. Effect of prohexadione-calcium dose level on shoot growth and fire blight in young apple trees. **Plant Disease**, St. Paul, v. 88, p. 1099-1106, 2004.
- OLMSTED, R.G. The origin and function of self-incompatibility in flowering plants. **Sexual Plant Reproduction**, v. 2, n. 3, p. 127-136, 1989.
- OWENS, C.L.; STOVER, E. Vegetative growth and flowering of young apple trees in response to prohexadione-calcium. **HortScience**, Alexandria, v. 34, n. 7, p. 1194-1196, 1999.

- PAULSON, G.S.; HULL, L.A.; BIDDINGER, D.J. Effect of a plant growth regulator prohexadione-calcium on insect pests of apple and pear. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 98, p. 423-431, 2005.
- PEREIRA, A.J.; PETRI, J.L. Poda e condução da macieira. In: EPAGRI. **A cultura da macieira**. Florianópolis, 2006. p. 391-418.
- PETRI, J.L. Formação de flores, polinização e fertilização. In: EPAGRI. **A cultura da macieira**. Florianópolis: EPAGRI, 2006. p. 229-260.
- PETRI, J.L. **Problemática da cultura da pereira no Brasil**. In: II Reunião técnica da cultura da pereira. Anais, Lages, 2008. p. 17-19.
- PETRI, J.L.; LEITE, G.B. Consequences of insufficient winter chilling on apple tree bud-break. **Acta Horticulturae**, Nauni, v. 662, p. 53-60, 2004.
- 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.; SCHUK, E.; LEITE, G.B. Efeito do thidiazuron (TDZ) na frutificação de fruteiras de clima temperado. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 3, p. 513-517, 2001.
- RADEMACHER, W. Growth retardants: effects on gibberellin biosynthesis and other metabolic pathways. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 51, p. 501-531, 2000.
- RADEMACHER, W. Prohexadione-Ca – A new plant bioregulator for use in apple production. In: Encontro sobre Fruticultura de Clima Temperado, 11, 2009, Fraiburgo, SC, **Anais...** Caçador: Epagri, v.1 (Palestras), 2009, p. 1-10.
- RADEMACHER, W.; KOBER, R. Efficient use of prohexadione-Ca in pome fruits. **European Journal of Horticultural Science**, Stuttgart, v. 68, p. 101–107, 2003.
- RADEMACHER, W.; SPINELLI, F.; COSTA, G. Prohexadione-Ca: modes of action of a multifunctional plant bioregulator for fruit trees. **Acta Horticulturae**, Saltillo, v. 727, p. 97-106, 2006.
- SANSAVINI, S.; CRISTOFERI, G.; MONTALTI, P. Effects of Paclobutrazol on growth, fruiting, carbohydrate metabolism in pear trees. **Advances in Horticultural Science**, Firenze, v. 2, p. 52-57, 1988.
- SANZOL, J.; HERRERO, M. The 'effective pollination period' in fruit trees. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 90, p. 1-17, 2001.

- SASSA, H.; HIRANO, H.; IKEHASHI, H. Self-incompatibility related RNases in styles of Japanese pear (*P. serotina* Rehd.). **Plant Cell Physiology**, Tokyo, v. 33, p. 811-814, 1992.
- SCHUPP, J.R.; FERREE, D.C. Effects of root pruning at four levels of severity on growth and yield of 'Melrose'/M.26 apple trees. **Journal of American Society for Horticultural Science**, Mount Vernon, v. 113, n. 2, p. 194-198, 1988.
- SOLTÉSZ, M. **Apple**. In: KOZNA, P.; NYÉKI, J.; SOLTÉSZ, M.; SZABO, Z. Floral Biology, Pollination and Fertilisation Zone Fruit Species and Grape. Akadémia Kiadó, Budapest, 2003. p. 237-316.
- SPINELLI, F.; SPEAKMAN, J.B.; RADEMACHER, W.; HALBWIRTH, H.; STICH, K.; COSTA, G. Luteoforol, a flavan 4-ol, is induced in pome fruits by prohexadione-Ca and shows phytoalexin-like properties against *Erwinia amylovora* and other plant pathogens. **European Journal of Horticultural Science**, Stuttgart, v. 111, p. 1-10, 2005.
- STEFFENS, G.L.; WANG, S.Y. Biochemical and physiological alterations in apple trees caused by a gibberellin biosynthesis inhibitor, paclobutrazol. **Acta Horticulturae**, Bologna-Rimini, v. 179, p. 433-442, 1986.
- SUGAR, D.; ELFVING, D.C.; MIELKE, E.A. Effects of Prohexadione-Calcium (Apogee™) on blossoming, production and fruit quality in pear. **Acta Horticulturae**, Ferrara-Bologna, v. 596, p. 757-760, 2002.
- TAO, R.; HABU, T.; YAMANE, H.; SUGIURA, A.; IWAMOTO, K. Molecular markers for self-compatibility in Japanese apricot (*Prunus mume*). **HortScience**, Alexandria, v. 35, p. 1121-1123, 2000.
- TARTACHNYK, I.; BLANKE, M. Key processes in leaf senescence of fruiting apple trees. **Acta Horticulturae**, Toronto, v. 636, p. 56-66, 2004.
- TARTACHNYK, I.; BLANKE, M.M. Environmental effects on apple tree physiology. **Acta Horticulturae**, Nelson, v. 557, p. 465-471, 2001.
- TAYLOR, B.H.; FERRE, D.C. The influence of Summer pruning and cropping on the growth and fruiting of apples. **Journal of American Society for Horticultural Science**, Mount Vernon, v. 109, p. 19-24, 1984.
- THERON, K.I. Plant girdling: physiology and techniques. In: Encontro Nacional sobre Fruticultura de Clima Temperado, 10, 2009, Fraiburgo, SC. **Anais...** Caçador, SC: Epagri, 2009. p. 53-61.

- TROMP, J. Mineral nutrition. In: TROMP, J.; WEBSTER, A.D.; WERTHEIM, S.J. **Fundamentals of Temperate Zone Tree Fruit Production**. Backhuys Publishers Leiden. The Netherlands, 2005. p. 55-64.
- TROMP, J.; BOERTJES, B.C. The effect of air temperature in successive periods of the growing season on sylleptic shoot shoot formation in young apple trees. **Plant Grown Regulation**, v. 19, p. 177-182, 1996.
- TROMP, J.; BOSBOOM, O. Post-blossom temperature is especially important for fruit set. **Fruiteelt**. v. 86, p. 14-15, 1996.
- TROMP, J.; WERTHEIM, S.J. Fruit growth and development. In: TROMP, J.; WEBSTER, A.D.; WERTHEIM, S.J. **Fundamentals of Temperate Zone Tree Fruit Production**. Backhuys Publishers Leiden. The Netherlands, 2005. p. 240-266.
- UNRATH, C.R. Prohexadione-Ca: A promising chemical for controlling vegetative growth of apples. **HortScience**, Alexandria, v. 34, n. 7, p. 1197-1200, 1999.
- VERCAMMEN, J.; GOMAND, A. Fruit set of 'Conference': a small dose of gibberellins or Regalis. **Acta Horticulturae**, Peniche, v. 800, n. 1, p. 131-138, 2008.
- VILARDELL, P.; CARBO, J.; BONANY, J.; GUANTER, G.; SOCIAS, R. Aplicaciones foliares de prohexadione-Ca para reducir el crecimiento vegetativo de árboles de manzano y de peral. **Jornadas de experimentación en fruticultura**, Zaragoza. ITEA, v. 21, p. 217-223, 2000.
- WARMUND, M.R. **Pollinating Fruit Crops**. University of Missouri, Columbia, Disponível em: <http://extension.missouri.edu/explorepdf/agguides/hort>>. Acesso em: 20 nov. 2009.
- WEBSTER, A.D. **Shoot growth**. In: Fundamentals of Temperate Zone Tree Fruit Production. Backhuys Publishers. Leiden, The Netherlands, 2005. p. 120-135.
- WEIRTHEIM, S.J.; SCHMIDT, H. **Flowering, pollination and fruit set**. In: Fundamentals of Temperate Zone Tree Fruit Production. Backhuys Publishers. Leiden, The Netherlands, 2005. p. 216-239.
- WEIRTHEIM, S.J.; WEBSTER, A.D. **Manipulation of growth and development by plant bioregulators**. In: Fundamentals of Temperate Zone Tree Fruit Production. Backhuys Publishers. Leiden, The Netherlands, 2005. p. 267-294.
- WERTHEIM, S.J. **Pruning**. In: Fundamentals of Temperate Zone Tree Fruit Production. Backhuys Publishers. Leiden, The Netherlands, 2005. p. 176-189.

WIBBE, M.L.; BLANKE, M.M. Effects of defruiting on source-sink relationship, carbon budget, leaf carbohydrate content and water use efficiency of apple trees.

Physiologia Plantarum, Copenhagen, v. 94, p. 529-533, 1995.

ZHANG, S.L.; HIRATSUKA, S. Variations in S-protein levels in styles of Japanese pears and the expression of self-incompatibility. **Journal of Japanese Society for Horticultural Science**, Tokyo, v. 68, p. 911-918, 1999.

**2. Controle do desenvolvimento vegetativo e resposta produtiva de macieiras
‘Imperial Gala’ e ‘Fuji Suprema’ pelo uso de proexadione cálcio**

2.1 Introdução

A eficiência produtiva e a qualidade de frutos em frutíferas temperadas podem ser maximizadas pelo adequado balanço entre o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo das plantas (SHARMA et al., 2009). O excessivo desenvolvimento vegetativo em espécies frutíferas pode competir com o crescimento dos frutos (BASAK e RADEMACHER, 2000), afetando negativamente a frutificação pela diminuição do número de células por fruto, limitando a capacidade de aumento de tamanho dos frutos (YAMAGUCHI et al., 2002). Além disso, o crescimento vigoroso da parte aérea reduz a distribuição da luz no interior da copa (PRIVÉ et al., 2004), afetando negativamente a qualidade dos frutos e o controle de doenças.

No intuito de minimizar o desenvolvimento vegetativo de macieiras (*Malus domestica* Borkh.) pode-se utilizar interenxertos e/ou porta-enxertos de menor vigor, como o M9, sendo amplamente utilizados na produção comercial de macieiras no Sul do Brasil. Apesar dos porta-enxertos apresentarem significativo efeito no desenvolvimento vegetativo da cultivar copa, estes não suprimem completamente o vigor natural da cultivar copa (WEBSTER, 2005). Devido ao aumento das densidades de plantio dos pomares proporcionado pelo uso de porta-enxertos de menor vigor, podem ocorrer problemas de sombreamento entre as plantas, com consequente aumento do desenvolvimento vegetativo, sobretudo em anos de menor frutificação (MEDJDOUB et al., 2004).

A irregularidade da ocorrência de frio durante o período hibernar nas condições do Sul do Brasil torna frequente a baixa sincronização do florescimento das principais cultivares e suas respectivas polinizadoras, repercutindo em baixa frutificação e irregularidade da produção. Condições meteorológicas anormais durante o florescimento, como ocorrência de geadas e de chuvas, resultam em baixa frutificação e desenvolvimento vegetativo excessivo (PRIVÉ et al., 2006).

Nas condições climáticas do Sul do Brasil, o período de desenvolvimento vegetativo de macieiras 'Gala' e 'Fuji' mostra-se superior ao observado em típicas regiões de clima temperado, o qual associado a altas temperaturas e altos índices pluviométricos durante o ciclo, podem resultar em crescimento de ramos acima de 1 m. Sob tais condições, o uso de técnicas de manejo que restrinjam o desenvolvimento vegetativo torna-se imprescindível. O controle do desenvolvimento vegetativo da macieira pela poda verde e pela poda hibernar é essencial para garantir a produtividade do pomar e otimizar a qualidade dos frutos (CLINE et al.,

2008). No entanto, a poda é uma das práticas de manejo mais dispendiosas em tempo e em mão-de-obra na produção de maçãs, especialmente quando as plantas são vigorosas (PRIVÉ et al., 2006). Neste sentido, o uso de fitorreguladores destaca-se como uma das técnicas mais eficientes e com menor custo para controlar o desenvolvimento vegetativo em pomáceas (SHARMA et al., 2009). O controle do desenvolvimento vegetativo por meios químicos pode ajudar a reduzir o crescimento excessivo, limitando o tamanho das plantas ou restringindo o crescimento em determinado momento permitindo melhor equilíbrio entre o desenvolvimento vegetativo e a frutificação (MILLER, 2002).

Em razão das giberelinas apresentarem relação com a alongação de ramos (OWENS e STOVER, 1999), vários trabalhos foram desenvolvidos visando a redução do crescimento de ramos pelo uso de substâncias inibidoras da biossíntese de giberelinas (UNRATH, 1999; RADEMACHER, 2000; MILLER, 2002). O proexadione cálcio (cálcio 3-óxido-4-propionil-5-oxo-3-ciclohexano carboxilato) é um regulador de crescimento que inibe as etapas finais da biossíntese de giberelinas (RADEMACHER, 2000), diminuindo o desenvolvimento vegetativo devido a redução dos níveis endógenos de giberelinas biologicamente ativas (GA_1) e acumulando seu precursor biologicamente inativo (GA_{20}) (RADEMACHER et al., 2006). As características ecotoxicológicas deste composto, como a baixa toxicidade em mamíferos, rápido catabolismo e reduzida persistência no meio ambiente (OWENS e STOVER, 1999; PRIVÉ et al., 2006), demonstram o menor risco ao consumidor e ao ambiente pelo uso desta substância, indo ao encontro das exigências preconizadas em sistemas integrados de produção.

O proexadione cálcio mostra-se eficaz no controle do crescimento vegetativo, e tem potencial para aumentar a produtividade das macieiras, além de reduzir a necessidade de poda (GREENE, 1999). Trabalhos de Unrath (1999), Miller (2002), Dayatilake et al. (2005) e Cline et al. (2008) mostram que o proexadione cálcio pode reduzir de 18 a 60% do crescimento de ramos de macieiras. De acordo com Privé et al. (2006), a resposta ao uso de proexadione cálcio é dependente do padrão sazonal do crescimento da parte aérea, a qual é influenciada pela cultivar, porta-enxerto, manejo das plantas e por fatores ambientais, como a temperatura e a precipitação.

Nas condições climáticas do Sul do Brasil, não se dispõem de informações sobre o uso do proexadione cálcio no manejo de macieiras 'Gala' e Fuji'. Tendo em vista os benefícios de seu uso no controle do desenvolvimento vegetativo e

possíveis reflexos na capacidade produtiva de macieiras, estudos desta natureza são importantes para melhoria do manejo da cultura. Neste sentido, este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o efeito de diferentes concentrações de proexadione cálcio no controle do desenvolvimento vegetativo, e suas implicações na resposta produtiva de macieiras 'Imperial Gala' e 'Fuji Suprema', nas condições climáticas do Sul do Brasil.

2.2 Material e Métodos

O experimento foi realizado em pomar comercial localizado no município de Fraiburgo, SC (latitude 27°04'S, longitude 50°52'W e altitude de 1050 metros), durante as safras 2008/2009 e 2009/2010. A região em que foi realizado o estudo apresenta clima Cfb segundo classificação de Köppen – temperado constantemente úmido, com verão ameno. A média da precipitação pluvial anual é de 1653,2 mm e a umidade relativa do ar média é de 77,90%. De acordo com Petri (2006), o acúmulo médio de frio durante o período de outono e inverno é de 1047,51 unidades de frio, segundo modelo Carolina do Norte Modificado (EBERT et al., 1986). As médias mensais das temperaturas máximas e mínimas, assim como a precipitação mensal observada nos ciclos 2008/2009 e 2009/2010, são apresentadas na Figura 2.1. O solo do pomar em estudo é classificado como Nitossolo Bruno distrófico (EMBRAPA, 2006), cujas características químicas são descritas na Tabela 2.1.

Foram utilizadas macieiras das cultivares Imperial Gala e Fuji Suprema com dez anos de idade, enxertadas sobre o porta-enxerto Marubakaido com interenxerto de M9. As cultivares Imperial Gala e Fuji Suprema são mutações somáticas das cultivares Gala e Fuji, respectivamente. Segundo Camilo e Denardi (2006), essas cultivares diferem das cultivares que lhes deram origem pela maior intensidade e uniformidade da coloração nos frutos.

O pomar utilizado apresentava densidade de plantio de 2500 plantas ha⁻¹, com espaçamento de 4 m entre linhas e 1 m entre plantas, sendo as plantas conduzidas no sistema em líder central. O esquema de polinização adotado baseia-se na utilização de duas cultivares produtoras, sendo 'Imperial Gala' polinizadora da cultivar Fuji Suprema e vice-versa. Desde a implantação do experimento até o término da realização deste estudo, o pomar foi conduzido de acordo com as práticas de manejo recomendadas no sistema de produção da macieira (SANHUEZA et al., 2006).

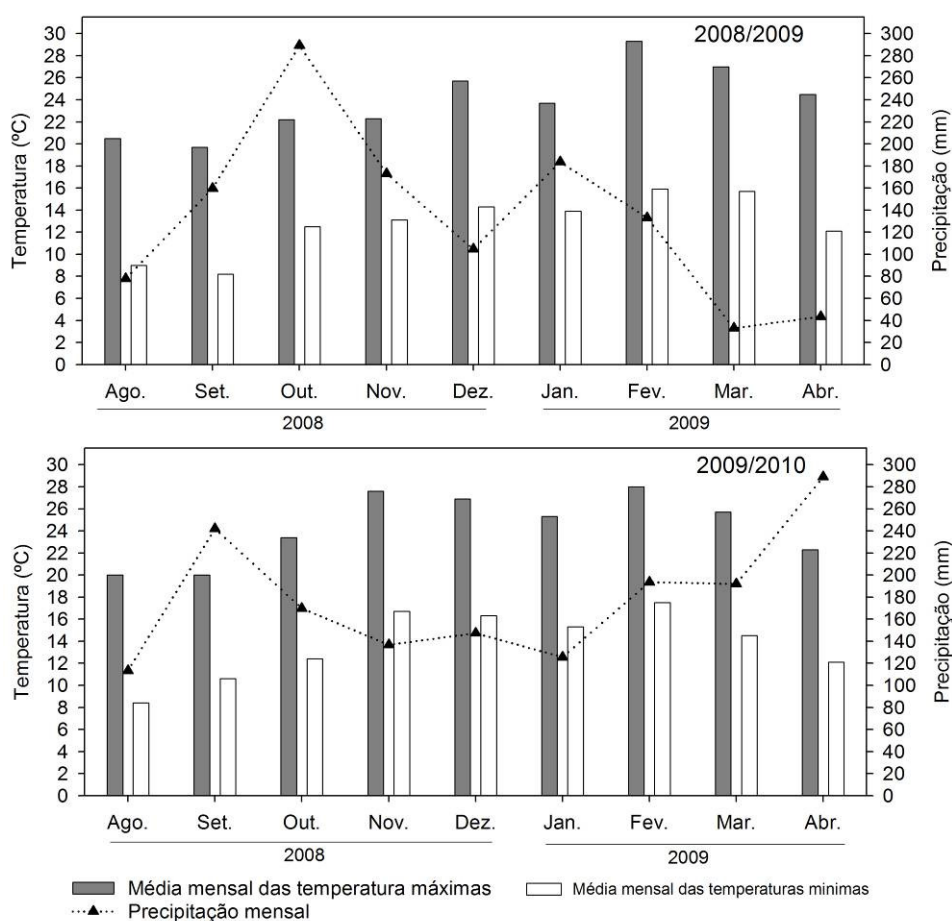


Figura 2.1 Médias mensais das temperaturas máximas e mínimas, e precipitação pluviométrica mensal para os meses de agosto a abril, nos ciclos 2008/2009 e 2009/2010. Fraiburgo, SC, 2010.

Foram aplicadas diferentes concentrações de proexadione cálcio em macieiras ‘Imperial Gala’ e ‘Fuji Suprema’ durante o período de desenvolvimento vegetativo. A aplicação do fitorregulador foi realizada através de aspersão com pulverizador costal motorizado, com um volume médio de 1000 L ha^{-1} . Os níveis estudados para o fator proexadione cálcio foram: 1) testemunha (sem aplicação); 2) proexadione cálcio a 165 g ha^{-1} ; 3) proexadione cálcio a 330 g ha^{-1} ; 4) proexadione cálcio a 495 g ha^{-1} ; 5) proexadione cálcio a 660 g ha^{-1} ; e 6) proexadione cálcio a 990 g ha^{-1} . Como fonte de proexadione cálcio foi utilizado o produto comercial Viviful®, contendo 27,5% de ingrediente ativo.

As concentrações de proexadione cálcio respectivas a cada tratamento foram aplicadas parceladamente em três épocas. A primeira aplicação realizada quando as brotações do tratamento testemunha apresentavam crescimento de 10 cm, sendo a

segunda e a terceira aplicação realizada aos 30 e 60 dias após a primeira aplicação, respectivamente. No ciclo 2008/2009, a primeira aplicação dos tratamentos foi realizada aos 28 dias após o pleno florescimento, e aos 20 dias após o pleno florescimento no ciclo seguinte.

Tabela 2.1 Características químicas do solo em pomar de macieiras 'Imperial Gala' e 'Fuji Suprema'. Fraiburgo, SC, 2010.

Profundidade (cm)	pH água	Índice SMP	Argila % (m/v)	Matéria orgânica	P mg dm ⁻³	K cmolc dm ⁻³	Ca cmolc dm ⁻³	Mg cmolc dm ⁻³
0 a 20	7,2	6,9	83	4,6	5,9	231	12,3	5,2
20 a 40	7,1	6,8	96	4,3	3,0	108	9,0	4,0

Profundidade (cm)	Fe mg dm ⁻³	Mn mg dm ⁻³	Zn mg dm ⁻³	Cu mg dm ⁻³	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	K/(Ca+Mg)
0 a 20	2200	2,0	5,7	6,6	2,4	20,8	8,8	0,14
20 a 40	1900	1,0	1,6	5,0	2,5	35,8	14,5	0,07

Quando atingido o ponto de colheita, os frutos foram pesados e contados, obtendo-se a produção (kg planta⁻¹) e o número de frutos por planta (frutos planta⁻¹), e a partir da relação entre a massa e o número de frutos colhidos obteve-se a massa média dos frutos (g fruto⁻¹). A incidência de 'russeting', em porcentagem, foi avaliada na cultivar Imperial Gala nos ciclos 2008/2009 e 2009/2010 e na 'Fuji Suprema' no ciclo 2009/2010 por meio de uma escala de 0 a 4, onde 0 é ausência do distúrbio, e 4 é a ocorrência do distúrbio em toda a superfície do fruto. Os frutos da cultivar Imperial Gala, em ambos os ciclos estudados, foram agrupados de acordo com a porcentagem de coloração vermelha na superfície da epiderme dos frutos, em três classes: porcentagem de frutos com coloração vermelha recobrindo menos de 50% da superfície do fruto; porcentagem de frutos com coloração vermelha recobrindo 50% a 80% da superfície do fruto; e porcentagem de frutos com coloração vermelha recobrindo mais de 80% da superfície do fruto. No ciclo 2009/2010, os frutos da cultivar Fuji Suprema foram agrupados de acordo com a severidade do distúrbio dano de sol, sendo agrupados em três categorias: frutos sem dano; frutos com dano leve à moderado (dano de sol em menos de 20% da superfície do fruto); e frutos com dano moderado a severo (dano de sol superior a

20% da superfície do fruto). Os resultados da proporção de frutos dentro de cada categoria de 'dano de sol' foram expressos em porcentagem.

Foram amostrados 20 frutos por repetição em ambas cultivares e ciclos avaliados para determinação dos valores médios para o comprimento e o diâmetro dos frutos e para o comprimento médio dos pedúnculos, ambos expressos em mm. O formato dos frutos foi avaliado através da relação entre as dimensões comprimento médio e diâmetro dos frutos (comprimento/diâmetro dos frutos). Estas amostras também foram utilizadas para estimativa do número médio de sementes por fruto.

Para ambas cultivares e ciclos avaliados foram efetuadas amostragens de cinco frutos por repetição, para análise de firmeza de polpa, índice de degradação do amido, conteúdo de sólidos solúveis e acidez titulável. A firmeza de polpa, expressa em lb cm^{-2} , foi quantificada em duas extremidades opostas da superfície do fruto, na porção equatorial dos frutos, utilizando penetrômetro eletrônico com ponteira de 11 mm (Güss). A secção equatorial de cinco frutos foi exposta à solução de I-KI e através de análise visual, o índice de degradação do amido foi estimado utilizando escala de 1 a 9 (BENDER e EBERT, 1985), onde 1 e 9 representam mínima e máxima degradação de amido, respectivamente. O conteúdo de sólidos solúveis, expressos em porcentagem (%), foi determinado com o uso de refratômetro com compensação automática de temperatura (Atago). A acidez titulável foi quantificada titulando-se 10 mL de suco com 0,1 N de NaOH até pH 8,1 com titulador automático (Radiometer Analytical), sendo os resultados expressos em meq mL.

Amostras compostas por dez frutos foram utilizadas para determinação do conteúdo de nutrientes na polpa dos frutos, sendo determinados os teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), em gramas do referido nutriente em cada quilograma de polpa (g kg^{-1}), segundo metodologias descritas em Tedesco et al. (1995). A partir da determinação dos teores foliares foram obtidas as relações entre os nutrientes N/Ca, K/Ca e K+Mg/Ca.

Ao final do mês de fevereiro de cada ano, foram efetuadas amostragens de folha para mensuração da área média das folhas e comprimento médio dos pecíolos, assim como determinação dos teores foliares de macro e micronutrientes. As amostras foram compostas por cerca de 30 folhas, coletadas no terço médio das ramificações localizadas a 1,5 m de altura em todos os quadrantes da planta. Depois

de mensurado o comprimento médio dos pecíolos, em cm, as folhas tiveram sua área foliar mensurada, em cm^2 , utilizando-se integrador de área foliar da marca Li-Cor, modelo Li-3000. A área média de folha foi obtida da média aritmética das 30 folhas que compunham cada amostra. Após a mensurada a área foliar, as folhas foram secas, em estufa a 65°C até peso constante, e moídas, para posteriormente ser determinado os teores foliares de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), em g kg^{-1} , e os teores foliares de ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn), cobre (Cu) e boro (B), em mg kg^{-1} , segundo metodologias descritas em Tedesco et al. (1995).

No período de inverno de cada ano foi realizada a poda, sendo determinada a massa fresca de ramos podados (g planta^{-1}), o número de ramos podados, e da relação entre estas variáveis obteve-se a massa média de ramo (g ramo^{-1}). O comprimento dos ramos foi mensurado em todos os ramos podados em cada planta, em cm, obtendo-se a média e o coeficiente de variação do comprimento de ramos podados de cada tratamento. A partir da mensuração do comprimento dos ramos, estes foram agrupados em quatro categorias: ramos menores que 30 cm; ramos com comprimento maior ou igual a 30 e menores que 60 cm; ramos com comprimento maior ou igual a 60 e menores que 90 cm; e ramos com comprimento maior ou igual a 90 cm. Obteve-se o número médio de gemas por ramo através da contagem de gemas em todos os ramos podados em cada planta. O comprimento médio de entrenós foi estimado dividindo-se o comprimento médio dos ramos podados pelo número de gemas por ramo, sendo expresso em cm.

Para cada cultivar avaliada, o delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com dez repetições, segundo esquema fatorial (6×2), com seis concentrações de proexadione cálcio e dois anos de avaliação. Cada unidade experimental foi composta por uma planta. A normalidade e a homogeneidade de variâncias dos dados obtidos para cada variável foram verificadas pelo teste Shapiro-Wilk e pelo teste Bartlett (SAS INSTITUTE INC, 2004), respectivamente. Os resultados obtidos foram submetidos à análise da variância ($p < 0,05$), sendo as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de significância para o fator qualitativo ano, e para o fator quantitativo concentração de proexadione cálcio foram efetuadas análises de regressão polinomial.

2.3 Resultados e Discussão

Atributos relacionados ao desenvolvimento vegetativo

A massa total de ramos podados por planta e a massa média de ramo em macieiras 'Imperial Gala' e 'Fuji Suprema' mostraram-se influenciadas pelo ano e pela aplicação de proexadione cálcio (Tabela 2.2). No ano de 2010, foi evidenciada a maior massa total de ramos podados, assim como a maior massa média de ramos podados, sendo esta resposta atribuída às condições climáticas ocorrentes neste ano, a qual estimularam o maior desenvolvimento vegetativo de macieiras 'Imperial Gala' e 'Fuji Suprema'. No ciclo 2008/2009 foram contabilizadas 1198 mm de chuva acumulados entre os meses de agosto a abril, enquanto que no ciclo posterior foram contabilizadas 1609 mm no mesmo período (Figura 2.1). Em função de não ter sido verificado diferenças significativas entre anos quanto ao número de ramos podados, a maior massa total de ramos podados por planta observada em 2010 é decorrente do aumento do vigor das brotações, expresso pelo aumento da massa média de ramos podados (Tabela 2.2). A maior massa média de ramos podados observada em 2010 pode ser justificada pela maior temperatura média e, principalmente, a maior precipitação durante o ciclo 2009/2010 (Figura 2.1), condições favoráveis ao maior desenvolvimento vegetativo das plantas.

O número de ramos podados em macieiras 'Fuji Suprema' não foi influenciado pela aplicação de proexadione cálcio (Tabela 2.2). Em contrapartida, o número de ramos podados em macieiras 'Imperial Gala' foi variável com a concentração de proexadione cálcio, ocorrendo redução do número de ramos podados em concentrações variando de 165 a 495 g ha⁻¹, embora o efeito deste fitorregulador tenha sido mais expressivo na massa total de ramos podados e na massa média de ramo (Figura 2.2). De acordo com Miller (2002), a efetividade do proexadione cálcio no número de ramos podados é maior quando este fitorregulador é aplicado em menores concentrações e em múltiplas aplicações ao longo do ciclo, em comparação ao uso de uma única aplicação em maior concentração. Da mesma forma, Unrath (1999) e Greene (1999), avaliando o efeito de proexadione cálcio em uma única aplicação, observaram vigoroso recrescimento de ramos depois de cessado o efeito deste fitorregulador, sugerindo que múltiplas aplicações devem ser efetuadas a fim de minimizar novos ciclos de crescimento de ramos. O proexadione cálcio é um composto rapidamente metabolizado em tecidos vegetais (EVANS et al., 1999), e por essa razão uma única aplicação deste fitorregulador pode não ser

suficiente para controlar o vigor em macieiras (MEDJDOUB et al., 2004; MEDJDOUB et al., 2005). Deste modo, como as concentrações de proexadione cálcio, respectivas a cada tratamento, foram aplicadas parceladamente em três aplicações, o período de atuação deste fitorregulador no controle do crescimento de ramos foi mais longo, de modo que não foi observado recrescimento de ramos nas plantas tratadas com proexadione cálcio superior ao observado no tratamento testemunha.

A massa total de ramos podados em macieiras 'Imperial Gala' apresentou decréscimo linear ao aumento das concentrações de proexadione cálcio aplicadas, indicando a possibilidade de redução do desenvolvimento vegetativo quando utilizadas concentrações superiores as utilizadas neste estudo (Figura 2.2a). Para a cultivar Fuji Suprema, o uso de proexadione cálcio também determinou diminuição da massa total de ramos podados, sendo a menor massa de ramos podados observada quando aplicado 679 g ha^{-1} de proexadione cálcio (ponto de mínima = $-b/2c$) (Figura 2.3a). O aumento das concentrações de proexadione cálcio determinou redução da massa média de ramo, sendo a maior redução observada na concentração de 906 g ha^{-1} e de 738 g ha^{-1} para macieiras 'Imperial Gala' e 'Fuji Suprema', respectivamente (Figura 2.2c e Figura 2.3c). A redução da massa total e da massa média de ramos demonstra a efetividade do proexadione cálcio na diminuição do desenvolvimento vegetativo em macieiras, assim como evidenciado em trabalhos de Byers e Yoder (1999), Unrath (1999), Rademacher (2000), Miller (2002), Medjdoub et al. (2004) e Cline et al. (2008).

A redução da massa média de ramo proporcionada pelo proexadione cálcio pode ser atribuída à diminuição do comprimento médio dos ramos, constatada tanto em macieiras 'Imperial Gala' quanto em macieiras 'Fuji Suprema' (Figura 2.2 e Figura 2.3). Na cultivar Imperial Gala foi verificada a tendência de redução do comprimento médio dos ramos pela aplicação do proexadione cálcio em ambos os anos avaliados, porém tal resposta mostrou-se mais expressiva em 2010, quando foi observado o maior desenvolvimento vegetativo das plantas. A concentração de proexadione cálcio mais efetiva na redução do crescimento de macieiras 'Imperial Gala' foi variável entre anos, sendo constatada melhor resposta quando aplicado 543 g ha^{-1} e 769 g ha^{-1} de proexadione cálcio em 2009 e em 2010, respectivamente (Figura 2.2d). Não foi observada resposta diferenciada entre anos no comprimento médio dos ramos podados frente ao uso de proexadione cálcio em macieiras 'Fuji

Suprema', sendo o menor comprimento de ramos evidenciado com a aplicação de 724 g ha⁻¹ deste fitorregulador (Figura 2.3d).

Tabela 2.2 Efeito de aplicações de proexadione cálcio na massa total e número de ramos podados, massa média de ramo, comprimento médio dos ramos podados e variabilidade no comprimento médio dos ramos podados em macieiras 'Imperial Gala' e 'Fuji Suprema', nos ciclos 2008/2009 e 2009/2010. Fraiburgo, SC, 2010.

'Imperial Gala'										
Proexadione cálcio (PCa)	Massa total de ramos podados ⁽¹⁾		Número de ramos podados ⁽¹⁾		Massa média de ramo ⁽¹⁾		Comprimento médio dos ramos podados		Variabilidade no comprimento dos ramos podados ⁽²⁾	
	... g planta ⁻¹ ...		 -		... g ramo ⁻¹ ...		 cm		 %	
	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010
	0 g ha ⁻¹	233,1	645,4	21,9	15,3	10,7	39,8	36,9B	63,6A	36,4A
165 g ha ⁻¹	253,8	487,9	16,6	17,4	13,4	27,8	40,8B	51,7A	38,3A	32,7A
330 g ha ⁻¹	114,8	326,6	12,2	12,3	9,7	24,8	33,5B	50,0A	31,5A	29,4A
495 g ha ⁻¹	141,1	404,7	15,3	17,2	9,4	23,3	32,5B	47,7A	34,0A	25,2A
660 g ha ⁻¹	130,0	488,7	18,7	19,5	7,3	24,8	30,4B	47,9A	27,5A	28,2A
990 g ha ⁻¹	127,2	309,6	15,4	16,2	8,2	19,1	38,6A	45,7A	54,2A	26,0B
Média	166,7B	443,8A	16,5		9,8B	26,6A	35,5	51,1	37,0	29,5
Fonte de variação			Valor de F							
PCa	4,87**		3,04*		7,78**		4,00**		2,24*	
Ano	94,68**		0,17 ^{ns}		322,62**		83,36**		8,75**	
PCa*Ano	0,49 ^{ns}		0,85 ^{ns}		1,91 ^{ns}		2,49*		2,61*	
CV (%)	10,89		17,13		11,37		21,71		17,63	
'Fuji Suprema'										
Proexadione cálcio (PCa)	Massa total de ramos podados ⁽¹⁾		Número de ramos podados ⁽¹⁾		Massa média de ramo ⁽¹⁾		Comprimento médio dos ramos podados		Variabilidade no comprimento dos ramos podados ⁽²⁾	
	... g planta ⁻¹ ...		 -		... g ramo ⁻¹ ...		 cm		 %	
	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010
	0 g ha ⁻¹	372,5	335,0	26,6	19,8	12,8	22,4	46,2	60,4	43,9
165 g ha ⁻¹	309,9	491,2	28,9	21,9	10,4	21,3	40,6	67,8	41,7	37,8
330 g ha ⁻¹	168,9	273,0	17,1	17,1	10,4	14,7	42,8	51,7	45,0	31,4
495 g ha ⁻¹	177,1	348,4	22,8	20,3	7,4	16,1	33,4	55,5	33,8	26,7
660 g ha ⁻¹	134,1	323,8	18,6	19,6	7,0	15,2	32,1	54,4	30,6	33,2
990 g ha ⁻¹	170,5	372,3	20,1	24,9	8,5	14,8	36,3	56,2	34,6	29,5
Média	222,2B	357,3A	22,3	20,6	9,4B	17,4A	38,6B	57,7A	38,3A	31,9B
Fonte de variação			Valor de F							
PCa	3,12*		1,73 ^{ns}		5,73**		4,31**		1,55*	
Ano	15,96**		1,06 ^{ns}		101,58**		112,21**		4,25*	
PCa*Ano	1,35 ^{ns}		1,17 ^{ns}		0,95 ^{ns}		2,17 ^{ns}		0,62 ^{ns}	
CV (%)	12,78		17,24		13,97		20,55		19,58	

(1), (2) variável transformada pela equação $\log_{10}(x)$ e $(x+0,5)^{1/2}$, respectivamente; ^{ns} não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade de erro; **, * significativo a 1% e a 5% de probabilidade de erro, respectivamente; Médias seguidas de letras maiúsculas distintas na linha, dentro da mesma variável, diferem significativamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro.

O efeito do proexadione cálcio na variabilidade do comprimento médio dos ramos podados foi variável entre anos na cultivar 'Imperial Gala' (Tabela 2.2). Em 2009, o aumento da concentração de proexadione cálcio aplicado determinou redução da variabilidade do comprimento dos ramos podados até a concentração de 396 g ha^{-1} , onde a partir desta concentração foi observado aumento expressivo da variabilidade (Figura 2.2e). Apesar de concentrações de 396 g ha^{-1} de proexadione cálcio ter reduzido significativamente a massa total, a massa média e o comprimento médio dos ramos podados por planta, ainda assim foi observada a formação de alguns ramos vigorosos, os quais determinaram aumento significativo da variabilidade do comprimento médio dos ramos podados. Em contrapartida, o aumento das concentrações de proexadione cálcio aplicadas em macieiras 'Imperial Gala' determinou diminuição linear da variabilidade do comprimento médio dos ramos em 2010 (Figura 2.2e), sendo tal resposta também evidenciada na média dos anos avaliados na cultivar Fuji Suprema (Figura 2.3e), indicando maior uniformidade do padrão de crescimento de ramos quando aplicado este fitorregulador em maiores concentrações.

Os resultados obtidos neste estudo em relação a massa total e a massa média de ramos podados, assim como o comprimento médio dos ramos podados evidenciam claramente a efetividade do proexadione no controle do desenvolvimento vegetativo tanto em macieiras 'Imperial Gala' quanto em macieiras 'Fuji Suprema'. Para cultivar Imperial Gala, a menor massa de ramos podados foi evidenciada nas maiores concentrações de proexadione cálcio avaliadas, repercutindo na redução de 50,3% da massa total de ramos podados em relação ao observada no tratamento testemunha (Tabela 2.2). Em macieiras 'Fuji Suprema', a aplicação de 679 g ha^{-1} determinou a menor massa de ramos podados, reduzindo a massa de ramos podados cerca de 33% em comparação ao tratamento testemunha.

A aplicação de proexadione cálcio determinou alterações na frequência de ramos por planta de acordo com o comprimento dos ramos podados em macieiras 'Imperial Gala' e 'Fuji Suprema' (Tabela 2.3). De maneira geral, foi constatado que no ano de 2009 ocorreu o predomínio de ramos nas classes de menor comprimento dos ramos, enquanto que em 2010 houve o predomínio de ramos com maior comprimento, justificado pela ocorrência de condições mais favoráveis ao desenvolvimento vegetativo em 2010. Para a cultivar Imperial Gala, o efeito da aplicação de proexadione cálcio sobre a frequência de ramos de acordo com o

comprimento mostrou-se variável com ano, a exceção da porcentagem de ramos menores que 30 cm, enquanto que para a cultivar Fuji Suprema, a efetividade deste fitorregulador mostrou-se inalterada pelo fator ano (Tabela 2.3).

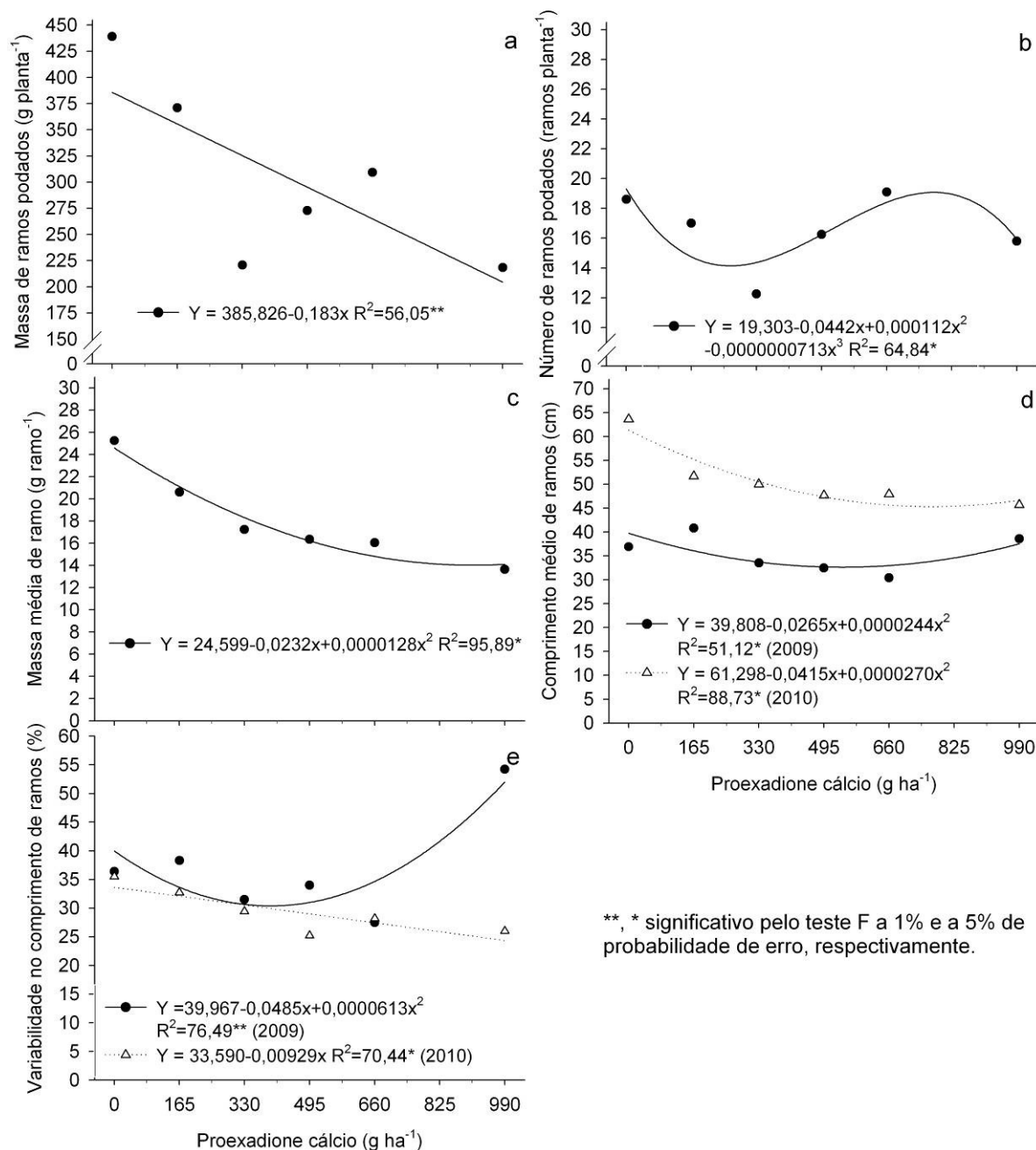


Figura 2.2 Massa total de ramos podados (a), número de ramos podados (b), massa média de ramo (c), comprimento médio dos ramos podados (d), e variabilidade no comprimento médio dos ramos podados (e) em macieiras ‘Imperial Gala’ tratadas com proexadione cálcio nos ciclos 2008/2009 e 2009/2010. Fraiburgo, SC, 2010.

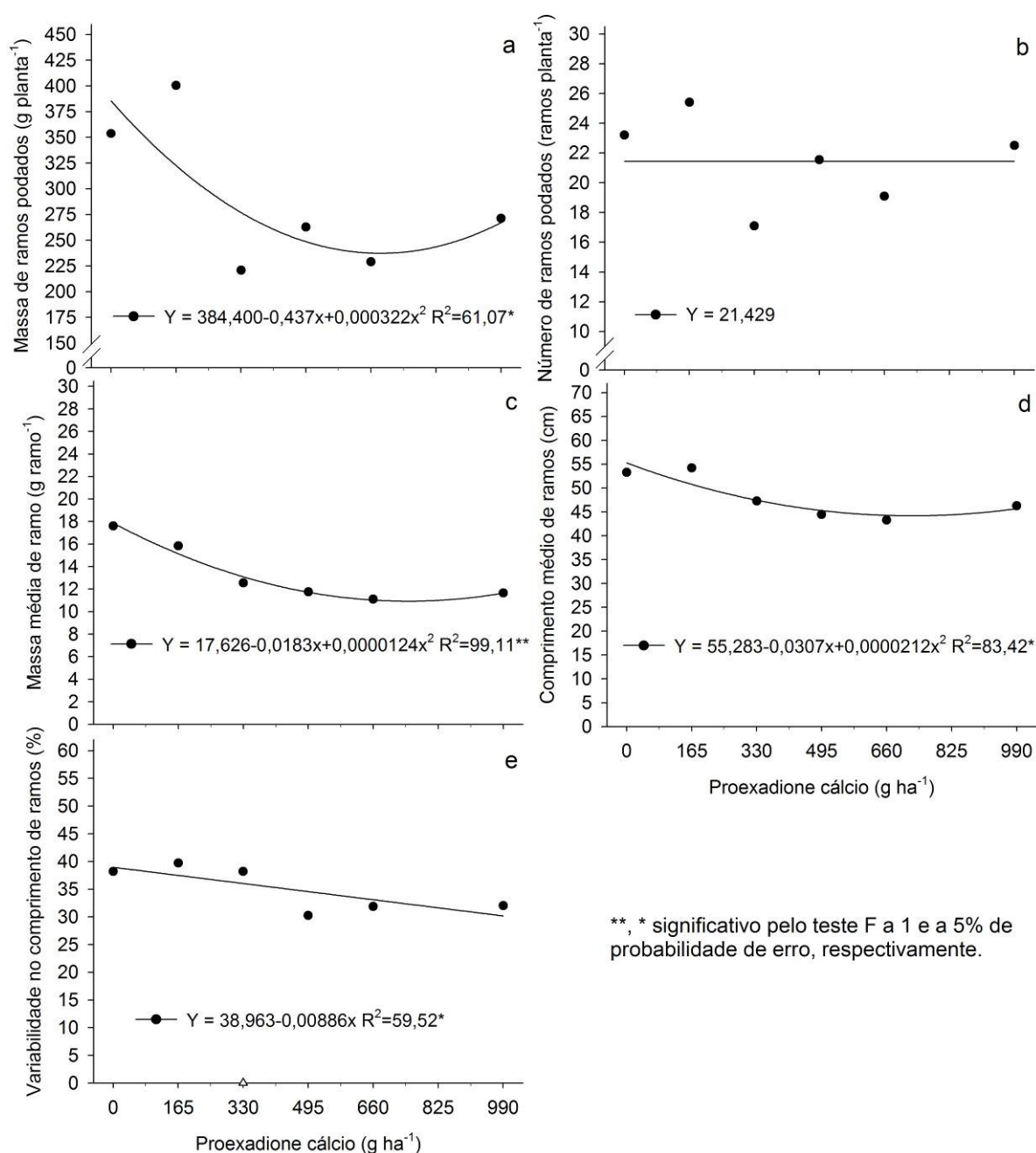


Figura 2.3 Massa total de ramos podados (a), número de ramos podados (b), massa média de ramo (c), comprimento médio dos ramos podados (d), e variabilidade no comprimento médio dos ramos podados (e) em macieiras ‘Fuji Suprema’ tratadas com proexadione cálcio nos ciclos 2008/2009 e 2009/2010. Fraiburgo, SC, 2010.

A porcentagem de ramos menores que 30 cm foi maximizada pela aplicação de proexadione cálcio, sendo a maior frequência de ramos nesta classe observada quando aplicado 794 g ha^{-1} e 695 g ha^{-1} deste fitorregulador em macieiras ‘Imperial

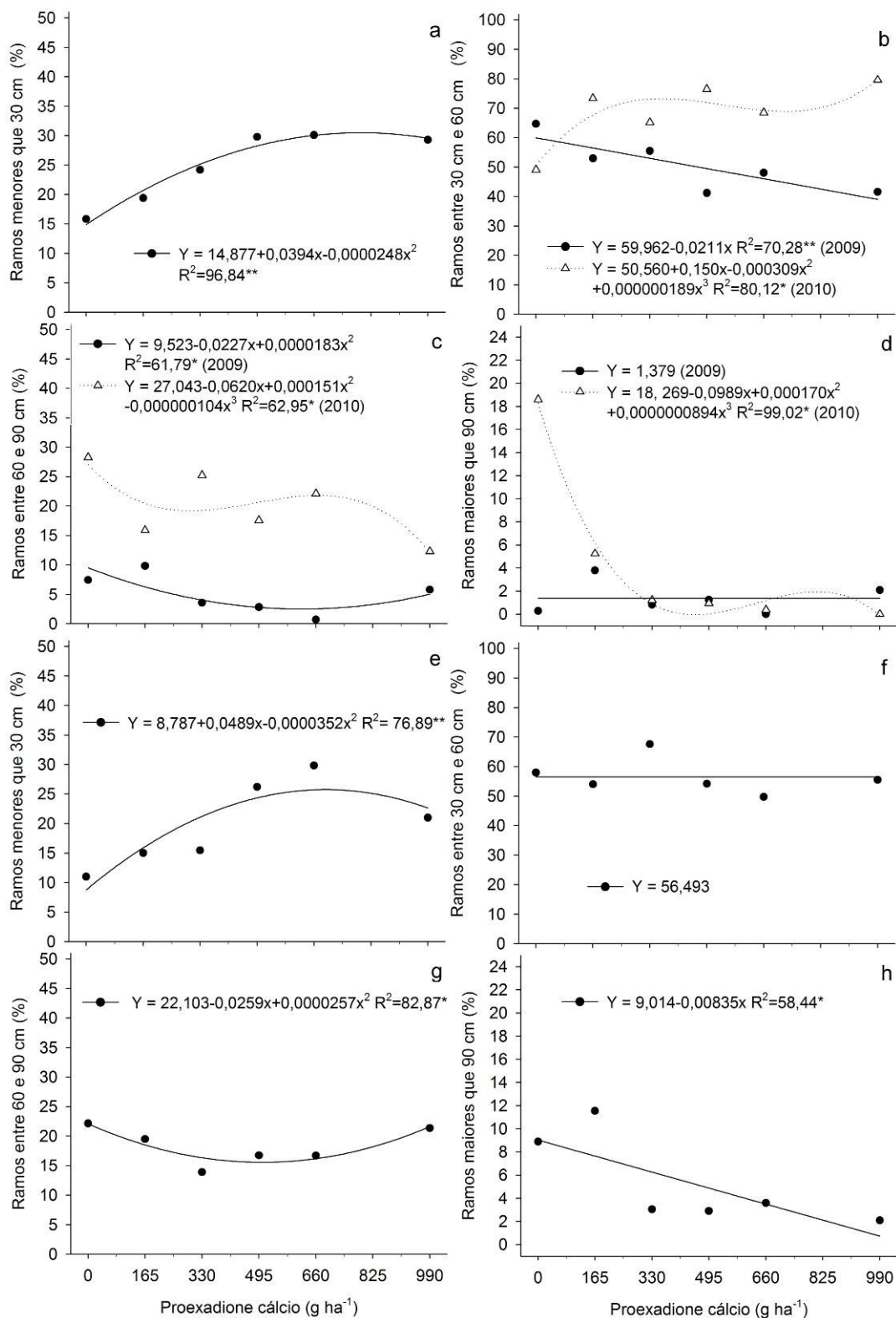
Gala' e 'Fuji Suprema', respectivamente (Figura 2.4a, Figura 2.4e). A frequência de ramos podados com 30 a 60 cm de comprimento nas macieiras 'Imperial Gala' diminuiu linearmente com o aumento da concentração de proexadione cálcio aplicada em 2009, porém em 2010, houve aumento significativo do número de ramos em tal classe pela aplicação deste fitorregulador, não sendo observadas diferenças entre as concentrações superiores a 165 g ha^{-1} (Figura 2.4b). Indiferentemente da concentração de proexadione cálcio aplicada em macieiras 'Fuji Suprema' não foi observado efeito desta substância sobre a frequência de ramos entre 30 e 60 cm de comprimento (Figura 2.4f).

Em ambos os anos avaliados, a aplicação de proexadione cálcio em macieiras 'Imperial Gala' determinou redução da porcentagem de ramos com 60 a 90 cm de comprimento, sendo a redução mais acentuada observada em 2009 (Figura 2.4c). Nas macieiras 'Fuji Suprema' foi observada resposta quadrática na porcentagem de ramos entre 60 e 90 cm de comprimento frente ao aumento das concentrações de proexadione cálcio, cujo ponto de mínima foi evidenciado quando aplicado 504 g ha^{-1} (Figura 2.4g). Em 2009, não foi visualizado efeito significativo da aplicação de proexadione cálcio na frequência de ramos maiores que 90 cm de comprimento na cultivar Imperial Gala, dada a reduzida proporção de ramos nesta classe neste ano (Figura 2.4d). No ciclo seguinte, em que foi visualizado maior desenvolvimento vegetativo, a aplicação de proexadione cálcio determinou drástica redução da frequência de ramos maiores que 90 cm de comprimento, onde em concentrações superiores a 330 g ha^{-1} a porcentagem de ramos em tal classe mostrou-se inferior a 1% (Figura 2.4d). Para a cultivar Fuji Suprema, a resposta do proexadione cálcio na frequência de ramos maiores que 90 cm mostrou-se similar ao observado em macieiras 'Imperial Gala' no ano de 2010, sendo observada frequência de ramos nesta classe inferior a 3,6% quando aplicado o proexadione cálcio em concentrações maiores que 330 g ha^{-1} (Figura 2.4h).

Tabela 2.3 Efeito de aplicações de proexadione cálcio na porcentagem de ramos de acordo com o comprimento médio dos ramos podados em macieiras ‘Imperial Gala’ e ‘Fuji Suprema’, nos ciclos 2008/2009 e 2009/2010. Fraiburgo, SC, 2010.

Proexadione cálcio (PCa)	‘Imperial Gala’							
	Ramos podados de acordo com o comprimento médio							
	<30 cm ⁽¹⁾	≥30 cm e <60 cm ⁽¹⁾		≥60 cm e <90 cm ⁽¹⁾		≥90 cm ⁽¹⁾		
	 %							
	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010
0 g ha ⁻¹	27,6	4,1	64,7A	49,1A	7,4B	28,3A	0,3B	18,6A
165 g ha ⁻¹	33,4	5,4	53,0B	73,4A	9,8A	15,9A	3,8A	5,3A
330 g ha ⁻¹	40,1	8,3	55,5A	65,2A	3,6B	25,2A	0,8A	1,2A
495 g ha ⁻¹	54,7	4,9	41,2B	76,5A	2,8B	17,6A	1,3A	1,0A
660 g ha ⁻¹	51,2	9,0	48,1B	68,5A	0,7B	22,1A	0,0A	0,4A
990 g ha ⁻¹	50,5	8,1	41,6B	79,6A	5,8B	12,3A	2,1A	0,0A
Média	42,9A	6,6B	50,7	68,7	5,0	20,2	1,4	4,4
Fonte de variação			Valor de F					
PCa	2,86*		0,43 ^{ns}		2,20*		5,13**	
Ano	177,82**		38,78**		77,39**		6,11**	
PCa*Ano	1,22 ^{ns}		7,57**		2,23*		5,83**	
CV (%)	39,28		14,16		48,86		88,63	
‘Fuji Suprema’								
Proexadione cálcio (PCa)	Ramos podados de acordo com o comprimento médio							
	<30 cm ⁽¹⁾	≥30 cm e <60 cm ⁽¹⁾		≥60 cm e <90 cm ⁽¹⁾		≥90 cm ⁽¹⁾		
	 %							
		2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009
0 g ha ⁻¹	18,0	4,0	65,4	50,5	10,2	34,1	6,4	11,4
165 g ha ⁻¹	27,8	2,2	59,4	48,6	9,8	29,2	3,0	20,1
330 g ha ⁻¹	26,1	4,8	65,4	69,8	7,4	20,4	1,1	5,0
495 g ha ⁻¹	49,7	2,7	47,0	61,3	2,3	31,2	1,0	4,8
660 g ha ⁻¹	45,4	14,3	50,7	48,8	2,7	30,7	1,1	6,1
990 g ha ⁻¹	39,5	2,5	52,4	58,6	7,0	35,7	1,0	3,2
Média	34,4A	5,1B	56,5		6,6B	30,2A	2,2B	8,4A
Fonte de variação			Valor de F					
PCa	4,00**		2,18 ^{ns}		1,68 ^{ns}		4,69**	
Ano	187,37**		0,05 ^{ns}		120,82**		18,01**	
PCa*Ano	2,5 ^{ns}		2,25 ^{ns}		1,73 ^{ns}		0,96 ^{ns}	
CV (%)	42,48		16,40		41,22		73,75	

⁽¹⁾ variável transformada pela equação $(x+0,5)^{1/2}$; ^{ns} não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade de erro; **, * significativo a 1% e a 5% de probabilidade de erro, respectivamente; Médias seguidas de letras maiúsculas distintas na linha, dentro de mesma classe de ramos conforme o comprimento médio, diferem significativamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro.



******, ***** significativo pelo teste F a 1% e a 5% de probabilidade de erro, respectivamente.

Figura 2.4 Efeito de aplicações de proexadone cálcio na porcentagem de ramos de acordo com o comprimento médio dos ramos podados em macieiras 'Imperial Gala' (a–d) e 'Fuji Suprema' (e–h), nos ciclos 2008/2009 e 2009/2010. Fraiburgo, SC, 2010.

O número médio de gemas e o comprimento médio dos entrenós em ramos podados de macieiras 'Imperial Gala' e 'Fuji Suprema' foram influenciados pela aplicação de proexadione cálcio e pelo ano (Tabela 2.4). Em ambas cultivares avaliadas, o número de gemas por ramo e o comprimento de entrenós apresentaram-se superiores em 2010, podendo ser justificado pelo maior crescimento vegetativo neste ciclo produtivo, evidenciado pela maior massa total de ramos podados e massa média de ramo e pelo maior comprimento médio dos ramos (Tabela 2.2).

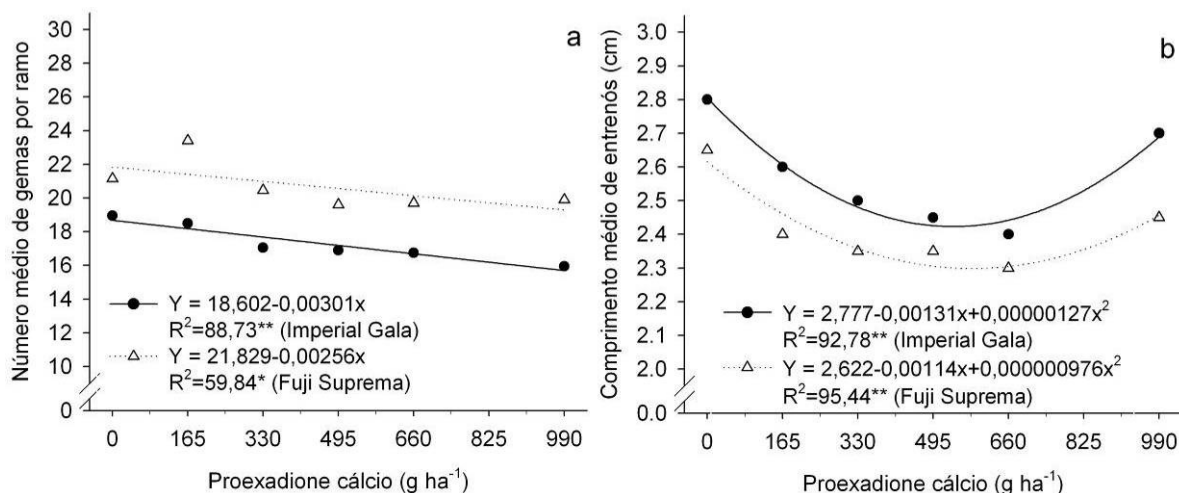
Tabela 2.4 Número médio de gemas por ramo e comprimento médio dos entrenós em ramos podados em macieiras 'Imperial Gala' e 'Fuji Suprema' tratadas com proexadione cálcio nos ciclos 2008/2009 e 2009/2010. Fraiburgo, SC, 2010.

Proexadione cálcio (PCa)	Imperial Gala				Fuji Suprema			
	Número médio de gemas por ramo		Comprimento médio dos entrenós		Número médio de gemas por ramo		Comprimento médio dos entrenós	
	... gemas ramo ⁻¹ ...		 cm		... gemas ramo ⁻¹ ...		 cm	
	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010
0 g ha ⁻¹	14,6	23,3	2,6	3,0	18,5	23,8	2,5	2,8
165 g ha ⁻¹	16,3	20,7	2,5	2,7	17,7	29,1	2,3	2,5
330 g ha ⁻¹	13,8	20,3	2,4	2,6	17,6	23,3	2,3	2,4
495 g ha ⁻¹	13,8	20,0	2,4	2,5	14,9	24,3	2,3	2,4
660 g ha ⁻¹	13,8	19,7	2,2	2,6	14,5	24,9	2,2	2,4
990 g ha ⁻¹	13,9	18,0	2,7	2,7	15,9	23,9	2,3	2,6
Média	14,4B	20,3A	2,5B	2,7A	16,5B	24,9A	2,3B	2,5A
Fonte de variação	Valor de F							
PCa	3,57**		3,71**		2,91*		9,18**	
Ano	146,76**		12,86**		147,04**		25,18**	
PCa*Ano	1,96 ^{ns}		0,90 ^{ns}		2,17 ^{ns}		0,93 ^{ns}	
CV (%)	15,56		13,39		18,32		7,77	

^{ns} não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade de erro; ** significativo a 1% de probabilidade de erro; Médias seguidas de letras maiúsculas distintas na linha, dentro da mesma variável, diferem significativamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro.

O aumento das concentrações de proexadione cálcio determinou a diminuição do número médio de gemas nos ramos podados em macieiras 'Imperial Gala' e 'Fuji Suprema' (Figura 2.5a). Esta resposta pode ser justificada pelo mecanismo de ação do proexadione cálcio, em que por diminuir a formação de giberelinas biologicamente ativas (RADEMACHER et al., 2006), determina redução das taxas de crescimento de ramos, com a consequente redução do número de gemas por ramo.

A redução do comprimento de ramos pelo uso de proexadione cálcio é advinda da redução do comprimento dos entrenós (BYERS e YODER, 1999; MEDJDOUB et al., 2004). A aplicação de proexadione cálcio determinou redução do comprimento médio de entrenós quando utilizado concentrações de até 516 g ha⁻¹ e 584 g ha⁻¹ para macieiras 'Imperial Gala' e 'Fuji Suprema', respectivamente (Figura 2.5b). Em concentrações superiores a estes limites, foi observado aumento do comprimento médio de entrenós. Em concentrações inferiores a 516 g ha⁻¹ de proexadione cálcio para macieiras 'Imperial Gala' e inferiores a 584 g ha⁻¹ para macieiras 'Fuji Suprema', foi observada a formação de pontos de paralisação do crescimento nos ramos (Figura 2.6). Nos ramos com paralisação do crescimento observou-se redução do comprimento médio de entrenós na região de paralisação do crescimento. Depois de cessado ou reduzido o efeito do proexadione cálcio, os segmentos de ramo posteriores ao ponto de paralisação do crescimento exibiram padrão de crescimento normal, tendo comprimento médio dos entrenós similares ao observado nas plantas-testemunha. Quando utilizado maiores concentrações de proexadione cálcio, a restrição do crescimento de ramos apresentou-se mais expressiva, não sendo observados tantos ramos com paralisação do crescimento quanto observado com a aplicação de proexadione cálcio em menores concentrações. Assim, logo depois de cessado o efeito de proexadione cálcio de paralisar o crescimento de ramos, estes apresentaram taxas de crescimento similares as observados no tratamento-testemunha, determinando que os ramos destes tratamentos, apresentassem maior comprimento médio de entrenós, quando comparado aos constatados com a aplicação de proexadione cálcio em menores concentrações.



**, * significativo pelo teste F a 1% e a 5% de probabilidade de erro, respectivamente.

Figura 2.5 Número médio de gemas por ramo e comprimento médio dos entrenós em ramos podados em macieiras ‘Imperial Gala’ e ‘Fuji Suprema’ tratadas com proexadione cálcio nos ciclos 2008/2009 e 2009/2010. Fraiburgo, SC, 2010.



Figura 2.6 Ramo de macieira com paralisação e retomada do crescimento ao longo do ciclo vegetativo (seta indica ponto de paralisação/retomada do crescimento nos ramos). Fraiburgo, SC, 2010.

Área foliar e teores de macro e micronutrientes foliares

Apesar da aplicação de proexadione cálcio determinar redução do desenvolvimento vegetativo, não foi observado efeito significativo desta sobre a área média das folhas e sobre o tamanho médio de pecíolos em macieiras ‘Imperial Gala’ e ‘Fuji Suprema’, evidenciando que esta substância atua na diminuição do crescimento de ramos, sem efeito direto ou indireto sobre a expansão foliar. Da mesma forma, ao observado na área média de folhas, a aplicação de proexadione cálcio não determinou alteração do comprimento médio dos pecíolos em folhas de

macieiras 'Imperial Gala' e 'Fuji Suprema' (Tabela 2.5), o que demonstra a inexistência de efeito deste fitoregulador no padrão de crescimento e expansão das folhas.

Em macieiras 'Imperial Gala', o efeito do proexadione cálcio apresentou-se variável entre anos quanto ao teor foliar de nitrogênio (Tabela 2.6). Segundo Suzuki e Basso (2006), as concentrações de nitrogênio nas folhas da macieira, na média dos tratamentos, situaram-se acima do normal (25,1 a 30,0 g kg⁻¹) e dentro da faixa normal (20,0 a 25,0 g kg⁻¹) nos anos de 2009 e 2010, respectivamente. No ciclo 2008/2009, a aplicação de proexadione cálcio determinou aumento dos teores foliares de nitrogênio, cujo maior acúmulo foi observado com a aplicação de 577 g ha⁻¹, sendo observado a redução dos teores em maiores concentrações (Figura 2.7). No ciclo posterior, a resposta no acúmulo de nitrogênio nas folhas apresentou-se variável com a concentração de proexadione utilizada, onde o maior acúmulo deste nutriente foi constatado quando aplicado de 165 a 330 g ha⁻¹ (Figura 2.7).

Tabela 2.5 Área média de folhas e comprimento médio de pecíolos em folhas de macieiras 'Imperial Gala' e 'Fuji Suprema' tratadas com proexadione cálcio nos ciclos 2008/2009 e 2009/2010. Fraiburgo, SC, 2010.

Proexadione cálcio (PCa)	Imperial Gala				Fuji Suprema	
	Área média de folhas		Comprimento médio do pecíolo		Área média de folhas	Comprimento médio do pecíolo
	 cm ²		 cm		 cm ²	 cm
	2009	2010	2009	2010	2010	2010
0 g ha ⁻¹	21,9	32,0	3,2	3,5	28,5	3,0
165 g ha ⁻¹	21,5	30,5	3,5	3,6	29,4	2,9
330 g ha ⁻¹	21,0	31,4	3,4	3,8	28,5	3,0
495 g ha ⁻¹	21,4	32,5	3,3	4,0	26,0	3,1
660 g ha ⁻¹	22,0	31,6	3,2	4,3	28,3	3,2
990 g ha ⁻¹	21,4	32,3	3,6	3,9	30,1	3,0
Média	21,5B	31,7A	36,0		28,5	3,0
Fonte de variação				Valor de F		
PCa	0,68 ^{ns}		0,01 ^{ns}		1,20 ^{ns}	1,18 ^{ns}
Ano	591,68**		1,28 ^{ns}		-	-
PCa*Ano	0,61 ^{ns}		1,12 ^{ns}		-	-
CV (%)	8,58		65,77		14,10	9,53

^{ns} não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade de erro; ** significativo a 1% de probabilidade de erro; Médias seguidas de letras maiúsculas distintas na linha, dentro de mesmo nutriente, diferem significativamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Em macieiras 'Fuji Suprema', não houve efeito da aplicação de proexadione cálcio nos teores foliares de nitrogênio, sendo apenas observado efeito do ciclo produtivo, em que os maiores teores deste nutriente foram evidenciados no ciclo 2008/2009 (Tabela 2.6). Na média dos tratamentos, os teores foliares de nitrogênio na cultivar Fuji Suprema situaram-se acima do normal (25,1 a 30,0 g kg⁻¹) em ambos os ciclos de produção estudados, de acordo com Suzuki e Basso (2006).

Os teores foliares de fósforo na cultivar Imperial Gala foram aumentados pelo uso de proexadione cálcio (Figura 2.7). Em macieiras 'Fuji Suprema', o efeito de proexadione cálcio foi variável entre anos (Tabela 2.6), não sendo significativo o efeito deste fitorregulador no ano de 2009, enquanto que em 2010 o aumento das concentrações de proexadione cálcio aplicadas determinou aumento dos teores foliares de fósforo, sendo os maiores teores observados nas concentrações variando de 165 a 495 g ha⁻¹ (Figura 2.8). De maneira geral, a concentração de fósforo nas folhas de macieiras 'Imperial Gala' e 'Fuji Suprema', situou-se na faixa normal de suficiência (1,5 a 3,0 g kg⁻¹), segundo Suzuki e Basso (2006).

Em ambas cultivares avaliadas, os maiores teores de potássio foram evidenciados no ano de 2009 (Tabela 2.6 e Tabela 2.7). Tanto em macieiras 'Imperial Gala' quanto em macieiras 'Fuji Suprema', os teores foliares de potássio mostraram-se abaixo da faixa normal de suficiência (8,0 a 11,9 g kg⁻¹) em ambos os ciclos de produção avaliados, segundo Suzuki e Basso (2006). A resposta ao proexadione cálcio foi semelhante em ambas cultivares, onde o uso deste fitorregulador determinou o maior aumento dos teores de potássio quando aplicado 506 g ha⁻¹ e 527 g ha⁻¹ para macieiras das cultivares Imperial Gala e Fuji Suprema, respectivamente, onde que concentrações superiores a este limite determinaram diminuição dos teores foliares deste nutriente (Figura 2.7 e Figura 2.8).

A resposta ao uso do proexadione cálcio foi variável entre os ciclos produtivos avaliados tanto na cultivar Imperial Gala quanto em Fuji Suprema (Tabela 2.6 e Tabela 2.7). Segundo Suzuki e Basso (2006), as concentrações de cálcio nas folhas de ambas cultivares avaliadas, na média dos tratamentos, situaram-se dentro da faixa de concentração normal (11,0 a 17,0 g kg⁻¹) e acima da faixa normal de suficiência para os anos de 2009 e de 2010, respectivamente.

Tabela 2.6 Teores foliares de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, ferro, manganês, zinco, cobre e boro em macieiras ‘Imperial Gala’ tratadas com proexadione cálcio nos ciclos 2008/2009 e 2009/2010. Fraiburgo, SC, 2010.

Proexadione cálcio (PCa)	Macronutrientes									
	N		P		K		Ca		Mg	
	 g kg ⁻¹									
	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010
0 g ha ⁻¹	26,8A	22,8B	1,5	2,6	10,9	8,6	13,0B	19,2A	4,6	4,7
165 g ha ⁻¹	30,1A	23,4B	1,5	2,9	10,8	9,5	13,7B	18,5A	4,2	4,6
330 g ha ⁻¹	30,4A	23,7B	1,5	3,2	13,8	9,4	16,3B	20,6A	4,4	3,9
495 g ha ⁻¹	31,6A	22,5B	1,4	3,0	12,3	9,7	15,9A	17,5A	4,8	4,3
660 g ha ⁻¹	30,8A	20,9B	1,5	2,9	12,7	10,5	17,1A	17,9A	4,6	3,9
990 g ha ⁻¹	26,8A	22,4B	1,5	3,1	10,9	8,7	13,0A	17,7A	4,6	4,6
Média	29,4	22,6	1,5B	3,0A	11,9A	9,4B	14,8	18,6	4,4	
Fonte de variação	Valor de F									
PCa	3,15*		3,12*		2,86*		2,79*		2,59*	
Ano	329,70**		682,80**		31,82**		47,43**		3,85 ^{ns}	
PCa*Ano	4,45**		2,27 ^{ns}		0,95 ^{ns}		4,38**		1,78 ^{ns}	
CV (%)	8,33		13,48		22,42		14,53		15,41	
Proexadione cálcio (PCa)	Micronutrientes									
	Fe		Mn		Zn		Cu		B	
	 mg kg ⁻¹									
	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010
0 g ha ⁻¹	109,4	129,0	294,0	319,1	316,0B	422,4A	11,4	2,6	34,0	34,3
165 g ha ⁻¹	119,1	117,8	316,6	371,2	334,3B	435,2A	10,1	3,8	28,8	36,0
330 g ha ⁻¹	104,0	123,2	333,3	367,6	389,8B	420,6A	11,3	5,1	29,9	37,7
495 g ha ⁻¹	124,2	80,2	301,4	316,3	353,3A	376,5A	11,4	3,8	30,0	40,1
660 g ha ⁻¹	120,6	144,2	292,2	299,0	354,3A	377,9A	12,2	4,0	33,6	36,5
990 g ha ⁻¹	109,4	88,4	294,0	361,5	316,0A	372,2A	11,4	3,5	34,0	37,7
Média	114,2		305,3B	339,1A	344,0	400,8	11,3A	3,8B	31,7B	37,1A
Fonte de variação	Valor de F									
PCa	1,39 ^{ns}		10,05**		3,72**		1,09 ^{ns}		0,46 ^{ns}	
Ano	0,05 ^{ns}		7,50**		51,50**		142,54**		24,51**	
PCa*Ano	1,02 ^{ns}		1,61 ^{ns}		5,44**		0,83 ^{ns}		1,52 ^{ns}	
CV (%)	49,90		12,46		10,41		44,16		19,43	

^{ns} não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade de erro; ** significativo a 1% de probabilidade de erro; Médias seguidas de letras maiúsculas distintas na linha, dentro de mesmo nutriente, diferem significativamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro.

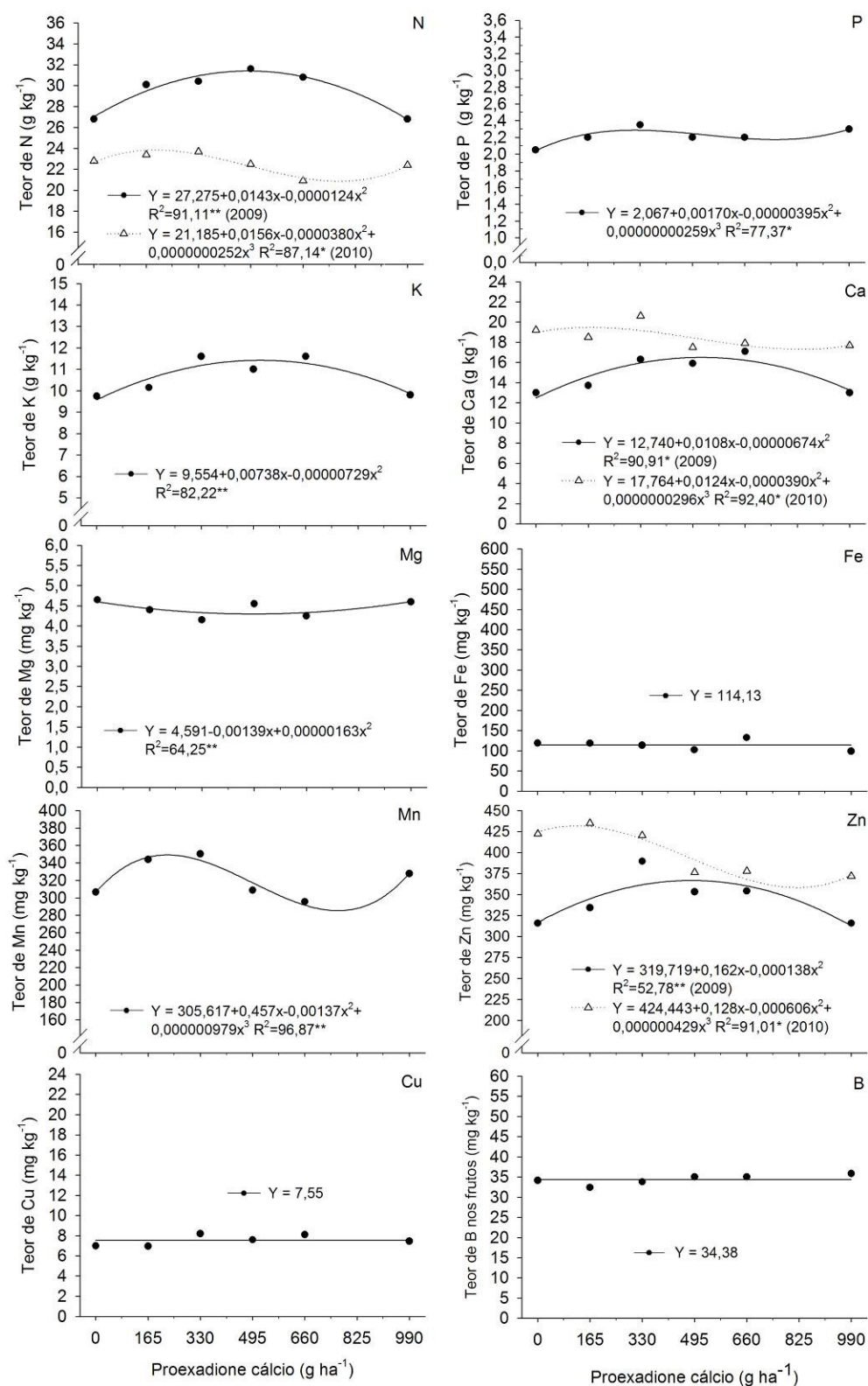
No ano de 2009, os teores foliares de cálcio em macieiras ‘Imperial Gala’ foram maximizados pela aplicação de proexadione cálcio quando utilizado este fitorregulador em concentrações de até 800 g ha⁻¹, ocorrendo diminuição dos teores foliares deste nutriente em concentrações superiores. Neste mesmo ano, os teores foliares de cálcio em macieiras ‘Fuji Suprema’ não foram influenciados pelo uso de proexadione cálcio. Em 2010, aplicações de proexadione cálcio de até 330 g ha⁻¹

determinaram aumento dos teores foliares de cálcio em macieiras 'Imperial Gala', ocorrendo diminuição em maiores concentrações. Na cultivar Fuji Suprema, o aumento das concentrações de proexadione cálcio aplicadas até 467 g ha⁻¹ determinou aumento dos teores foliares de cálcio, sendo observada redução dos teores deste nutriente em maiores concentrações.

A aplicação de proexadione cálcio determinou alteração dos teores foliares de magnésio, não ocorrendo alterações dos teores deste nutriente sob influência do ciclo produtivo em ambas as cultivares avaliadas (Tabela 2.6 e Tabela 2.7). Em macieiras 'Imperial Gala', o uso do proexadione cálcio diminuiu os teores foliares de magnésio, sendo os menores teores observados na concentração de 426 g ha⁻¹, onde o aumento de concentrações acima deste limite determinou aumento dos teores deste nutriente (Figura 2.7). Em contrapartida, em macieiras 'Fuji Suprema', o maior teor de magnésio foi constatado com a aplicação de 990 g ha⁻¹ de proexadione cálcio.

Os teores foliares de ferro não foram influenciados pela aplicação de proexadione cálcio em ambas cultivares avaliadas, sendo observadas diferenças em relação ao ano na cultivar Fuji Suprema, em que os maiores teores foram observados em 2010 (Tabela 2.7). Em relação aos teores foliares de manganês, estes foram influenciados pelo ciclo produtivo, com o maior teor no ano de 2009 em macieiras 'Imperial Gala', e em 2010 para macieiras 'Fuji Suprema' (Tabela 2.6 e Tabela 2.7), sendo que o uso de proexadione cálcio determinou alterações dos teores deste nutriente em ambas cultivares (Figura 2.7 e Figura 2.8).

A resposta ao uso do proexadione cálcio foi variável entre anos quanto aos teores foliares de zinco em macieiras 'Imperial Gala' (Tabela 2.6). No ano de 2009, a aplicação de proexadione cálcio determinou aumento dos teores foliares de zinco, com máximo acúmulo deste nutriente quando aplicado 587 g ha⁻¹, ocorrendo redução dos teores em concentrações superiores a este limite (Figura 2.7). Em 2010, os maiores teores foliares de zinco foram observado em concentrações de proexadione cálcio variando de 0 a 330 g ha⁻¹, porém quando utilizado maiores concentrações deste fitorregulador houve significativa diminuição deste nutriente. Para macieiras 'Fuji Suprema', somente o ciclo produtivo influenciou os teores de zinco, onde os maiores teores foram evidenciados em 2010 (Tabela 2.7).



******, ***** significativo pelo teste F a 1% e a 5% de probabilidade de erro, respectivamente.

Figura 2.7 Teores foliares de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn), cobre (Cu) e boro (B) em macieiras ‘Imperial Gala’ tratadas com proexadone cálcio, nos ciclos 2008/2009 e 2009/2010. Fraiburgo, SC, 2010.

Tabela 2.7 Teores foliares de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, ferro, manganês, zinco, cobre e boro em macieiras ‘Fuji Suprema’ tratadas com proexadione cálcio, nos ciclos 2008/2009 e 2009/2010. Fraiburgo, SC, 2010.

Proexadione cálcio (PCa)	Macronutrientes									
	N		P		K		Ca		Mg	
	 g kg ⁻¹									
	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010
0 g ha ⁻¹	30,3	27,1	1,6B	2,5A	9,2	8,4	15,3A	17,7A	4,3	3,8
165 g ha ⁻¹	31,8	26,6	1,7B	3,1A	11,7	7,9	14,8B	19,8A	3,7	4,3
330 g ha ⁻¹	30,4	27,2	1,6B	3,3A	12,5	8,8	14,8B	21,6A	4,0	4,2
495 g ha ⁻¹	30,5	28,4	1,7B	3,3A	13,0	11,3	15,4B	23,5A	3,7	4,2
660 g ha ⁻¹	30,2	25,1	1,5B	2,8A	11,6	8,4	16,9B	20,3A	3,6	3,6
990 g ha ⁻¹	30,3	26,9	1,6B	3,1A	9,2	9,4	15,3B	21,0A	4,3	4,3
Média	30,6A	26,9B	1,6	3,0	11,2A	9,0B	15,4	20,7	4,0	
Fonte de variação					Valor de F					
PCa	0,97 ^{ns}		5,65 ^{**}		5,31 ^{**}		2,70 [*]		2,24 [*]	
Ano	52,46 ^{**}		631,16 ^{**}		29,83 ^{**}		88,39 ^{**}		1,00 ^{ns}	
PCa*Ano	0,92 ^{ns}		4,41 ^{**}		2,32 ^{ns}		2,61 [*]		1,83 ^{ns}	
CV (%)	9,94		13,06		22,07		16,150		17,80	
Proexadione cálcio (PCa)	Micronutrientes									
	Fe		Mn		Zn		Cu		B	
	 mg kg ⁻¹									
	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010
0 g ha ⁻¹	85,7	435,1	252,4	156,7	191,7	235,2	11,5A	5,7B	29,3B	36,1A
165 g ha ⁻¹	121,0	347,1	242,2	142,5	199,5	235,9	8,2A	5,6B	31,7A	35,8A
330 g ha ⁻¹	80,6	483,9	261,9	149,2	236,6	258,5	9,2A	6,9B	26,2B	43,7A
495 g ha ⁻¹	82,6	483,7	277,2	176,0	215,5	243,3	13,3A	7,4B	28,0B	43,4A
660 g ha ⁻¹	146,2	332,3	249,2	189,6	207,3	227,3	16,1A	4,3B	36,8A	36,0A
990 g ha ⁻¹	76,7	515,3	252,4	148,4	191,7	205,5	11,5A	7,4B	29,3B	44,3A
Média	..98,8B	432,9A	255,9 ^a	160,4B	207,1B	234,3A	11,6	6,2	30,2	39,9
Fonte de variação					Valor de F					
PCa	0,89 ^{ns}		2,59 [*]		1,87 ^{ns}		1,93 ^{ns}		1,24 ^{ns}	
Ano	229,23 ^{**}		255,48 ^{**}		7,34 ^{**}		47,91 ^{**}		93,81 ^{**}	
PCa*Ano	3,72 ^{ns}		1,91 ^{ns}		1,75 ^{ns}		3,23 ^{**}		9,27 ^{**}	
CV (%)	45,63		16,02		18,59		48,61		16,23	

^{ns} não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade de erro; ** significativo a 1% de probabilidade de erro; Médias seguidas de letras maiúsculas distintas na linha, dentro de mesmo nutriente, diferem significativamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro.

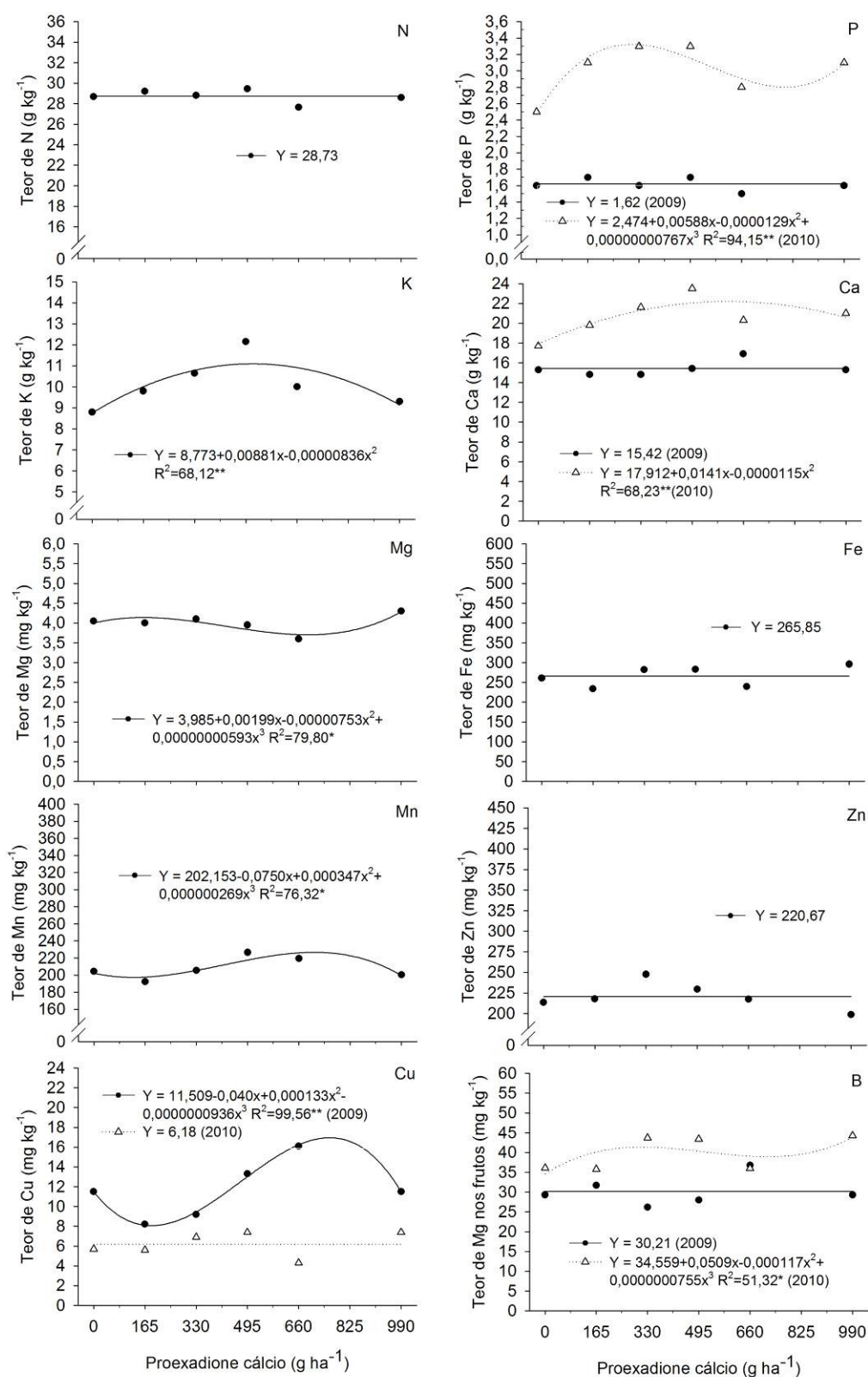


Figura 2.8 Teores foliares de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn), cobre (Cu) e boro (B) em macieiras 'Fuji Suprema' tratadas com proexadone cálcio, nos ciclos 2008/2009 e 2009/2010. Fraiburgo, SC, 2010.

Em macieiras da cultivar Imperial Gala, os teores foliares de cobre não foram influenciados pela aplicação de proexadione cálcio (Tabela 2.6), assim como observado no ano de 2010 em macieiras 'Fuji Suprema' (Figura 2.8). No ano de 2009, os teores foliares de cobre na cultivar Fuji Suprema apresentaram diminuição em relação à testemunha quando aplicado 165 a 330 g ha⁻¹ de proexadione cálcio, ocorrendo aumento dos teores em concentrações superiores deste fitorregulador (Figura 2.8).

O uso de proexadione cálcio não determinou alteração dos teores foliares de boro na cultivar Imperial Gala e na cultivar Fuji Suprema em 2009. No ano de 2010, concentrações superiores a 330 g ha⁻¹ de proexadione cálcio determinaram aumento significativo dos teores foliares de boro em relação ao tratamento testemunha, em macieiras 'Fuji Suprema', podendo ter contribuído para o aumento dos teores foliares de cálcio, visto que o boro auxilia a translocação de cálcio na planta (SUZUKI e BASSO, 2006).

Características produtivas

Para a cultivar Imperial Gala não foi evidenciada interação significativa entre os fatores proexadione cálcio e ano para a massa total e o número de frutos por planta (Tabela 2.8). A maior produção de frutos por planta foi observada no ano de 2009, com média de 19 kg planta⁻¹, dada a maior frutificação efetiva neste ciclo. A aplicação de proexadione cálcio influenciou a massa total e o número de frutos por planta em macieiras 'Imperial Gala' (Tabela 2.8). O uso de proexadione cálcio em concentrações variando de 165 a 330 g ha⁻¹ determinou aumento significativo da massa total e do número de frutos por planta em relação à testemunha, porém concentrações acima de 330 g ha⁻¹ foi observada redução da produção, onde em concentrações próximas a 990 g ha⁻¹ a produção mostrou-se inferior ao observado na ausência de aplicação deste fitorregulador (Figura 2.9). Trabalhos realizados por Medjdoub et al. (2004) não evidenciaram efeito da aplicação de proexadione cálcio na eficiência produtiva de macieiras 'Smoother Golden Delicious', onde em vários experimentos a produção de plantas tratadas com este fitorregulador mostrou-se similar as plantas-testemunha.

Alguns estudos realizados na cultura da macieira têm demonstrado pouco ou nenhum efeito do proexadione cálcio na frutificação (BYERS e YODER, 1999; MILLER, 2002; MEDJDOUB et al., 2004). De acordo com Basak e Krzewińska

(2006), apesar do proexadione cálcio restringir o crescimento de ramos, este não afeta a produção de frutos, embora que em alguns casos, exista a tendência de aumento da produtividade após a aplicação deste fitoregulador. Neste estudo, o uso de concentrações de proexadione cálcio variando de 165 a 330 g ha⁻¹ proporcionou aumento de até 4,7 kg de frutos por planta em macieiras 'Imperial Gala' (Figura 2.9). O aumento da produção de frutos nestas concentrações é resultante do maior número de frutos colhidos, sendo o resultando do menor abortamento de frutos jovens evidenciado nestes tratamentos, como abordado por Rademacher (2009). Segundo Rademacher (2000) e Rademacher et al. (2006), a redução do conteúdo de giberelinas ativas e a redução da formação de etileno são as principais causas do desenvolvimento vegetativo reduzido e aumento da frutificação, resultantes de tratamentos com proexadione cálcio. O início do desenvolvimento de folhas e de frutos é dependente das reservas acumuladas durante a estação de crescimento anterior (FAUST, 2000). A diminuição do desenvolvimento vegetativo proporcionado pelo proexadione cálcio pode ter diminuído a competição entre o desenvolvimento de estruturas vegetativas e o desenvolvimento de frutos, possibilitando o aumento da disponibilidade de assimilados aos frutos, minimizando a abscisão dos mesmos.

A diminuição da produção de frutos em macieiras 'Imperial Gala' quando utilizado proexadione cálcio em altas concentrações pode ser justificada pela redução do desenvolvimento vegetativo proporcionada por este fitoregulador. A brotação e o desenvolvimento de folhas a cada ciclo produtivo é essencial para frutíferas de clima temperado produzir fotoassimilados suficientes para suportarem novo crescimento, especialmente para frutificação e desenvolvimento dos frutos (WEBSTER, 2005). Assim, a restrição do desenvolvimento vegetativo consequente do uso do proexadione cálcio, por limitar o aumento da superfície fotossintética da planta, pode ter limitado a produção e posterior aporte de fotoassimilados nos frutos, determinando abscisão de parte dos frutos ao longo do ciclo dada a competição nutricional estabelecida entre os mesmos, resultando na diminuição da massa total de frutos produzidos por planta.

Tabela 2.8 Massa total e número de frutos por planta em macieiras ‘Imperial Gala’ tratadas com proexadione cálcio nos ciclos 2008/2009 e 2009/2010. Fraiburgo, SC, 2010.

Proexadione cálcio (PCa)	Imperial Gala				Fuji Suprema			
	Massa de frutos por planta		Número de frutos por planta		Massa de frutos por planta		Número de frutos por planta	
	 kg planta ⁻¹		... frutos planta ⁻¹ ...		 kg planta ⁻¹		... frutos planta ⁻¹ ...	
	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010
0 g ha ⁻¹	15,1	11,3	152,1	96,3	14,2B	19,5A	106,6	146,3
165 g ha ⁻¹	21,2	14,5	214,9	120,6	14,7B	20,4A	109,2	147,9
330 g ha ⁻¹	21,2	13,3	231,0	105,4	11,3B	14,2A	88,9	104,8
495 g ha ⁻¹	19,4	7,8	204,0	63,0	15,1A	16,3A	112,9	114,6
660 g ha ⁻¹	21,0	7,7	203,6	60,0	14,2B	19,2A	106,8	131,8
990 g ha ⁻¹	16,3	7,0	166,3	62,9	14,7A	10,3B	114,0	82,9
Média	19,0A	10,3B	195,3A	84,7B	14,0	16,7	106,4B	121,4A
Fonte de variação		Valor de F						
PCa	4,04**		3,67**		3,15*		2,02 ^{ns}	
Ano	80,46**		130,93**		6,65*		3,65*	
PCa*Ano	2,05 ^{ns}		1,98 ^{ns}		2,39*		1,94 ^{ns}	
CV (%)	36,50		37,82		36,16		37,70	

^{ns} não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade de erro; **, * significativo a 1 e a 5% de probabilidade de erro, respectivamente; Médias seguidas de letras maiúsculas distintas na linha, dentro de cada nível de proexadione cálcio, diferem significativamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro.

O número de frutos por planta na cultivar ‘Fuji Suprema’ não se mostrou influenciado pelo uso de proexadione cálcio, sendo observadas apenas diferenças entre os anos avaliados, com maior número de frutos em 2010 (Tabela 2.8). O efeito de proexadione cálcio mostrou-se variável entre os anos avaliados quanto a massa total de frutos por planta (Figura 2.10). Em 2009, a aplicação de proexadione cálcio não influenciou a produção de frutos por planta, sendo produzidos, em média, 14 kg de maçãs por planta. Em contrapartida, no ano de 2010 a produção de frutos foi drasticamente reduzida em relação à testemunha quando aplicado o proexadione cálcio em concentrações superiores a 660 g ha⁻¹. De acordo com Sugar et al. (2002), Asín et al. (2005) e Meintjes et al. (2005), o efeito mais pronunciado do proexadione cálcio em altas concentrações é a redução do retorno floral no ano posterior a aplicação. A redução do retorno floral pode ser evidenciada pelo menor número de frutos por planta. Em razão do número de frutos por planta não ter apresentado diferença significativa entre tratamentos, a diminuição da massa total de frutos em 2010 pode ser atribuída a restrição do desenvolvimento vegetativo proporcionada pelo proexadione cálcio quando utilizado em altas concentrações neste ano, de

modo a limitar a capacidade da planta em produzir fotoassimilados necessários ao aumento da massa dos frutos, tendo como resultado a menor produção por planta (Figura 2.10).

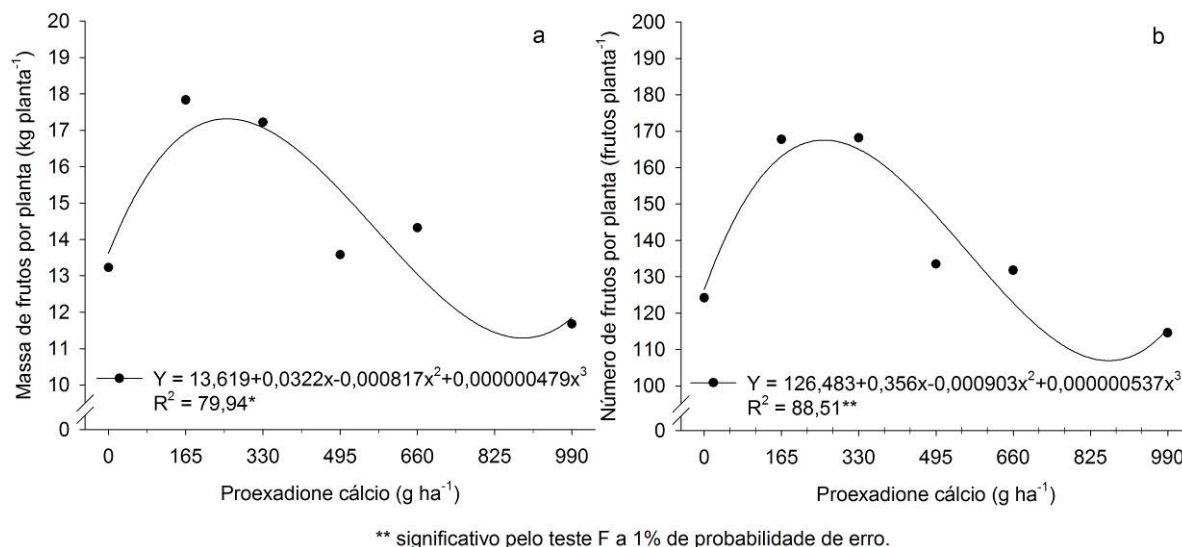
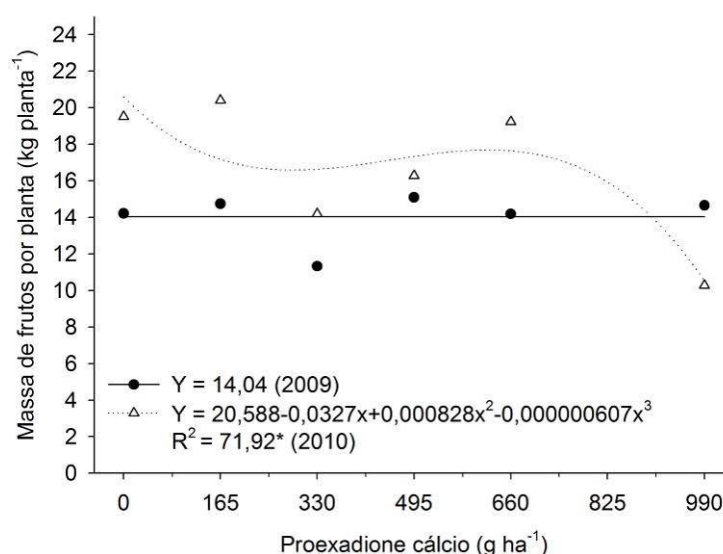


Figura 2.9 Efeito de diferentes concentrações de proexadione cálcio na massa total (a) e no número médio de frutos por planta (b) em macieiras ‘Imperial Gala’, considerando o desempenho médio apresentado nos ciclos 2008/2009 e 2009/2010. Fraiburgo, SC, 2010.

A massa média dos frutos em macieiras ‘Imperial Gala’ não foi influenciada pela aplicação de proexadione, sendo apenas observada diferenças em relação ao ano de avaliação (Tabela 2.9). A maior massa média de maçãs ‘Imperial Gala’ foi observada em 2010, com a média de 122,5 g por fruto, justificativa pelo menor número de frutos por planta neste ano, visto que a massa dos frutos é negativamente correlacionada ao seu número por planta (JOHNSON e HANDLEY, 1989). A massa média dos frutos na cultivar Fuji Suprema também se apresentou superior em 2010, apesar do maior número médio de frutos ter sido evidenciado no ano anterior (Tabela 2.9). Assim, a maior massa média dos frutos em 2010 pode ser justificada pelas melhores condições climáticas para o desenvolvimento dos frutos da cultivar Fuji Suprema neste ciclo.



* significativo pelo teste F a 5% de probabilidade de erro.

Figura 2.10 Efeito de diferentes concentrações de proexadione cálcio na massa total de frutos por planta em macieiras ‘Fuji Suprema’ nos ciclos 2008/2009 e 2009/2010. Fraiburgo, SC, 2010.

A aplicação de proexadione cálcio influenciou a massa média dos frutos em macieiras ‘Fuji Suprema’ (Figura 2.11). Foi evidenciada resposta quadrática na massa média dos frutos frente ao aumento das concentrações de proexadione cálcio, sendo a máxima massa média dos frutos na concentração de 273 g ha⁻¹, com decréscimo em concentrações superiores a este limite. A redução da massa média dos frutos em concentrações de proexadione cálcio superiores a 273 g ha⁻¹ pode ser decorrente da redução do desenvolvimento vegetativo, com consequente diminuição da capacidade fotossintética das plantas, a qual limitou a disponibilidade de fotoassimilados necessários aos frutos, restringindo o desenvolvimento dos mesmos.

Houve interação significativa entre o ciclo de produção e a aplicação de proexadione cálcio para o comprimento médio dos frutos da cultivar Imperial Gala (Tabela 2.10). Em 2009, não foram verificadas diferenças significativas entre as concentrações avaliadas quanto ao comprimento médio dos frutos, cujo desempenho médio foi de 56,93 mm (Figura 2.12). Em 2010, a aplicação de até 329 g ha⁻¹ de proexadione cálcio aumentou o comprimento médio dos frutos, sendo observada redução a partir desta concentração. A aplicação de proexadione cálcio não influenciou o comprimento médio de maçãs ‘Fuji Suprema’, sendo verificado

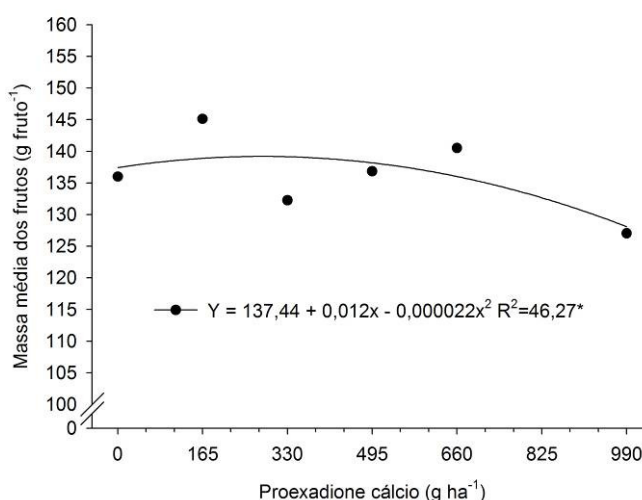
apenas efeito do ano, onde o maior comprimento de frutos foi observado em 2010 (Tabela 2.10).

Tabela 2.9 Massa média dos frutos em macieiras ‘Imperial Gala’ e ‘Fuji Suprema’ tratadas com proexadione cálcio nos ciclos 2008/2009 e 2009/2010. Fraiburgo, SC, 2010.

Proexadione cálcio (PCa)	Imperial Gala		Fuji Suprema	
	Massa média dos frutos			
	 g fruto ⁻¹			
	2009	2010	2009	2010
0 g ha ⁻¹	100,8	121,2	135,3	136,7
165 g ha ⁻¹	100,6	123,2	136,1	154,1
330 g ha ⁻¹	93,8	125,4	127,9	136,6
495 g ha ⁻¹	95,9	128,3	131,4	142,3
660 g ha ⁻¹	103,3	123,0	134,1	147,0
990 g ha ⁻¹	100,0	114,1	128,7	125,3
Média	99,1B	122,5A	132,3B	140,3A
Fonte de variação	Valor de F			
PCa	0,78 ^{ns}		2,50*	
Ano	133,74**		6,17*	
PCa*Ano	2,09 ^{ns}		0,96 ^{ns}	
CV (%)	10,01		13,07	

^{ns} não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade de erro; **, * significativo a 1% e a 5% de probabilidade de erro, respectivamente; Médias seguidas de letras maiúsculas distintas na linha, dentro de cada cultivar, diferem significativamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro.

O diâmetro médio dos frutos em macieiras ‘Imperial Gala’ não foi afetado pelo ano e pelo uso de proexadione cálcio, onde, na média dos tratamentos, o diâmetro médio de maçãs ‘Imperial Gala’ foi de 62,4 mm (Tabela 2.10). A aplicação de proexadione cálcio também não determinou mudança no diâmetro médio de maçãs ‘Fuji Suprema’, porém foi evidenciado efeito significativo de ano, onde os frutos com maior diâmetro foram obtidos em 2010, apresentando em média 69,2 mm, devido às melhores condições climáticas ocorrentes ao longo deste ciclo produtivo (Tabela 2.10).



* significativo pelo teste F a 5% de probabilidade de erro.

Figura 2.11 Efeito de diferentes concentrações de proexadione cálcio na massa média dos frutos em macieiras ‘Fuji Suprema’, considerando o desempenho médio nos ciclos 2008/2009 e 2009/2010. Fraiburgo, SC, 2010.

A aplicação de proexadione cálcio não alterou o formato dos frutos das cultivares Imperial Gala e Fuji Suprema, dada a não modificação da relação comprimento/diâmetro dos frutos (Tabela 2.10). Não foram observadas diferenças significativas entre anos quanto ao formato de maçãs ‘Fuji Suprema’. No entanto, este atributo mostrou-se diferenciado entre anos em maçãs ‘Imperial Gala’, sendo observada relação comprimento/diâmetro dos frutos de 0,92 e 0,97 para os anos de 2009 e 2010, respectivamente. A relação comprimento/diâmetro dos frutos próxima a 1,0 indica que os frutos apresentam formato arredondado, enquanto que relações inferiores a 1,0 indicam que os frutos apresentam-se mais achatados. Assim, as maçãs ‘Imperial Gala’ apresentaram-se mais achatadas em 2009 em relação às maçãs colhidas em 2010, sendo as diferenças observadas no formato de maçãs atribuídas às condições climáticas diferenciadas entre anos e pelas diferenças observadas em relação ao número médio de sementes por fruto. Tromp e Wertheim (2005) abordam que a forma dos frutos pode ser determinada pelo número de sementes nos frutos. O maior número de sementes em maçãs ‘Imperial Gala’ foi observado em 2010, correspondendo ao ano em que foram observados os frutos mais oblongos, cuja relação comprimento/diâmetro médio dos frutos foi igual a 0,97 (Tabela 2.10).

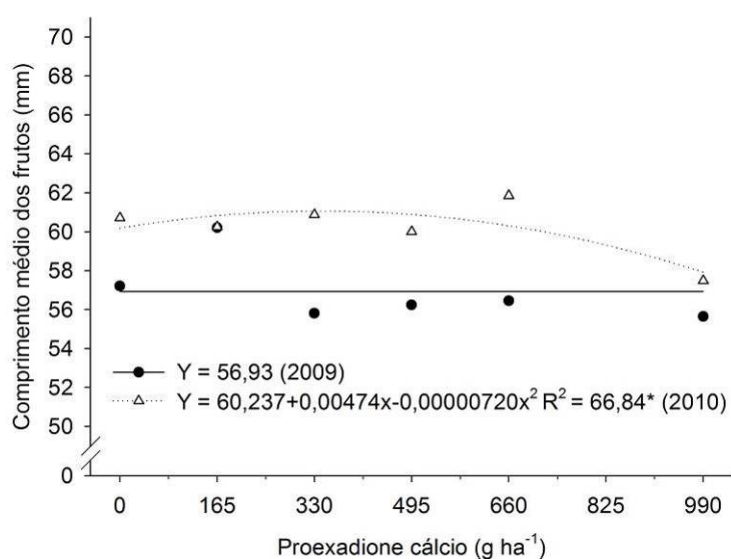
Tabela 2.10 Comprimento médio, diâmetro médio, relação comprimento/diâmetro e número de sementes em frutos provenientes de macieiras ‘Imperial Gala’ e ‘Fuji Suprema’ tratadas com proexadione cálcio nos ciclos 2008/2009 e 2009/2010. Fraiburgo, SC, 2010.

Proexadione cálcio (PCa)	Imperial Gala									
	Comprimento médio dos frutos		Diâmetro médio dos frutos		Comprimento médio dos pedúnculos		Relação comprimento/diâmetro		Número de sementes por fruto	
	 mm						 unidade			
	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010
0 g ha ⁻¹	57,2B	60,7A	62,3	62,8	21,1	26,0	0,92	0,97	5,5	6,3
165 g ha ⁻¹	60,2A	60,3A	63,1	62,7	22,2	26,3	0,96	0,96	5,7	6,5
330 g ha ⁻¹	55,8B	60,9A	64,4	62,8	21,6	26,8	0,90	0,97	5,6	6,2
495 g ha ⁻¹	56,2B	60,0A	61,9	62,1	21,3	26,8	0,91	0,97	5,8	6,0
660 g ha ⁻¹	56,5B	61,9A	62,4	63,0	21,8	27,1	0,90	0,99	5,3	6,5
990 g ha ⁻¹	55,7A	57,5A	60,9	59,9	22,1	26,2	0,95	0,96	5,8	6,0
Média	56,9	60,2	62,5A	62,2A	21,7B	26,5A	0,92B	0,97A	5,6B	6,2A
Fonte de variação	Valor de F									
PCa	3,65*		0,28 ^{ns}		0,37 ^{ns}		0,53 ^{ns}		0,30 ^{ns}	
Ano	38,11**		2,84 ^{ns}		7880,19**		19,29**		19,99**	
PCa*Ano	2,52*		0,44 ^{ns}		0,38 ^{ns}		1,32 ^{ns}		1,16 ^{ns}	
CV (%)	4,79		4,55		10,69		5,99		12,17	
Proexadione cálcio (PCa)	Fuji Suprema									
	Comprimento médio dos frutos		Diâmetro médio dos frutos		Comprimento médio dos pedúnculos		Relação comprimento/diâmetro		Número de sementes por fruto	
	 mm						 unidade			
	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010
0 g ha ⁻¹	58,2	60,7	66,4	69,5	16,6	20,9	0,88	0,91	6,2	5,7
165 g ha ⁻¹	60,7	63,9	70,0	70,2	17,5	21,7	0,91	0,92	6,0	5,5
330 g ha ⁻¹	58,0	62,9	66,3	72,3	16,0	18,7	0,88	0,91	5,7	5,8
495 g ha ⁻¹	58,5	57,3	66,7	65,9	17,3	23,1	0,88	0,87	6,6	5,4
660 g ha ⁻¹	56,4	60,9	66,3	70,8	15,5	20,7	0,92	0,86	6,2	5,1
990 g ha ⁻¹	58,0	57,8	66,1	66,4	16,3	19,1	0,88	0,92	6,3	5,9
Média	58,3B	67,0A	67,0B	69,2A	16,5B	20,7A	0,89A	0,90A	6,1A	5,6B
Fonte de variação	Valor de F									
PCa	1,93 ^{ns}		1,50 ^{ns}		1,15 ^{ns}		0,70 ^{ns}		0,77 ^{ns}	
Ano	5,90*		4,45*		18,92**		0,48 ^{ns}		15,14**	
PCa*Ano	1,05 ^{ns}		1,16 ^{ns}		0,82 ^{ns}		0,51 ^{ns}		1,69 ^{ns}	
CV (%)	8,98		8,01		23,66		11,62 ^{ns}		13,43	

^{ns} não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade de erro; **, * significativo a 1 e a 5% de probabilidade de erro, respectivamente; Médias seguidas de letras maiúsculas distintas na linha diferem significativamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro.

O número de sementes por fruto pode indicar a eficiência de polinização e fertilização em espécies que exigem polinização cruzada (SOLTÉSZ, 2003). Em ambos os anos avaliados, as condições para polinização e fertilização mostraram-se

adequadas, visto que o menor número médio sementes por fruto foi de 5,6 sementes em 2009 para macieiras 'Imperial Gala' e 5,6 sementes em 2010 para macieiras 'Fuji Suprema' (Tabela 2.10). O número de sementes por fruto não foi influenciado pela aplicação de proexadione cálcio em macieiras 'Imperial Gala' e 'Fuji Suprema' (Tabela 2.10). De acordo com Tromp e Wertheim (2005), após a fertilização e início do processo de formação da semente ocorre a competição por nutrientes entre o embrião e o endosperma da semente, podendo ocorrer a paralisação do desenvolvimento ou abortamento do embrião induzido pela competição com ramos em crescimento ou pelo número excessivo frutos na planta necessitando amplo suprimento de nutrientes. Mesmo determinando restrição do desenvolvimento vegetativo, a aplicação de proexadione cálcio não influenciou o número de sementes na colheita frente a possibilidade de diminuição da competição por assimilados e nutrientes entre drenos vegetativos, crescimento de frutos e formação de sementes.



* significativo pelo teste F a 5% de probabilidade de erro.

Figura 2.12 Comprimento médio dos frutos nos ciclos 2008/2009 e 2009/2010 em função de aplicações de proexadione cálcio em macieiras 'Imperial Gala'. Fraiburgo, SC, 2010.

Tanto em maçãs 'Imperial Gala' quanto em maçãs 'Fuji Suprema', o comprimento médio dos pedúnculos não diferiu entre as concentrações de proexadione cálcio utilizadas (Tabela 2.10). Esta resposta demonstra que este fitorregulador, mesmo atuando na minimização da expansão celular, não restringe o desenvolvimento de pedúnculos em maçãs. A limitação do desenvolvimento dos

pedúnculos poderia maximizar a abscisão de frutos, sobretudo em frutos provenientes de mesma inflorescência, e acentuar perdas de produção por queda de frutos em pré-colheita, principalmente em cultivares propensas ao distúrbio, como a cultivar Gala.

Atributos de qualidade dos frutos

Distúrbios fisiológicos mensurados na colheita

A ocorrência de 'russeting' em maçãs 'Imperial Gala' mostrou-se variável entre os anos avaliados, sendo a maior severidade do distúrbio observada no ano de 2009 dada a menor porcentagem de frutos nas classes de menor severidade deste distúrbio (Tabela 2.11). Tal resposta pode ser justificada por condições climáticas mais favoráveis ao desenvolvimento do distúrbio no ano 2009. O 'russeting' se caracteriza por uma aspereza da epiderme de maçãs, resultante da formação de camadas de células suberizadas devido à ocorrência de estresse externo, a qual deprecia os frutos para comercialização (IUCHI e IUCHI, 2001). A causa primária de sua formação são fatores externos à planta que levam à formação de fendas na cutícula que envolve o fruto, expondo as células que ficam logo abaixo desta camada, sendo a formação de tecidos suberizados uma reação protetora da planta para isolar as áreas danificadas (CAMILO e DENARDI, 2001). Segundo Tromp e Wertheim (2005) e Basso (2006), a ocorrência de 'russeting' é uma característica varietal, porém condições de baixa temperatura e alta umidade relativa podem maximizar a ocorrência do dano nos frutos, sobretudo quando os frutos encontram-se nos estádios iniciais de desenvolvimento.

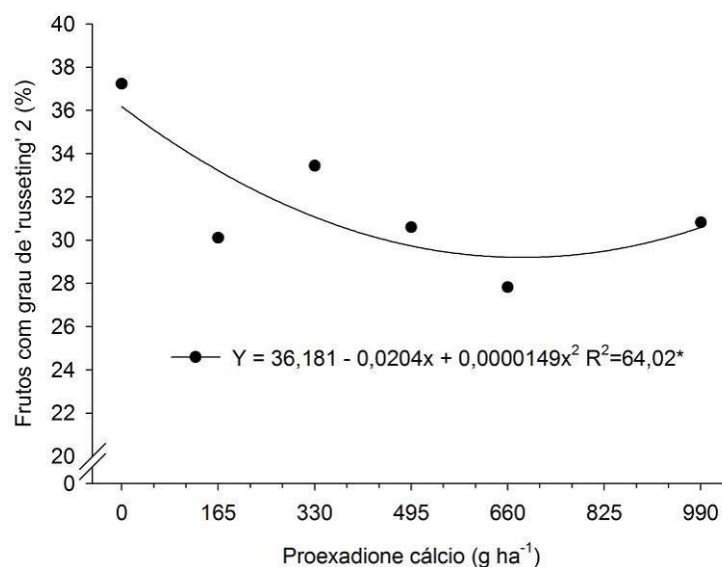
Na cultivar Imperial Gala, o uso de proexadione cálcio unicamente apresentou efeito na porcentagem de frutos com grau 2 segundo escala de severidade de 'russeting' (Tabela 2.11). A ocorrência de frutos com grau 2 de 'russeting' apresentou resposta quadrática frente ao aumento da concentração de proexadione cálcio (Figura 2.13). Maiores concentrações de proexadione cálcio determinaram redução da intensidade de 'russeting', sendo a mínima ocorrência de frutos com tal severidade do distúrbio observada com a aplicação de 685 g ha^{-1} de proexadione cálcio (ponto de mínima = $-b/2c$), mostrando frequência igualmente reduzida em concentrações superiores a este limite. A maior restrição do desenvolvimento vegetativo em decorrência do proexadione cálcio pode ter diminuído o período de molhamento foliar dentro do dossel, como abordado por Paulson et al. (2005) e

Rademacher (2009), necessária a ocorrência do 'russeting', determinando a diminuição ocorrência do distúrbio frente ao aumento das concentrações aplicadas. Em contrapartida, a frequência de frutos de acordo com a ocorrência de 'russeting' na cultivar Fuji Suprema mostrou-se inalterada pelo uso de proexadione, indiferentemente da concentração utilizada (Tabela 2.5). Da mesma forma, Medjdoub et al. (2004) não observaram efeito de diferentes tratamentos com proexadione cálcio na ocorrência de 'russeting' em maçãs 'Smoothie Golden Delicious'.

Tabela 2.11 Porcentagem de frutos de acordo com o grau de 'russeting' em macieiras 'Imperial Gala' tratadas com proexadione cálcio nos ciclos 2008/2009 e 2009/2010. Fraiburgo, SC, 2010.

Proexadione cálcio (PCa)	Frutos de acordo com grau de ‘russeting’									
	0		1		2		3		4	
	 %									
	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010
0 g ha ⁻¹	11,5	20,1	36,0	45,6	43,5	31,0	8,5	2,6	0,5	0,8
165 g ha ⁻¹	12,9	22,6	38,2	52,5	37,0	23,2	9,4	1,5	2,5	0,3
330 g ha ⁻¹	16,0	21,8	34,5	49,9	40,0	26,9	7,0	1,3	2,5	0,1
495 g ha ⁻¹	12,0	19,6	41,0	52,8	34,5	26,7	9,5	0,9	3,0	0,0
660 g ha ⁻¹	12,1	21,0	43,6	56,8	35,8	19,8	8,5	0,3	0,0	0,3
990 g ha ⁻¹	10,5	20,7	44,0	53,7	37,0	24,6	8,0	0,8	0,5	0,2
Média	12,5B	21,0A	39,5B	51,9A	38,0A	25,4B	8,5A	1,2B	1,5A	0,3B
Fonte de variação	Valor de F ¹									
PCa	0,45 ^{ns}		1,65 ^{ns}		2,31*		0,27 ^{ns}		1,27 ^{ns}	
Ano	38,86**		34,61**		25,96**		49,71**		7,95**	
PCa*Ano	0,13 ^{ns}		0,24 ^{ns}		0,29 ^{ns}		0,29 ^{ns}		2,06 ^{ns}	
CV (%)	25,37		13,49		22,49		58,48		65,00	

¹ variáveis transformadas pela equação $(x+0,5)^{1/2}$; ^{ns} não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade de erro; **, * significativo a 1% e a 5% de probabilidade de erro, respectivamente; Médias seguidas de letras maiúsculas distintas na linha, dentro de cada grau de 'russeting', diferem significativamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro.



* significativo pelo teste F a 5% de probabilidade de erro.

Figura 2.13 Efeito da aplicação de proexadione cálcio na porcentagem de frutos com grau 2, segundo escala de severidade de 'russetting', em macieiras 'Imperial Gala' na média dos ciclos 2008/2009 e 2009/2010. Fraiburgo, SC, 2010.

A epiderme de maçãs pode ser danificada por repentinos períodos quentes, ou quando frutos localizados em regiões sombreadas da copa são expostos ao sol (IUCHI e IUCHI, 2001), determinando a ocorrência do dano de sol. O dano de sol é um distúrbio fisiológico caracterizado pela formação de lesões pardas na epiderme dos frutos, seguido de lesões no tecido cortical quando em condições que propiciem maior severidade ao distúrbio. Apesar da diminuição do desenvolvimento vegetativo, e consequente aumento da exposição dos frutos ao sol proporcionado pelo uso do proexadione cálcio, não foi observada alteração na frequência de frutos de acordo com o dano de sol na cultivar Fuji Suprema, ocorrendo o predomínio dos frutos com ausência deste distúrbio (Tabela 2.12).

Tabela 2.12 Porcentagem de frutos de acordo com o grau de ‘russeting’ e dano de sol em macieiras ‘Fuji Suprema’ tratadas com proexadione cálcio no ciclo 2009/2010. Fraiburgo, SC, 2010.

Proexadione cálcio (PCa)	Frutos de acordo com grau de ‘russeting’ ¹					Frutos de acordo com dano de sol ¹		
	0	1	2	3	4	Sem dano	Dano leve a moderado	Dano severo
	 %							
0 g ha ⁻¹	32,5	28,6	25,3	12,5	1,0	84,1	10,8	5,1
165 g ha ⁻¹	34,6	25,4	25,3	12,8	2,0	84,9	8,1	7,0
330 g ha ⁻¹	33,6	23,0	23,0	18,0	2,4	81,1	14,7	4,2
495 g ha ⁻¹	33,3	24,7	25,4	13,4	3,1	79,0	12,1	8,8
660 g ha ⁻¹	38,0	26,3	22,3	11,2	2,2	87,8	8,2	4,0
990 g ha ⁻¹	39,9	27,3	20,4	10,3	2,0	82,3	13,4	4,3
Média	35,3	25,9	23,6	13,0	2,1	83,2	11,2	5,6
Fonte de variação	Valor de F							
PCa	0,80 ^{ns}	0,62 ^{ns}	0,88 ^{ns}	1,44 ^{ns}	0,93 ^{ns}	2,24 ^{ns}	1,96 ^{ns}	2,55 ^{ns}
CV (%)	13,13	16,04	15,56	31,06	46,87	4,03	26,98	30,61

¹ variável transformada pela equação $(x+0,5)^{1/2}$; ^{ns} não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade de erro.

Coloração

A coloração vermelha em maçãs é advinda da síntese e acúmulo de pigmentos antociânicos na epiderme dos frutos (SEYMOUR e MANNING, 2002), principalmente a cianidina 3-galactosídeo (YAMASAKI et al., 1996). Segundo AWAD et al. (2001), o aumento da penetração de luz dentro da copa das plantas, especialmente no estágio final do desenvolvimento dos frutos, pode estimular a maior síntese de pigmentos antociânicos, aumentando a intensidade e a superfície epidérmica dos frutos com coloração vermelha. Apesar do uso de proexadione cálcio determinar redução do desenvolvimento vegetativo, este fitorregulador não alterou a porcentagem de frutos de acordo com a coloração da epiderme de maçãs ‘Imperial Gala’ (Tabela 2.13), corroborando com resultados obtidos por Miller (2002) e Medjdoub et al. (2005) em macieiras ‘Royal Gala’ e ‘Law Rome’, respectivamente. Da mesma forma, o ciclo de produção não apresentou influência na coloração dos frutos, sendo verificado predomínio dos frutos nas classes de maior coloração. A ausência de resposta dos tratamentos e do ciclo de produção na coloração dos frutos deve-se à cultivar Imperial Gala, que é uma mutação somática da cultivar ‘Gala’ selecionada por apresentar maior desenvolvimento da coloração vermelha, mesmo quando os frutos se encontram em condições restritivas à luminosidade.

A coloração das maçãs 'Fuji Suprema' não foi avaliada neste estudo, em razão desta cultivar apresentar o desenvolvimento da coloração em toda a epiderme dos frutos, mesmo quando os frutos desenvolvem-se em regiões sombreadas da copa. Porém, Medjdoub et al. (2005) constataram que a coloração vermelha de maçãs 'Fuji' foi maximizada pelo uso de proexadione cálcio, particularmente quando utilizado este fitorregulador em duas aplicações de 125 ou 250 mg L⁻¹.

Tabela 2.13 Porcentagem de frutos de acordo com a coloração vermelha na epiderme de maçãs 'Imperial Gala' tratadas com proexadione cálcio nos ciclos 2008/2009 e 2009/2010. Fraiburgo, SC, 2010.

Proexadione cálcio (PCa)	Frutos de acordo com coloração vermelha da epiderme ¹					
	< 50%		≥ 50 e > 80 %		≥ 80%	
	2009	2010	2009	2010	2009	2010
	 %					
0 g ha ⁻¹	13,0	16,9	40,5	46,5	46,5	43,6
165 g ha ⁻¹	18,0	16,1	37,9	46,0	46,0	43,1
330 g ha ⁻¹	18,0	12,1	42,0	40,0	40,0	53,5
495 g ha ⁻¹	14,5	6,9	34,5	51,0	51,0	61,5
660 g ha ⁻¹	18,2	14,6	41,1	40,5	40,5	53,0
990 g ha ⁻¹	10,0	8,6	41,5	48,5	48,5	51,7
Média	13,9		42,5		48,3	
Fonte de variação			Valor de F			
PCa	1,44 ^{ns}		0,64 ^{ns}		0,87 ^{ns}	
Ano	2,14 ^{ns}		1,32 ^{ns}		1,80 ^{ns}	
PCa*Ano	0,60 ^{ns}		0,59 ^{ns}		0,56 ^{ns}	
CV (%)	46, 69		21,12		25,79	

¹ variável transformada pela equação $(x+0,5)^{1/2}$; ^{ns} não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade de erro.

Qualidade físico-química

O conteúdo de sólidos solúveis em maçãs das cultivares Imperial Gala e Fuji Suprema não se mostrou influenciado pela aplicação de proexadione cálcio, sendo evidenciadas apenas diferenças entre ciclos de produção, cujo maior desempenho foi evidenciado em 2009 (Tabela 2.14). As diferenças observadas entre anos no conteúdo de sólidos solúveis em maçãs 'Imperial Gala' e 'Fuji Suprema' podem ser atribuídas às diferenças na massa média dos frutos associadas às condições climáticas distintas entre os ciclos de produção. Em 2010, foi constatada a maior massa média dos frutos (Tabela 2.9) e o menor conteúdo de sólidos solúveis, sendo também observado o maior regime pluviométrico entre os ciclos produtivos, indicando que a diminuição do conteúdo de sólidos solúveis relaciona-se ao

aumento relativo do conteúdo de água nos frutos, determinando que os mesmos encontram-se mais diluídos nos frutos. Em macieiras 'Smoother Golden Delicious', Medjdoub et al. (2004) observaram que o único parâmetro afetado pelo uso do proexadione cálcio foi o conteúdo de sólidos solúveis. Em contrapartida, Spinelli et al. (2010) não observaram efeito da proexadione cálcio sobre o conteúdo de sólidos solúveis, firmeza de polpa e acidez titulável em maçãs 'Golden Delicious'. Miller (2002), avaliando o efeito do proexadione cálcio aplicado quando as brotações apresentavam entre 5 a 12 cm de comprimento, em macieiras 'Law Rome' enxertadas no porta-enxerto MM.111, observou que a concentração aplicada deste fitorregulador afetou o crescimento de ramos, porém não foi visualizado efeito no tamanho médio dos frutos e nos parâmetros de qualidade dos frutos (firmeza de polpa, sólidos solúveis e índice de degradação do amido). Este autor obteve respostas similares a estas quando avaliou o proexadione cálcio em macieiras 'Starkspur Golden Delicious' enxertadas em *seedlings* de macieira.

Para a acidez titulável em maçãs 'Imperial Gala' foi observada interação entre os fatores ano e proexadione cálcio (Tabela 2.14). Em 2009, a acidez titulável mostrou-se constante até a concentração de 216 g ha^{-1} de proexadione cálcio, onde em maiores concentrações deste fitorregulador observou-se redução da acidez titulável (Figura 2.14b). Em contrapartida, o uso de proexadione cálcio aplicado não alterou a acidez titulável em maçãs 'Imperial Gala' em 2010 (Figura 2.14b), da mesma forma ao verificado em maçãs 'Fuji Suprema' em ambos os anos avaliados (Tabela 2.14).

O ciclo de produção não apresentou efeito significativo sobre a firmeza de polpa e o índice de degradação de amido em maçãs 'Imperial Gala', porém estes atributos foram influenciados pelo uso de proexadione cálcio (Tabela 2.14). A firmeza de polpa apresentou resposta quadrática ao aumento da concentração de proexadione cálcio aplicada, sendo o menor desempenho para esta variável na concentração de 440 g ha^{-1} , com aumento da firmeza a partir desta concentração (Figura 2.14a).

Tabela 2.14 Conteúdo de sólidos solúveis, firmeza de polpa, acidez titulável e índice de degradação do amido em macieiras ‘Imperial Gala’ e ‘Fuji Suprema’ tratadas com proexadione cálcio nos ciclos 2008/2009 e 2009/2010. Fraiburgo, SC, 2010.

Proexadione cálcio (PCa)	‘Imperial Gala’							
	Sólidos solúveis		Firmeza de polpa		Acidez titulável		Índice degradação do amido	
	 %		 lb cm ⁻²		 meq mL		 Escala (1-9)	
	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010
0 g ha ⁻¹	11,1	12,7	17,0	16,4	4,1A	4,8A	6,0	6,7
165 g ha ⁻¹	11,3	12,6	16,3	16,6	4,0B	4,9A	7,2	6,4
330 g ha ⁻¹	10,9	12,7	16,1	15,9	4,0B	4,9A	7,6	7,4
495 g ha ⁻¹	11,0	12,9	16,3	16,4	3,9B	4,8A	7,5	7,2
660 g ha ⁻¹	11,1	12,6	15,9	16,2	4,0A	4,8A	8,3	7,4
990 g ha ⁻¹	11,3	12,7	16,9	17,4	3,2B	5,0A	6,5	6,1
Média	11,1B	12,7A	16,4		3,9	4,9	7,0	
Fonte de variação				Valor de F				
PCa	0,52 ^{ns}		3,05*		1,03 ^{ns}		4,13**	
Ano	386,71**		0,25 ^{ns}		89,08**		1,44 ^{ns}	
PCa*Ano	1,38 ^{ns}		0,66 ^{ns}		2,30*		0,87 ^{ns}	
CV (%)	3,65		6,66		13,10		19,86	
Proexadione cálcio (PCa)	‘Fuji Suprema’							
	Sólidos solúveis		Firmeza de polpa		Acidez titulável		Índice degradação do amido	
	 %		 lb cm ⁻²		 meq mL		 Escala (1-9)	
	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010
0 g ha ⁻¹	14,1	13,9	16,2	16,6	4,3	5,4	5,8	3,1
165 g ha ⁻¹	14,4	13,8	17,8	16,6	4,5	5,1	6,3	4,3
330 g ha ⁻¹	14,5	13,7	17,6	16,7	4,5	5,5	6,3	3,7
495 g ha ⁻¹	14,0	13,6	17,5	16,6	4,4	5,5	6,8	3,3
660 g ha ⁻¹	13,8	13,4	17,3	16,9	4,6	5,4	7,2	4,0
990 g ha ⁻¹	13,5	13,5	18,6	17,3	4,1	5,4	6,9	3,7
Média	14,1A	13,6B	17,5A	16,8B	4,4B	5,4A	6,6A	3,7B
Fonte de variação				Valor de F				
PCa	4,08 ^{ns}		1,48 ^{ns}		1,25 ^{ns}		2,61*	
Ano	14,08**		4,48*		139,22**		233,11**	
PCa*Ano	1,02 ^{ns}		0,56 ^{ns}		1,48 ^{ns}		1,38 ^{ns}	
CV (%)	4,20		10,69		8,90		19,98	

^{ns} não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade de erro; **, * significativo a 1% e a 5% de probabilidade de erro, respectivamente; Médias seguidas de letras maiúsculas distintas na linha e diferem significativamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro.

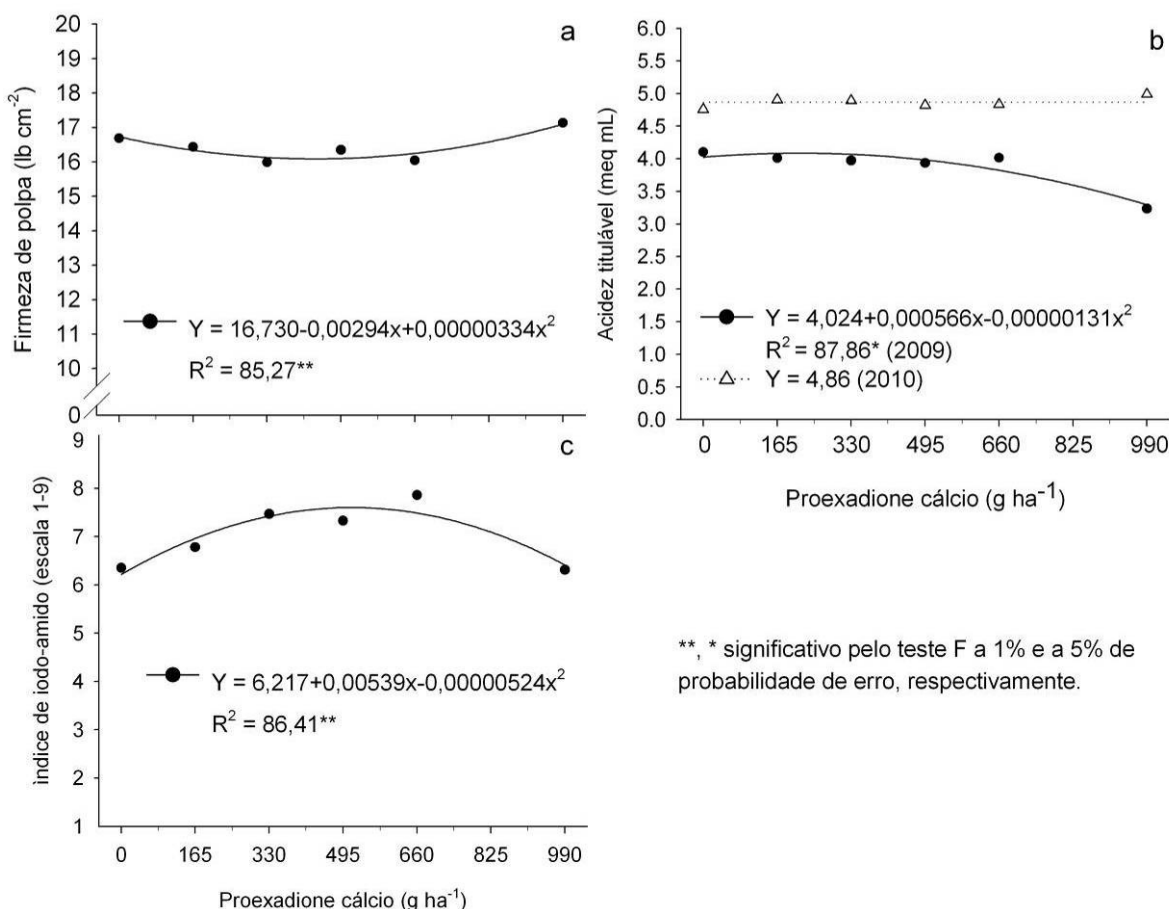
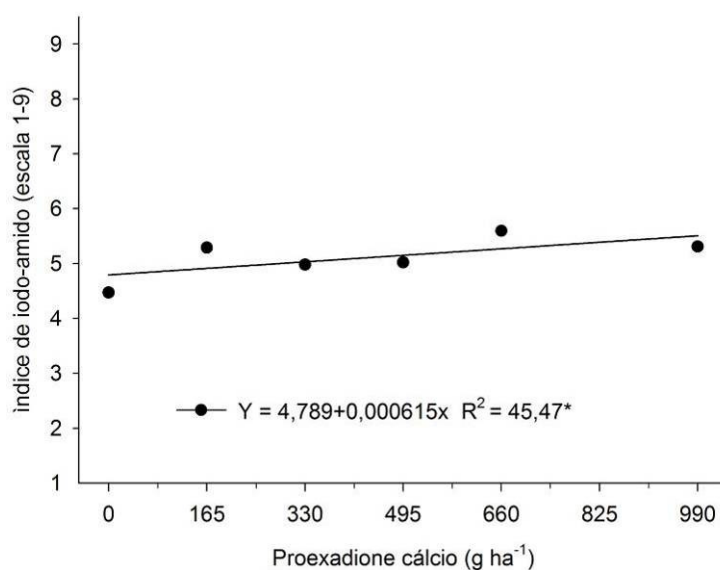


Figura 2.14 Efeito de aplicações de proexadone cálcio na firmeza de polpa (a), acidez titulável (b) e índice de degradação do amido (c) em maçãs ‘Imperial Gala’ nos ciclos 2008/2009 e 2009/2010. Fraiburgo, SC, 2010.

Igualmente a firmeza de polpa, o índice de degradação de amido apresentou resposta quadrática ao aumento de proexadone cálcio em macieiras ‘Imperial Gala’, porém a degradação de amido aumentou até a concentração de 514 g ha⁻¹, apresentando redução a partir deste limite (Figura 2.14c). Estes resultados indicam que o proexadone cálcio em concentrações variando de 330 a 660 g ha⁻¹ determinou aceleração da maturação, em virtude do aumento da degradação de amido e perda de firmeza de polpa neste intervalo de concentrações. Dentre os atributos de qualidade físico-química dos frutos, o índice de degradação do amido foi o único parâmetro afetado em maçãs ‘Fuji Suprema’ pelo uso de proexadone cálcio (Tabela 2.14), onde o aumento da concentração deste fitorregulador aplicada nas plantas determinou aumento linear do índice de degradação de amido (Figura 2.15). O aumento da degradação de amido e diminuição da firmeza de polpa observadas em alguns tratamentos de proexadone cálcio em maçãs ‘Imperial Gala’ e o aumento

da degradação de amido verificado em maçãs 'Fuji Suprema' pelo uso deste fitorregulador pode indicar que tais tratamentos induziram a aceleração da maturação. A maior relação entre carga de frutos e o desenvolvimento vegetativo observada em tais tratamentos pode ter aumentado a competição entre frutos por fotoassimilados ao final do período de crescimento dos frutos, resultando na aceleração da maturação dos mesmos, expressa pelo aumento da degradação de amido e diminuição da firmeza de polpa.



* significativo pelo teste F a 5% de probabilidade de erro.

Figura 2.15 Efeito de aplicações de proexadione cálcio no índice de degradação do amido em maçãs 'Fuji Suprema' tratadas com proexadione cálcio nos ciclos 2008/2009 e 2009/2010. Fraiburgo, SC, 2010.

Teores de macro e micronutrientes nos frutos

O efeito da aplicação de proexadione cálcio nos teores de nitrogênio na polpa de maçãs 'Imperial Gala' e 'Fuji Suprema' mostrou-se variável com o ciclo de produção (Tabelas 2.15 e 2.16). No ano de 2009, os teores de nitrogênio na polpa de maçãs 'Imperial Gala' e 'Fuji Suprema' não diferiram entre as diferentes concentrações de proexadione cálcio avaliadas. Em contrapartida, em 2010, a aplicação de 165 g ha⁻¹ a 330 g ha⁻¹ de proexadione cálcio aumentou significativamente os teores de N na polpa de maçãs 'Imperial Gala' e 'Fuji Suprema', respectivamente, em relação ao tratamento testemunha (Figura 2.16 e Figura 2.17).

Assim como o observado para o nitrogênio, o efeito do proexadione cálcio nos teores de fósforo em maçãs 'Imperial Gala' e 'Fuji Suprema' mostrou-se variável com o ciclo produtivo (Tabelas 2.15 e 2.16). Em 2009, foi evidenciada resposta quadrática nos teores de fósforo na polpa de maçãs 'Imperial Gala' frente ao aumento das concentrações de proexadione cálcio, sendo evidenciado o menor teor de fósforo nos frutos na concentração de 543 g ha^{-1} (Figura 2.16). Os frutos da cultivar Fuji Suprema apresentaram maiores teores de fósforo em concentrações variando de 165 a 330 g ha^{-1} (Figura 2.17). No ano de 2010, os teores de fósforo não foram influenciados pela aplicação de proexadione cálcio, onde os frutos apresentavam em média $141,9 \text{ mg kg}^{-1}$ e $148,3 \text{ mg kg}^{-1}$ de fósforo na polpa de maçãs 'Imperial Gala' e 'Fuji Suprema', respectivamente.

O teor de potássio na polpa de maçãs 'Imperial Gala' não foi influenciado pela aplicação de proexadione cálcio, sendo os maiores teores para este nutriente observados em 2009 (Tabela 2.15). Em maçãs 'Fuji Suprema', o efeito de proexadione cálcio no teor de potássio da polpa foi variável entre os anos avaliados (Tabela 2.16). Em 2009, o aumento da concentração de proexadione cálcio determinou aumento do teor de potássio na polpa de maçãs 'Fuji Suprema', sendo o maior teor observado com a aplicação de 721 g ha^{-1} (Figura 2.17), não sendo observado efeito deste fitorregulador em 2010.

O teor de magnésio na polpa de maçãs 'Imperial Gala' foi influenciado pelo ano e pela aplicação de proexadione cálcio (Tabela 2.15). Os maiores teores de cálcio foram evidenciados no ano de 2009, e quando utilizado proexadione cálcio em concentrações variando de 165 a 330 g ha^{-1} . Na cultivar Fuji Suprema, o efeito de proexadione cálcio foi variável entre anos (Tabela 2.16). Em 2009, não houve diferenças significativas entre as concentrações de proexadione cálcio aplicadas quanto ao teor de magnésio na polpa de maçãs 'Fuji Suprema' (Figura 2.17). No ano seguinte, o aumento das concentrações de proexadione cálcio determinou diminuição dos teores de magnésio na polpa dos frutos até a concentração de 575 g ha^{-1} deste fitorregulador, apresentando aumento dos teores após este limite.

Tabela 2.15 Teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e relação N/Ca, K/Ca e (K+Ca/Mg) na polpa de maçãs provenientes de macieiras ‘Imperial Gala’ tratadas com proexadione cálcio nos ciclos 2008/2009 e 2009/2010. Fraiburgo, SC, 2010.

Proexadione	N		P		K		Ca		Mg	
cálcio	g kg ⁻¹									
(PCa)	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010
0 g ha ⁻¹	367,0A	314,9B	179,4A	139,9B	1135,5	957,7	57,1	51,7	48,1	33,7
165 g ha ⁻¹	370,3A	351,0A	150,1A	138,8B	1112,9	952,3	59,0	52,8	49,2	33,5
330 g ha ⁻¹	323,3B	382,3A	154,2A	150,1A	1102,3	966,3	65,4	56,7	54,0	38,9
495 g ha ⁻¹	361,9A	350,5A	171,4A	134,5B	1081,5	980,4	66,5	53,1	52,0	33,0
660 g ha ⁻¹	383,9A	338,4B	122,8A	135,8A	1102,8	1005,3	58,1	54,1	44,8	30,6
990 g ha ⁻¹	358,4A	370,9A	172,1A	150,9B	1013,4	925,1	64,0	55,3	53,6	39,6
Média	360,8	351,3	158,3	141,7	1091,4A	964,5B	61,7A	54,0B	50,3A	34,9B
Fonte de variação						Valor de F				
PCa	0,64 ^{ns}		7,45**		1,01 ^{ns}		1,90 ^{ns}		5,28**	
Ano	1,32 ^{ns}		22,47**		25,50**		23,28**		157,41**	
PCa*Ano	4,06**		5,64**		0,28 ^{ns}		0,69 ^{ns}		0,36 ^{ns}	
CV (%)	12,56		12,41		13,16		14,76		15,31	
Proexadione	N/Ca				K/Ca		(K+Ca/Mg)			
cálcio	-									
(PCa)	2009	2010		2009	2010		2009	2010		
0 g ha ⁻¹	6,5	3,1		20,1	18,9		21,0			19,5
165 g ha ⁻¹	6,9	2,7		20,9	18,2		21,8			18,9
330 g ha ⁻¹	5,0	2,5		17,0	17,4		17,8			18,1
495 g ha ⁻¹	5,5	3,0		16,4	18,7		17,2			19,3
660 g ha ⁻¹	6,7	3,0		19,2	18,9		20,0			19,5
990 g ha ⁻¹	5,7	2,6		16,2	17,2		17,0			17,9
Média	6,0A	2,8B			18,3				19,0	
Fonte de variação						Valor de F				
PCa	3,35 ^{ns}				1,83 ^{ns}				0,71 ^{ns}	
Ano	254,22**				0,01 ^{ns}				0,15 ^{ns}	
PCa*Ano	1,74 ^{ns}				0,79 ^{ns}				0,88 ^{ns}	
CV (%)	24,59				22,62				22,20	

^{ns} não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade de erro; ** significativo a 1% de probabilidade de erro; Médias seguidas de letras maiúsculas distintas na linha, dentro de mesmo nutriente, diferem significativamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro.

A aplicação de proexadione cálcio não alterou o conteúdo de cálcio na polpa de maçãs ‘Imperial Gala’, onde o maior teor para este nutriente foi observado em 2009 (Tabela 2.15). O maior conteúdo de cálcio evidenciado no ano de 2009 pode ser justificado pela menor massa média dos frutos observada neste ano. Segundo Basso (2006), o maior aporte de cálcio nos frutos ocorre durante a fase de divisão celular, porém ocorre a diminuição da concentração de cálcio ao longo do crescimento do fruto devido à rápida expansão do fruto, cuja taxa de crescimento

não é acompanhada pelo aporte de cálcio, visto haver maior capacidade transpiratória da massa foliar que compete com os frutos pelo cálcio transportado no xilema. Ainda assim, em ambos os ciclos de produção os teores de cálcio em maçãs ‘Imperial Gala’ mostraram-se superiores a 51,7 mg kg⁻¹.

Tabela 2.16 Teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e relação N/Ca, K/Ca e (K+Ca/Mg) na polpa de maçãs provenientes de macieiras ‘Fuji Suprema’ tratadas com proexadione cálcio nos ciclos 2008/2009 e 2009/2010. Fraiburgo, SC, 2010.

Proexadione cálcio (PCa)	N		P		K		Ca		Mg	
	g kg ⁻¹									
	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010
0 g ha ⁻¹	346,9A	333,7A	150,3A	138,9A	835,9A	901,7A	41,2	37,1	42,6A	25,3B
165 g ha ⁻¹	321,3B	379,5A	152,2A	152,1A	896,0A	763,6B	41,1	41,9	48,6A	23,9B
330 g ha ⁻¹	344,3A	336,9A	159,2A	146,1A	911,8A	859,1A	42,0	42,9	40,3A	24,2B
495 g ha ⁻¹	350,2A	292,3A	150,7A	143,6A	886,9A	863,8A	42,4	43,7	41,6A	22,0B
660 g ha ⁻¹	343,7A	337,9A	139,6B	167,4A	988,7A	813,3B	38,4	37,7	48,7A	22,8B
990 g ha ⁻¹	331,0A	343,4A	151,3A	141,0B	918,8A	856,0B	46,0	48,0	46,6A	24,2B
Média	339,6	337,3	150,5	148,2	906,4	842,9	41,9		44,7	23,7
Fonte de variação					Valor de F					
PCa	1,31 ^{ns}		0,97 ^{ns}		0,98 ^{ns}		2,27*		3,32**	
Ano	0,18 ^{ns}		0,66 ^{ns}		9,88**		0,01 ^{ns}		563,87**	
PCa*Ano	4,92**		3,12*		2,83*		0,30 ^{ns}		3,56**	
CV (%)	11,35		11,82		12,55		21,65		14,08	
Proexadione cálcio (PCa)	N/Ca		K/Ca		(K+Ca/Mg)					
	-									
	2009	2010	2009	2010	2009	2010				
0 g ha ⁻¹	9,0	9,3	21,2	24,8	22,2	25,6				
165 g ha ⁻¹	7,9	9,7	22,3	19,0	23,6	19,5				
330 g ha ⁻¹	8,5	8,0	22,1	20,5	23,1	21,0				
495 g ha ⁻¹	9,1	7,8	22,1	20,9	23,2	21,5				
660 g ha ⁻¹	9,3	9,1	23,9	21,9	27,7	22,5				
990 g ha ⁻¹	7,8	7,6	21,4	18,6	22,4	19,1				
Média		8,6		21,6	23,7A	21,5B				
Fonte de variação					Valor de F					
PCa	1,59 ^{ns}		0,97 ^{ns}		1,91 ^{ns}					
Ano	0,01 ^{ns}		1,56 ^{ns}		5,60*					
PCa*Ano	1,33 ^{ns}		1,08 ^{ns}		1,80 ^{ns}					
CV (%)	23,55		24,81		22,03					

^{ns} não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade de erro; ** significativo a 1% de probabilidade de erro; Médias seguidas de letras maiúsculas distintas na linha, dentro de mesmo nutriente, diferem significativamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro.

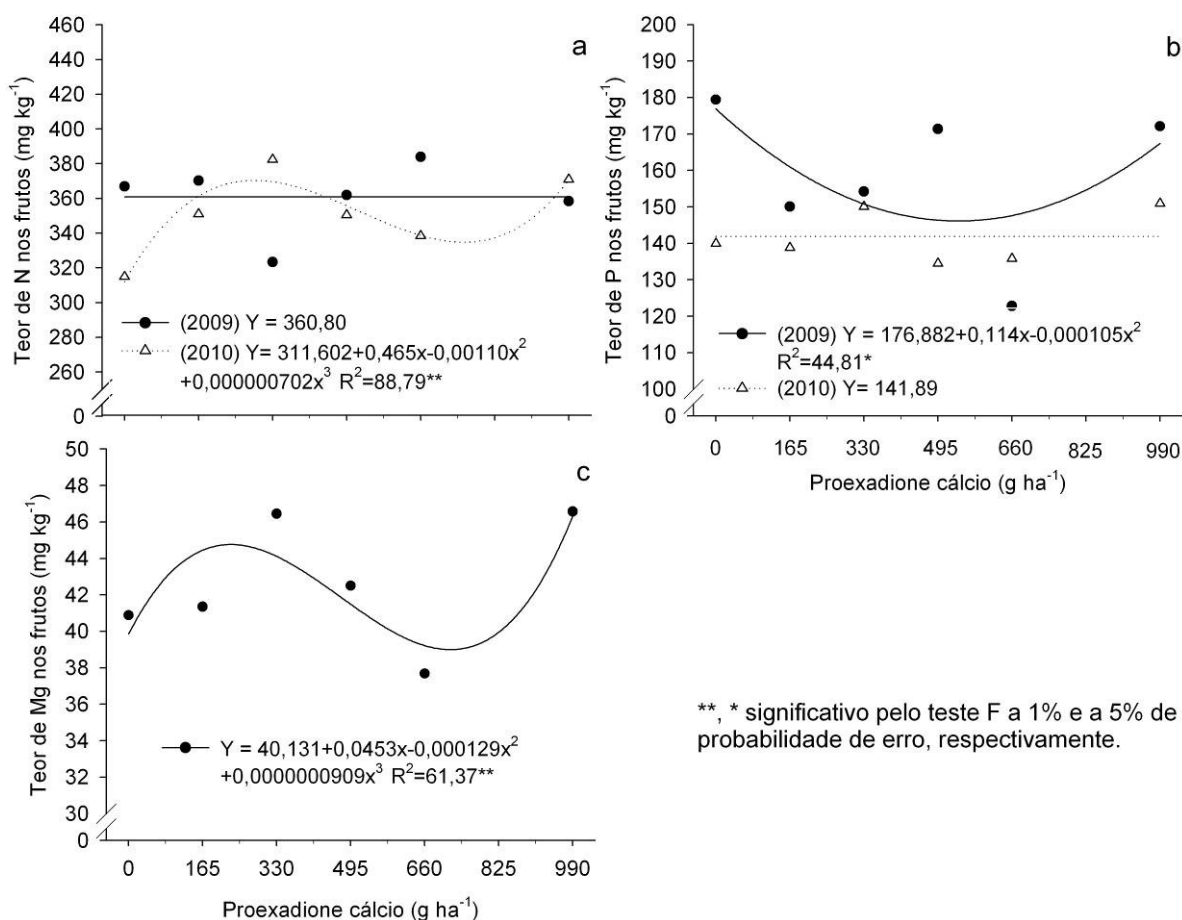


Figura 2.16 Efeito de diferentes concentrações de proexadione cálcio nos teores de nitrogênio (a), fósforo (b) e magnésio (c) na polpa fresca de maçãs ‘Imperial Gala’, nos ciclos 2008/2009 e 2009/2010. Fraiburgo, SC, 2010.

Não foram observadas diferenças entre anos no teor de cálcio da polpa de maçãs ‘Fuji Suprema’ (Tabela 2.16), entretanto a aplicação de proexadione cálcio aumentou significativamente a concentração de cálcio nos frutos, a exceção da aplicação com 660 g ha^{-1} (Figura 2.17). O aumento dos teores de cálcio na polpa de maçãs ‘Fuji Suprema’ pode ser justificado pela restrição do desenvolvimento vegetativo proporcionado pelo proexadione cálcio. Segundo Basso (2006) e Fallahi et al. (2006), práticas culturais que promovem desenvolvimento vegetativo abundante induzem a maior competição entre frutos e estruturas vegetativas da planta por cálcio, em detrimento ao aporte deste nutriente nos frutos. De acordo com este autor, durante a divisão celular dos frutos, estes recebem grande suprimento de água e nutrientes através do xilema decorrentes de sua atividade fotossintética, ocorrendo grande aporte de cálcio nos frutos nesta fase. Após a divisão celular, o

crescimento dos frutos depende da água e de metabólitos da fotossíntese transportados via floema, onde o cálcio apresenta baixa mobilidade. Considerando que o maior aporte de cálcio é observado nas estruturas vegetativas da plantas, em razão destas estruturas apresentarem maiores taxas transpiratórias (BASSO, 2006) e pelo cálcio apresentar baixa mobilidade via floema, o controle do desenvolvimento vegetativo proporcionado pelo proexadione cálcio mostrou-se favorável ao aumento dos teores de cálcio na polpa de maçãs 'Fuji Suprema'.

O desenvolvimento de determinados distúrbios durante o crescimento dos frutos e/ou na pós-colheita, como o 'bitter pit', tem sido relacionados à composição mineral dos frutos, sobretudo relacionados a baixas concentrações de cálcio e alta relação K/Ca e N/Ca (FERGUSON et al., 1999). No presente estudo, o uso de proexadione cálcio não influenciou as relações entre os nutrientes N/Ca, K/Ca e (K+Ca/Mg) na polpa de maçãs 'Imperial Gala' e 'Fuji Suprema' (Tabelas 2.15 e 2.16). A deficiência de cálcio pode reduzir a integridade da estrutura da parede celular e comprometer a permeabilidade seletiva das membranas celulares, resultando em injúria e necrose dos tecidos (CHARDONNET et al., 2003; SAURE, 2005). Os baixos teores de cálcio nos frutos induzem a ocorrência do 'bitter pit', onde este distúrbio é agravado pela existência de altos teores de Mg, K e N (FERGUSON e WATKINS, 1989; ARGENTA e SUZUKI, 1994; PAVICIC et al., 2004; AMARANTE et al., 2006). De acordo com Amarante et al. (2010), níveis moderados a elevados de incidência e severidade de 'bitter pit' foram observados em maçãs onde, concomitantemente, os teores de Ca foram menores do que 36 mg kg^{-1} , e os teores de N foram maiores do que 500 mg kg^{-1} . No presente estudo, nenhum dos ciclos de produção, cultivares e tratamentos com proexadione cálcio estudados determinou tais condições em relação aos teores de cálcio e nitrogênio nos frutos, a qual pudessem aumentar a possibilidade de ocorrência de 'bitter pit'.

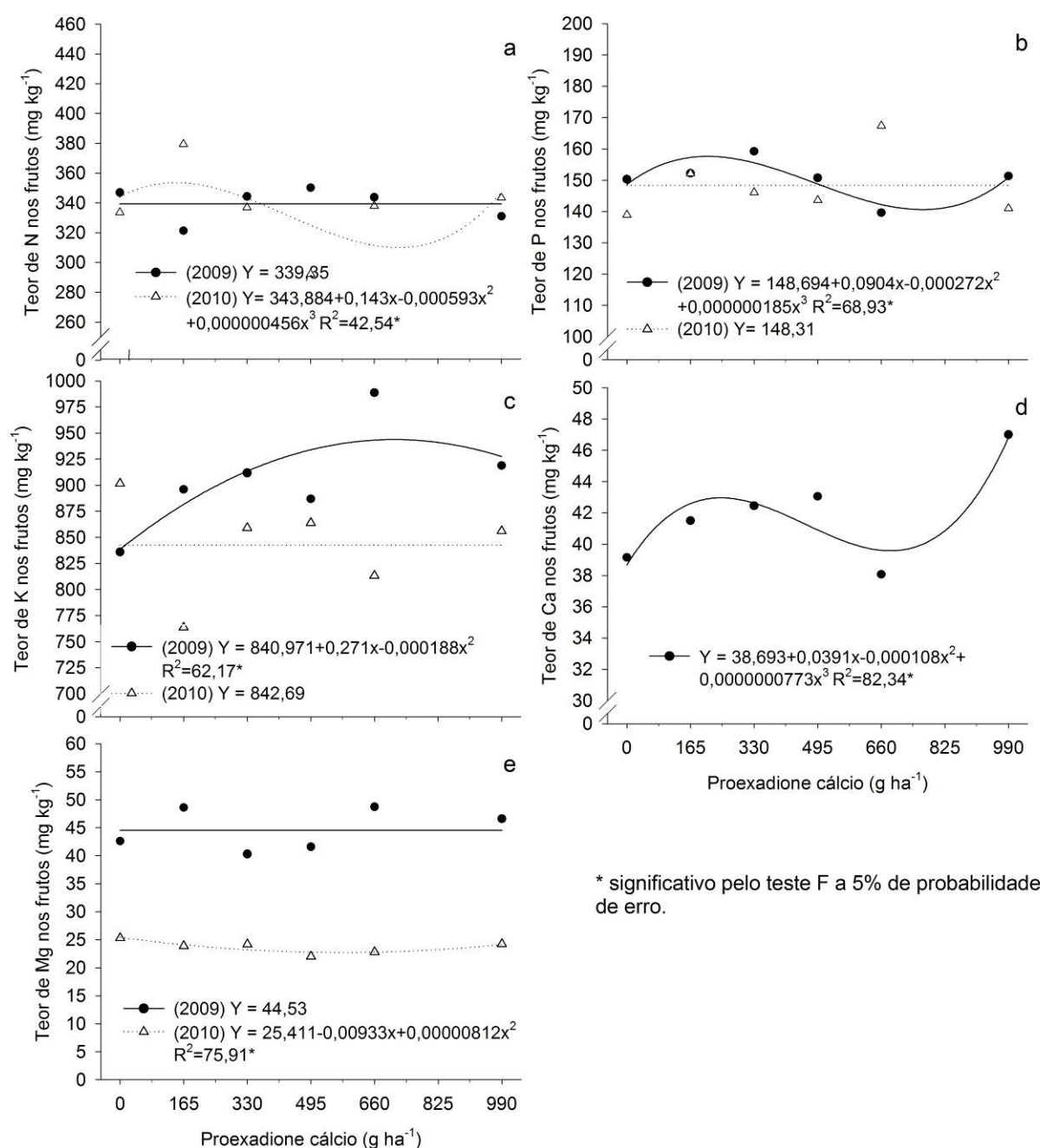


Figura 2.17 Efeito de diferentes concentrações de proexadone cálcio nos teores de nitrogênio (a), fósforo (b), potássio (c), cálcio (d) e magnésio (e) na polpa fresca de maçãs ‘Fuji Suprema’, nos ciclos 2008/2009 e 2009/2010. Fraiburgo, SC, 2010.

2.4 Conclusões

O proexadone cálcio foi eficiente no controle do desenvolvimento vegetativo de macieiras ‘Imperial Gala’ e ‘Fuji Suprema’ enxertadas sobre Marubakaido/M9,

reduzindo a massa total e a massa média de ramos, assim como o comprimento médio dos ramos, nas condições climáticas do Sul do Brasil.

O uso de proexadione cálcio em concentrações variando de 165 a 330 g ha⁻¹ aumentou a produção de maçãs 'Imperial Gala'.

A aplicação de altas concentrações de proexadione cálcio tende a reduzir a produção de frutos por planta, sobretudo em macieiras 'Fuji Suprema'.

A coloração de maçãs 'Imperial Gala' não foi influenciada pela aplicação de proexadione cálcio.

A redução do desenvolvimento vegetativo pelo uso do proexadione cálcio contribuiu para o aumento dos teores de cálcio em maçãs 'Fuji Suprema'.

2.5 Referências Bibliográficas

- AMARANTE, C.V.T.; CHAVES, D.V.; ERNANI, P.R. Análise multivariada de atributos nutricionais associados ao "bitter pit" em maçãs 'Gala'. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 5, p. 841-846, 2006.
- AMARANTE, C.V.T.; STEFFENS, C.A.; ERNANI, P.R. Identificação pré-colheita do risco de ocorrência de "bitter pit" em maçãs 'Gala' por meio de infiltração com magnésio e análise dos teores de cálcio e nitrogênio nos frutos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, n. 1, p. 27-34, 2010.
- ARGENTA, L.C.; SUZUKI, A. Relação entre teores minerais e frequência de bitter pit em maçã cv. Gala no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 16, n. 1, p. 267-277, 1994.
- ASÍN, L.; ALEGRE, S.; MONTSERRAT, R. Effect of paclobutrazol, proexadione-Ca, deficit irrigation, summer pruning and root pruning on shoot growth, yield, and return bloom, in a 'Blanquilla' pear orchard. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 113, p. 142-148, 2007.
- ASÍN, L.; DALMAU, R.; BONANY, J.; PAGES, J.M.; VILARDELL, P. Effect of Proexadione-Ca on growth regulation, yield, fruit set and return bloom in 'Blanquilla' and 'Conference', the two main cultivars in Spain. **Acta Horticulturae**, Stellenbosch, v. 671, p. 525-532, 2005.
- AWAD, M.A.; WAGENMAKERS, P.S.; JAGER, A. Effects of light on avonoid and chlorogenic acid levels in the skin of 'Jonagold' apples. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.88, p. 289-298, 2001.

- BASAK, A. Growth and fruiting of “Elstar” apple trees in response to prohexadione calcium depending on the rootstock. **Acta Horticulturae**, Seoul, v. 653, p. 117-126, 2004.
- BASAK, A.; KRZEWIŃSKA, D. Effect of prohexadione-ca (Regalis®) on the effectiveness of NAA and BA used for fruitlet thinning in apple trees. **Acta Horticulturae**, Saltillo, v. 727, p. 139-144, 2006.
- BASAK, A.; RADEMACHER, W. Growth regulation of pome and stone fruit trees by use of proexadione-Ca. **Acta Horticulturae**, Brussels, v. 514, p. 41-51, 2000.
- BASSO, C. Distúrbios Fisiológicos. In: EPAGRI. **Manual da cultura da macieira**. Florianópolis, 2006. p. 609- 636.
- BENDER, R. J. & EBERT, A. Determinação do ponto de colheita de cultivares de macieira. **Teste iodo amido**. Florianópolis, EMPASC, 1985. 6p.
- BYERS, R.E.; YODER, K.S. Prohexadione-calcium inhibits apple, but not peach, tree growth, but has little influence on apple fruit thinning or quality. **HortScience**, Alexandria, v. 34, p. 1685-1699, 1999.
- CAMILO, A. P.; DENARDI, F. Efeito do Carbaryl sobre o 'russeting' da maçã (*Malus domestica* Borkh.), cultivares 'Gala', 'Fuji' e 'Golden Delicious'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 3, p. 580-583, 2001.
- CAMILO, A.P.; DENARDI, F. Cultivares: Descrição e comportamento no sul do Brasil. In: EPAGRI. **A cultura da macieira**. Florianópolis: Epagri, 2006, p. 113-168.
- CHARDONNET, C.O.; CHARRON, C.S.; SAMS, C.E.; CONWAY, W.S. Chemical changes in the cortical tissue and cell walls of calcium-infiltrated 'Golden Delicious' apples during storage. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 28, n. 1, p. 97-111, 2003.
- CLINE, J.A; EMBREE, C.G.; HEBB, J.; NICHOLS, D.S. Performance of prohexadione-calcium on shoot growth and fruit quality of apple - Effect of spray surfactants. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 88, n.1, p. 165-174, 2008.
- DAYATILAKE, G.A.; WÜNSCHE, J.N.; WOOD, P.; MCARTNEY, S.; MANKTELOW, D.; LO, P., GURNSEY, S; TUSTIN, D.S. The use of prohexadione-Ca for improved crop management. **Acta Horticulturae**, Coolum, v. 694, p. 315-319, 2005.
- DECKERS, T.; SCHOOF, H.; SMOLDERS, E. Natural or chemical growth regulation in pear. **Acta Horticulturae**, Stellenbosch, n. 671, p. 503-516, 2005.

- EBERT, A.; PETRI, J.L.; BENDER, R.J.; BRAGA, H.J. First experiences with chill units models in southern Brazil. **Acta Horticulturae**, Hague, v. 184, p. 9-96, 1986.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA/SOLOS, 2006. 306p.
- EVANS, J.R.; EVANS, R.R.; REGUSCI, C.L.; RADEMACHER, W. Mode of action, metabolism, and uptake of BAS-125W, prohexadione-calcium. **HortScience**, Alexandria, v. 34, p. 1200-1201, 1999.
- FALLAHI, E.; FALLAHI, B.; RETAMALES, J. B.; TABATABAEI, S. J.; VALDES, C. Prediction of apple fruit quality using preharvest mineral nutrients. **Acta Horticulturae**, Talca, v. 721, p. 259-264, 2006.
- FAUST, M. Physiological considerations for growing temperate-zone fruit crops in warm climates. In.: **Temperate fruits crop in warm climates**. Boston, London: Kluwer Academic Publishers, 2000. p. 305-342.
- FERGUSON, I.; VOLZ, R.; WOOLF, A. Preharvest factors affecting physiological disorders of fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 15, p. 255-262, 1999.
- FERGUSON, I.B.; WATKINS, C.B. Bitter-pit in apple fruit. **Horticultural Reviews**, Westport, v. 11, p. 289-355, 1989.
- GREENE, D.W. Tree growth management and fruit quality of apple trees treated with Prohexadione-Calcium (BAS-125). **HortScience**, Alexandria, v. 34, p. 1209-1212, 1999.
- IUCHI, V.L.; IUCHI, T. Descrição dos distúrbios fisiológicos da macieira. In: IUCHI, V.L.; NAVA, G.; IUCHI, T. **Distúrbios fisiológicos e desequilíbrios nutricionais em macieira**. Florianópolis: Epagri/Jica, 2001. p. 12-61.
- JOHNSON, R.S.; HANDLEY, D.F. Thinning response of early, mid-, late-season peaches. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Mount Vernon, v. 114, p. 852-855, 1989.
- MEDJDOUB, R.; VAL, J.; BLANCO, A. Inhibition of vegetative growth in red apple cultivars using prohexadione-calcium. **Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, Kent, v. 2, p. 63-271, 2005.
- MEDJDOUB, R.; VAL, J.; BLANCO, A. Prohexadione-Ca inhibits vegetative growth of 'Smoothie Golden Delicious' apple trees. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 101, p. 243-253, 2004.

- MEINTJES, J.J.; STASSEN, P.; THERON, K.J. The effects of different rates of Prohexadione-calcium and girdling on shoot growth and fruit quality when applied to different pear cultivars. **Acta Horticulturae**, Stellenbosch, v. 671, p. 539-546, 2005.
- MILLER, S.S. Prohexadione-calcium controls vegetative shoot growth in apple. **Journal of Tree Fruit Production**, Binghamton, v. 31, n. 1, p. 11-28, 2002.
- OWENS, C.L.; STOVER, E. Vegetative growth and flowering of young apple trees in response to prohexadione-calcium. **HortScience**, Alexandria, v. 34, n. 7, p. 1194-1196, 1999.
- PAULSON, G.S.; HULL, L.A.; BIDDINGER, D.J. Effect of a plant growth regulator prohexadione-calcium on insect pests of apple and pear. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 98, p. 423-431, 2005.
- PAVICIC, N.; JEMRIC, T.; KURTANJEK, Z.; COSIC, T.; PAVLOVIC, I.; BLASKOVIC, D. Relationship between water-soluble Ca and other elements and bitter pit occurrence in 'Idared' apples: a multivariate approach. **Annals of Applied Biology**, London, v. 145, n. 2, p. 193-196, 2004.
- PETRI, J.L. Fatores edafoclimáticos. In: EPAGRI. **A cultura da macieira**. Florianópolis: Epagri, 2006, p. 105-112.
- PRIVÉ, J.P.; CLINE, J.; FAVA, A. Influence of prohexadione calcium (Apogee®) on shoot growth of non-bearing mature apple trees in two different growing regions. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 86, n. 1, p. 227-233, 2006.
- PRIVÉ, J. P. FAVA, E., CLINE, J. E., BYL, M. Preliminary results on the efficacy of apple trees fruit with the growth retardant Prohexadione–Calcium (Apogee) in the Eastern Canada. **Acta Horticulturae**, Toronto, v. 636, p. 137-144, 2004.
- RADEMACHER, W. Growth retardants: effects on gibberelin biosynthesis and other metabolic pathways. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 51, p. 501-531, 2000.
- RADEMACHER, W. Prohexadione-Ca – A new plant bioregulator for use in apple production. In: Encontro sobre Fruticultura de Clima Temperado, 11, 2009, Fraiburgo, SC, **Anais...** Caçador: Epagri, v.1 (Palestras), 2009, p. 1-10.
- RADEMACHER, W.; SPINELLI, F.; COSTA G. Prohexadione-Ca: Modes of action of a multifunctional plant bioregulator for fruit trees. **Acta Horticulturae**, Saltillo, v. 727, p. 97-106, 2006.

- SANHUEZA, R.M.V.; PROTAS, J.F.S.; FREIRE, J.M.. **Manejo da Macieira no Sistema de Produção Integrada de Frutas**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2006. 164p.
- SAS INSTITUTE INC. **Base SAS® Procedures Guide**, Cary, NC: SAS Institute Inc., 2004. 1861p.
- SAURE, M.C. Calcium translocation to fleshy fruit: its mechanism and endogenous control. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 105, n. 1, p. 65-89, 2005.
- SEYMOUR, G. B.; MANNING, K. Genetic control of fruit ripening. In: Knee, M. **Fruit quality and its biological basis**. Ohio, 2002. p. 253-274.
- SHARMA, S.; REHALIA, A.S.; SHARMA, S.D. Vegetative growth restriction in pome and stone fruits – A review. **Agricultural Reviews**, New Delhi, v. 30, n. 1, p. 13-23, 2009.
- SOLTÉSZ, M. **Apple**. In: KOZNA, P.; NYÉKI, J.; SOLTÉSZ, M.; SZABO, Z. *Floral Biology, Pollination and Fertilisation Zone Fruit Species and Grape*. Akadémia Kiadó, Budapest, 2003. p. 237-316.
- SPINELLI, F.; RADEMACHER, W.; SABATINI, E.; COSTA, G. Reduction of scab incidence (*Venturia inaequalis*) in apple with prohexadione-Ca and trinexapac-ethyl, two growth regulating acylcyclohexanediones. **Crop Protection**, Surrey, v. 29, p. 691-698, 2010.
- SUGAR, D.; ELFING, D.C.; MIELKE, E.A. Effects of prohexadione-calcium (Apogee™) on blossoming, production and fruit quality in pear. **Acta Horticulturae**, Ferrara-Bologna, v. 596, p. 757-760, 2002.
- SUZUKI, A.; BASSO, C. Fertilidade do solo e nutrição da macieira. In: EPAGRI. **Manual da cultura da macieira**. Florianópolis: Epagri, 2006, p. 341-381.
- TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p. (Boletim técnico, 5).
- TROMP, J.; WERTHEIM, S.J. Fruit growth and development. In: TROMP, J.; WEBSTER, A.D.; WERTHEIM, S.J. **Fundamentals of Temperate Zone Tree Fruit Production**. Backhuys Publishers Leiden. The Netherlands, 2005. p. 240-266.
- UNRATH, C.R. Prohexadione-Ca: a promising chemical for controlling vegetative growth of apples. **HortScience**, Alexandria, v. 34, p. 1197-1200, 1999.

- WEBSTER, A.D. Shoot growth. In: TROMP, J.; WEBSTER, A.D.; WERTHEIM, S.J. **Fundamentals of Temperature Zone Tree Fruit Production**. Backhuys Publishers. Leiden, The Netherlands, 2005. p. 120-135.
- YAMASAKI, H.; UEFUJI, H.; SAKIHAMA, Y. Bleaching of the red anthocyanin induced by superoxide radical. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, New York, v. 332, p. 183-186, 1996.
- YAMAGUCHI, M.; HAJI, T.; MIYAKE, M.; YAEGAKI, H. Varietal difference in cell division and enlargement periods during peach (*Prunus persica* Batsch) fruit development. **Journal of Japanese Society for Horticultural Science**, Tokyo, v. 71, p. 155-163, 2002.

3. Proexadione cálcio no controle do desenvolvimento vegetativo e na produção de pereiras 'Hosui' no Sul do Brasil

3.1 Introdução

Apesar da pereira (*Pyrus* spp.) ser amplamente cultivada no mundo, com produção estimada em 21 milhões de toneladas no ano de 2008 (FAOSTAT, 2010), seu cultivo no Brasil é reduzido, cuja produção nacional representa apenas 12,4% da demanda interna da fruta estimada em 150 mil toneladas ao ano (NAKASU et al., 2008).

O reduzido cultivo da pereira no Brasil é advindo de problemas técnicos relacionados à baixa produtividade, devido a diversos fatores dos quais destaca-se a baixa frutificação efetiva e o prolongado período juvenil nas condições edafoclimáticas do país. A utilização de porta-enxertos vigorosos associado ao longo período de desenvolvimento vegetativo observado nas condições climáticas do Sul do Brasil tendem a maximizar o problema da frutificação (LEITE et al., 2008), devido ao aumento excessivo do desenvolvimento vegetativo das plantas que afeta drasticamente a diferenciação e formação de gemas floríferas, dada a diminuição da exposição das gemas à luz e a formação de fortes drenos vegetativos. O crescimento vigoroso da parte aérea reduz a distribuição da luz no interior da copa (PRIVÉ et al. 2004), afetando negativamente a qualidade dos frutos e o controle de doenças, além de aumentar a necessidade de mão-de-obra para realização da poda.

A eficiência produtiva e a qualidade de frutos em frutíferas temperadas podem ser maximizadas pelo adequado balanço entre o desenvolvimento vegetativo e o reprodutivo das plantas (SHARMA et al., 2009). Várias práticas fitotécnicas podem ser implementadas no manejo de frutíferas visando o controle do desenvolvimento vegetativo, podendo ser destacadas a poda, o uso de porta-enxertos de menor vigor e a aplicação de fitorreguladores. No Brasil, os estudos relacionados ao uso de porta-enxertos ananizantes são recentes, existindo poucas opções disponíveis na produção comercial de pereiras no país, sobretudo para pereiras asiáticas. Considerando a necessidade de racionalização de custos de produção a fim de viabilização econômica, a intensificação dos trabalhos de poda, visando restringir o desenvolvimento vegetativo das plantas, pode aumentar consideravelmente os custos de produção no manejo da cultura da pereira. Neste sentido, o uso de fitorreguladores destaca-se como uma das técnicas mais eficientes e com menor custo para controlar o desenvolvimento vegetativo em pomáceas (SHARMA et al., 2009).

Dentre as substâncias com capacidade de restringir o desenvolvimento vegetativo de pomáceas, insere-se o proexadione cálcio (cálcio 3-óxido-4-propionil-5-oxo-3-ciclohexano carboxilato). O proexadione cálcio é um novo regulador de crescimento que inibe as etapas finais da biossíntese de giberelinas, reduzindo o desenvolvimento vegetativo das plantas (KIM et al., 2007), apresentando rápido catabolismo metabólico (EVANS et al., 1997), baixa toxicidade e persistência limitada (OWENS e STOVER, 1999). De acordo com Rademacher et al. (2006), a translocação de forma acrópeta no xilema traz como benefício o controle efetivo do desenvolvimento vegetativo em distintas partes da planta e, devido a sua baixa persistência e rápido metabolismo nas plantas, pouco ou nenhum resíduo é encontrado nos frutos. Segundo Rademacher e Kober (2003), tais características conferem reduzidos riscos aos consumidores e ao ambiente pelo uso deste fitorregulador.

Trabalhos realizados por Costa et al. (2002), Theron et al. (2002), Costa et al. (2004), Maas (2005) e Smit et al. (2005) mostram a efetividade do proexadione cálcio na redução do desenvolvimento vegetativo em diferentes cultivares de pereira. Tendo em vista a reduzida disponibilidade de informações sobre o uso deste fitorregulador no manejo de pomáceas no Brasil, e os benefícios advindos do emprego desta tecnologia, a realização de pesquisas desta natureza torna-se imprescindíveis ao desenvolvimento da cultura da pereira nas condições climáticas do Sul do Brasil. Assim, o objetivo do trabalho foi avaliar o controle do desenvolvimento vegetativo e a capacidade produtiva de pereiras 'Hosui' em resposta ao uso de proexadione cálcio, nas condições climáticas do Sul do Brasil.

3.2 Material e Métodos

O experimento foi realizado em pomar do Centro Agropecuário da Palma, Universidade Federal de Pelotas, localizado no município de Capão do Leão/RS (latitude 31°48', longitude 52°30' e altitude de 58 metros), durante o ciclo 2009/2010. Segundo a classificação climática de Köppen, a região em estudo apresenta clima Cfa, subtropical úmido com precipitação média anual de 1367 mm, temperatura média anual de 17,8°C, umidade relativa média anual de 80,7% e média de 238 horas de frio (HF) abaixo de 7,2°C durante o inverno. As médias mensais das temperaturas máximas e mínimas, e a precipitação pluvial mensal observada ao longo da execução do experimento encontram-se na Figura 3.1.

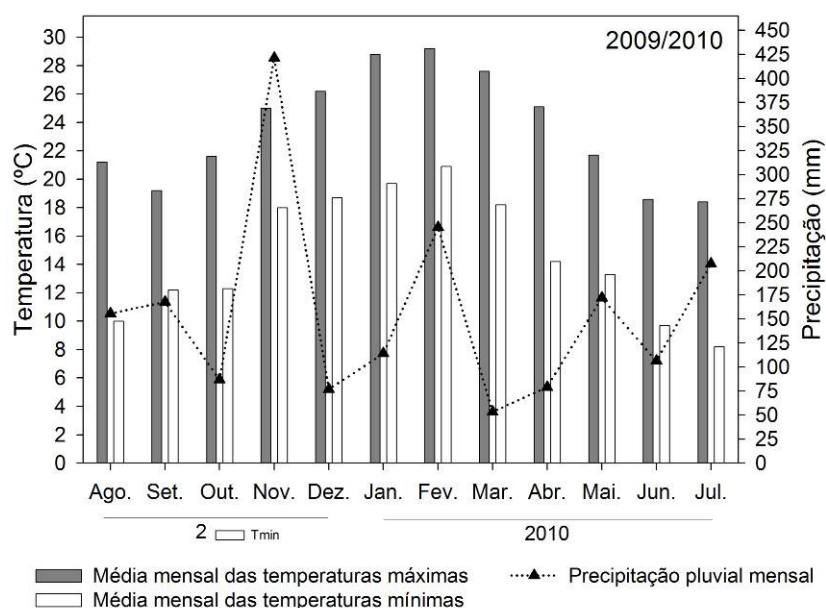


Figura 3.1 Médias mensais das temperaturas máximas e mínimas, e precipitação pluvial mensal para os meses de agosto a julho, no ciclo 2009/2010. Capão do Leão, RS, 2010.

Foram utilizadas pereiras asiáticas 'Hosui' com onze anos de idade, enxertadas sobre o porta-enxerto *Pyrus calleryana*. O pomar utilizado apresentava densidade de plantio de 1666 plantas ha⁻¹, com espaçamento de 4 m entre linhas e 1,5 m entre plantas, sendo as plantas formadas no sistema de condução em líder central, tendo a cultivar Shinseiki como polinizadora.

Ao final do período hibernar do ano de 2009, as plantas foram podadas, e depois de transcorridos 20 dias foi aplicada cianamida hidrogenada a 0,2% adicionada a 2,4% de óleo mineral para indução e uniformização da brotação e floração. Quando as brotações atingiram aproximadamente 5 a 10 cm de comprimento foi efetuada a aplicação de diferentes concentrações de proexadione cálcio. Os níveis estudados para o fator proexadione cálcio foram: 1) testemunha (sem aplicação); 2) proexadione cálcio a 275 g ha⁻¹; 3) proexadione cálcio a 550 g ha⁻¹; 4) proexadione cálcio a 825 g ha⁻¹. Como fonte de proexadione cálcio foi utilizado o produto comercial Viviful®, contendo 27,5% de ingrediente ativo.

A aplicação dos tratamentos foi realizada através de aspersão com pulverizador costal, com volume médio de calda de 1000 L ha⁻¹. As concentrações de proexadione cálcio respectivas a cada tratamento foram aplicadas parceladamente em duas épocas. A primeira aplicação foi realizada quando as

brotações do tratamento testemunha apresentavam comprimento de 5 a 10 cm, aos 20 dias após a plena floração, sendo a segunda aplicação realizada aos 30 dias após a primeira aplicação.

Após a aplicação dos tratamentos, foram selecionados 15 ramos por planta, os quais tiveram o comprimento mensurado, em cm, aos 29, 62, 84 e 146 dias após a plena floração para avaliação do crescimento dos mesmos. Quando atingido o ponto de colheita, os frutos de cada planta foram colhidos, contados e pesados, obtendo a produção (kg planta^{-1}) e o número médio de frutos por planta ($\text{frutos planta}^{-1}$). A partir da relação entre a produção e o número médio de frutos por planta foi obtida a massa média dos frutos (g fruto^{-1}). Em cada planta foram amostrados 15 frutos para estimativa do comprimento (mm) e do diâmetro médio dos frutos (mm), conteúdo de sólidos solúveis ($^{\circ}\text{Brix}$), firmeza de polpa (kgf) e acidez titulável (meq L^{-1}). Após a colheita dos frutos foram coletadas amostras de 30 folhas para determinação dos teores foliares de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), em g kg^{-1} , e dos teores foliares de ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn), cobre (Cu) e boro (B), em mg kg^{-1} , de acordo com metodologias descritas em Tedesco et al. (1995).

Ao longo do ciclo foram aplicados os fungicidas captan (500 g ha^{-1} i.a. [ingrediente ativo]), difeconazole (35 ml ha^{-1} i.a.), folpete (1000 g ha^{-1} i.a.), mancozeb (1600 g ha^{-1} i.a.), e tiofanato metílico (490 g ha^{-1} i.a.) para controle de doenças fúngicas, e fenitrothion (750 ml ha^{-1} i.a.) e malathion (875 ml ha^{-1} i.a.) para o controle de insetos. O controle de plantas daninhas foi efetuado através de roçadas nas entrelinhas, e nas linhas, por duas aplicações de glifosato (100 g ha^{-1} i.a.) numa faixa de 120 cm de largura.

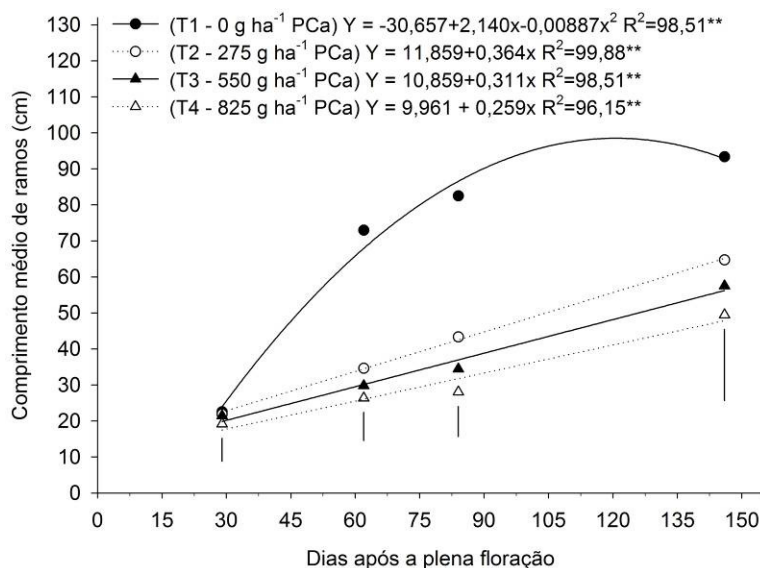
No período hibernar foi efetuada a poda de ramos, sendo avaliada a massa (kg planta^{-1}) e o número médio de ramos por planta (ramos planta^{-1}). A massa média de ramo foi calculada através da relação entre a massa total e o número médio de ramos podados por planta, expressa em g fruto^{-1} . O comprimento médio dos ramos podados foi obtido através da mensuração de todos os ramos podados em cada planta. A partir da mensuração do comprimento dos ramos, em cm, estes foram agrupados em quatro categorias: ramos menores que 50 cm; ramos com comprimento maior ou igual a 50 e menores que 100 cm; ramos com comprimento maior ou igual a 100 cm e menores que 150 cm; e ramos com comprimento maior ou igual a 150 cm. Além da mensuração do comprimento, foi efetuada a contagem do

número de gemas por ramo, sendo utilizadas para estimar o comprimento médio dos entrenós (cm).

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com cinco repetições, sendo cada repetição composta por uma planta. Os resultados obtidos foram submetidos à análise da variância e as variáveis que revelaram significância, a 5% de probabilidade de erro, foram submetidas à análise de regressão polinomial.

3.3 Resultados e Discussão

A aplicação de proexadione cálcio determinou diminuição na taxa de crescimento dos ramos ao longo do período de desenvolvimento vegetativo, sobretudo no período compreendido entre a primeira aplicação deste fitorregulador (20 dias após a plena floração - DAPF) e os 80 DAPF, onde foi evidenciada a maior taxa de crescimento de ramos no tratamento testemunha (sem aplicação) (Figura 3.2). Aos 50 DAPF, o crescimento vegetativo nas plantas do tratamento testemunha foi superior ao observado nas plantas tratadas com proexadione cálcio (Figura 3.3). No entanto, nos tratamentos em que foi efetuada a aplicação de proexadione cálcio não foram verificadas diferenças significativas entre as doses nas avaliações realizadas aos 62, 84 e 162 dias após a plena floração (Figura 3.2).



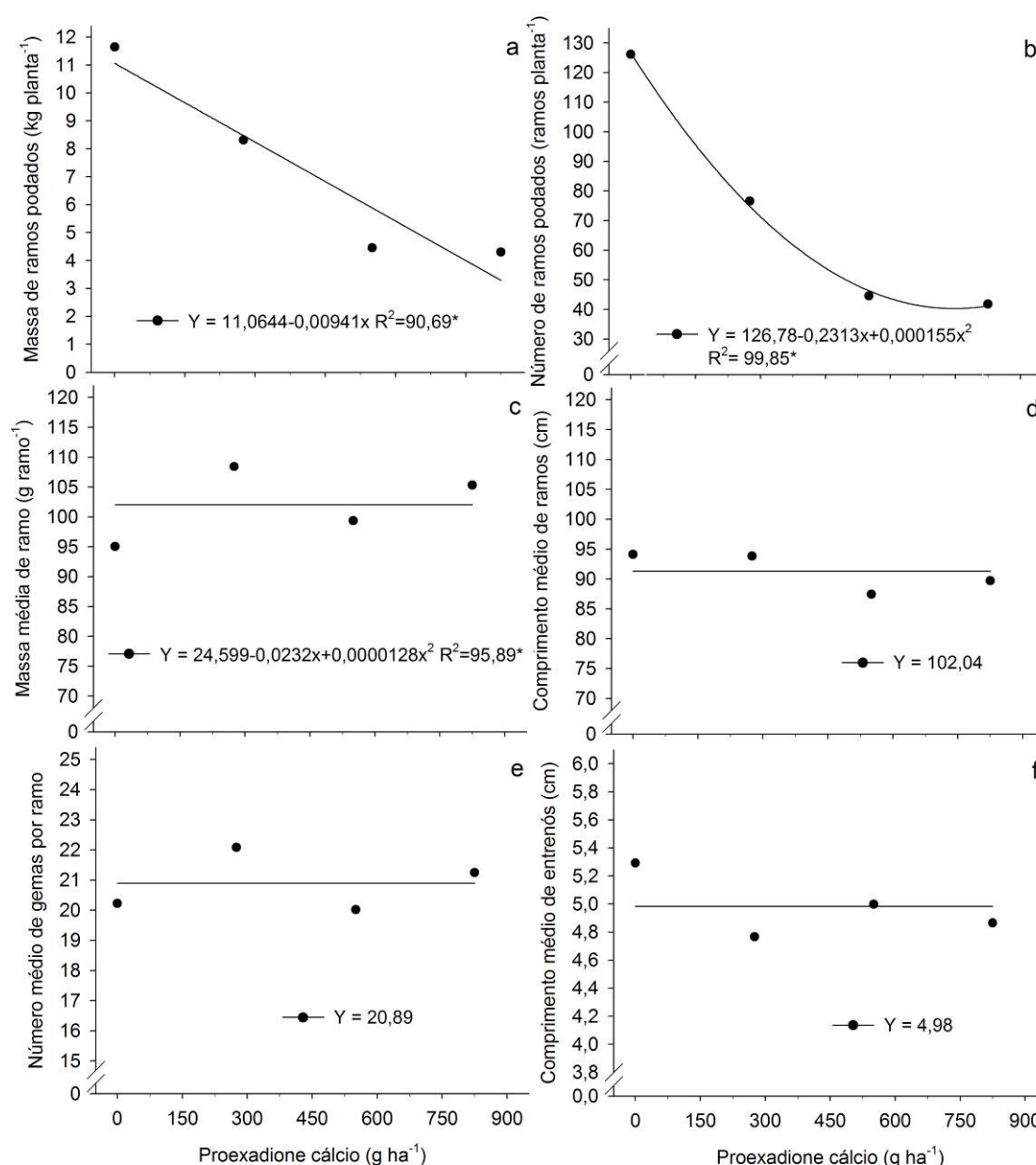
******significativo pelo teste F a 1% de probabilidade de erro.

Figura 3.2 Crescimento de ramos em pereiras 'Hosui' tratadas com proexadione cálcio (PCa). Linhas verticais indicam valores de diferença mínima significativa ($p < 0,05$) dentro da mesma data de avaliação. Capão do Leão, RS, 2010.

A massa de ramos podados mostrou-se influenciada pela aplicação de proexadione cálcio, sendo verificada redução linear da massa de ramos com o aumento das concentrações aplicadas (Figura 3.4a). A redução da massa total de ramos podados é resultante da redução do número de ramos podados por planta, visto que não foi evidenciada resposta significativa do proexadione cálcio na massa média de ramo (Figura 3.4b). O número de ramos podados diminuiu significativamente com o aumento das concentrações de proexadione cálcio aplicadas, sendo constatada resposta quadrática, onde o menor número de ramos foi evidenciado com a aplicação de 746 g ha^{-1} de proexadione cálcio (ponto de mínima = $-b/2c$) (Figura 3.4b). A redução da massa total de ramos podados pelo uso do proexadione cálcio variou de 28,6 a 63,0% em relação às plantas não tratadas (Figura 3.4a), enquanto que a redução no número de ramos podados variou de 39,3 a 66,7% (Figura 3.4b). Segundo Rademacher e Kober (2003), o uso de proexadione cálcio pode determinar redução de 40 a 60% do crescimento vegetativo. A diminuição do número de ramos podados em resposta a aplicação do proexadione cálcio indica que esta substância minimiza a formação de fortes drenos vegetativos, reduzindo o desenvolvimento excessivo do dossel, e consequentemente reduzindo a necessidade de poda hibernal. A redução da necessidade de poda hibernal proporcionada pelo uso do proexadione cálcio pode ser observada na Figura 3.5.



Figura 3.3 Pereiras ‘Hosui’ enxertadas sobre porta-enxerto *Pyrus calleryana* aos 50 dias após a plena floração: planta do tratamento testemunha – sem aplicação (a); planta tratada com proexadione cálcio a 825 g ha^{-1} (b). Capão do Leão, RS, 2010.



* significativo pelo teste F a 5% de probabilidade de erro.

Figura 3.4 Massa total de ramos podados (a), número de ramos podados (b), massa média de ramo (c), comprimento médio dos ramos (d), número médio de gemas por ramo (e) e comprimento médio dos entrenós (f) em pereiras 'Hosui' em função da aplicação de diferentes concentrações de proexadone cálcio. Capão do Leão, RS, 2010.

Apesar da aplicação de proexadone cálcio ter determinado diminuição significativa da taxa de crescimento de ramos aos 62, 84 e 146 dias após a plena floração (Figura 3.2), o comprimento médio dos ramos podados não foi influenciado pela aplicação de proexadone cálcio, assim como o número médio de gemas e o comprimento médio dos entrenós nos ramos (Figura 3.4). Após a aplicação dos

tratamentos, os ramos tratados com proexadione cálcio exibiram menor taxa de crescimento quando comparado aos ramos não tratados momento em que ramos e frutos competiam entre si por fotoassimilados. Ao ser efetuada a colheita dos frutos ocorreu um maior crescimento de ramos, constatado pelo comprimento médio dos ramos tratados com proexadione cálcio ter aumentado cerca de 30 cm desde a mensuração dos ramos aos 146 DAPF à data de realização da poda hiberna. Esta maior taxa de crescimento é provavelmente o resultado da retirada dos frutos na colheita, os quais competem por fotoassimilados e tendem a restringir o crescimento vegetativo (FORSEY e ELVING, 1989). Segundo Smit et al. (2005) este crescimento mostra-se indesejável, pois apresenta efeito negativo nos ciclos de produção posteriores em relação a indução e diferenciação floral e acúmulo de carboidratos.



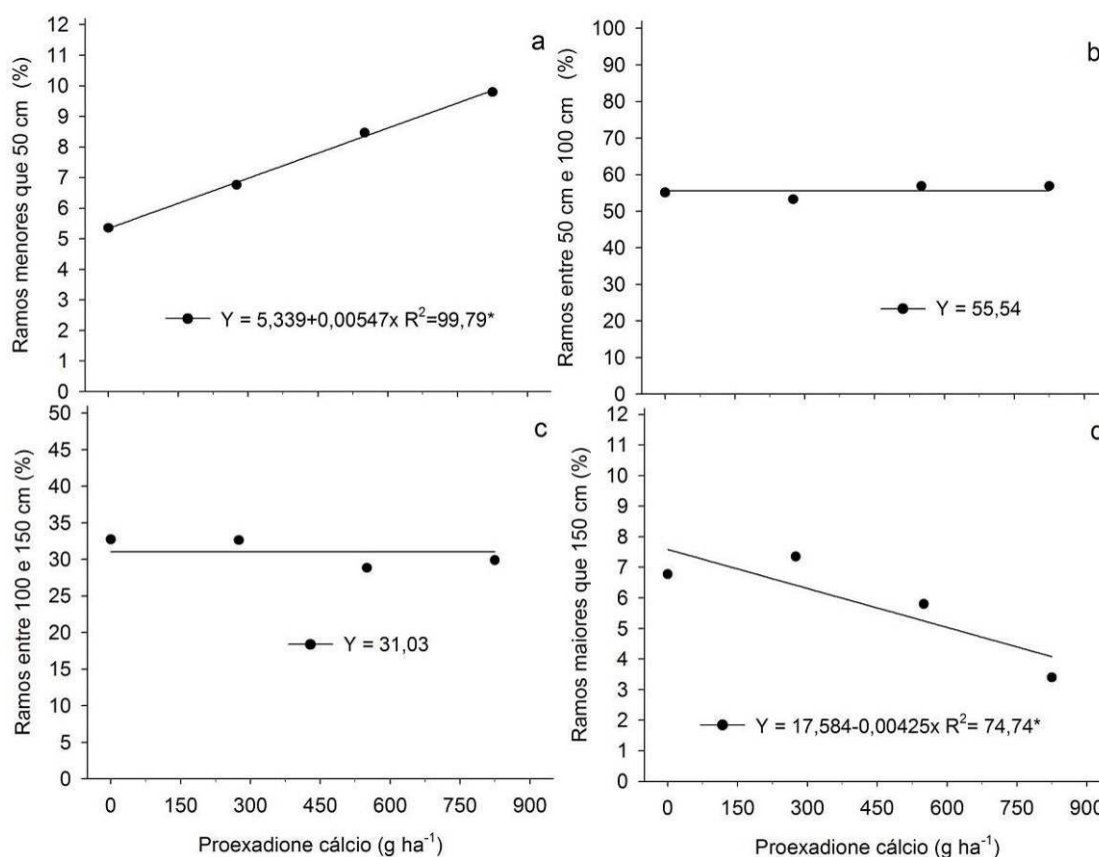
Figura 3.5 Pereiras ‘Hosui’ enxertadas sobre porta-enxerto *Pyrus calleryana* antes de ser realizada a poda de inverno: planta do tratamento testemunha – sem aplicação (a); plantas tratada com proexadione cálcio a 825 g ha⁻¹ (b). Capão do Leão, RS, 2010.

Mesmo com a maior disponibilidade de fotoassimilados ao crescimento dos ramos, decorrente da retirada dos frutos da planta, a taxa de crescimento dos ramos mostrou-se inferior nas plantas-testemunha em relação às plantas tratadas com proexadione cálcio, devido a existência de maior número de ramos competindo entre si por fotoassimilados nas plantas-testemunha. Segundo Paulson et al. (2005), o proexadione cálcio exerce significativo controle do desenvolvimento na parte aérea

de pereiras, mas não apresenta efeito tão persistente em pereiras como em macieiras, onde controla o crescimento ao longo de todo o ciclo. Devido à degradação relativamente rápida de proexadione cálcio (RADEMACHER e KOBER, 2003), o aumento do número de aplicações poderia aumentar o controle do desenvolvimento vegetativo (ELFVING et al., 2003). Em função do crescimento de ramos observado após a colheita dos frutos, pode ser indicada a aplicação de proexadione cálcio após este período, visando minimizar o tamanho final dos ramos, e aumentar a proporção de ramos produtivos na planta para os ciclos de produção posteriores.

Apesar do comprimento médio dos ramos não ter sido influenciado pelo uso de proexadione cálcio, a frequência de ramos de acordo com o comprimento dos ramos podados foi afetada pela aplicação desta substância (Figura 3.6). A porcentagem de ramos menores que 50 cm aumentou significativamente a medida que aumentou a concentração de proexadione cálcio aplicada, enquanto a frequência de ramos entre 50 e 100 cm, e ramos entre 100 e 150 cm, mostrou-se inalterada pelo uso deste fitorregulador. Em contrapartida, o uso de tal substância determinou redução da frequência de ramos maiores que 150 cm, sendo maior a redução de ramos em tal classe a medida que aumentou a concentração de proexadione cálcio aplicada.

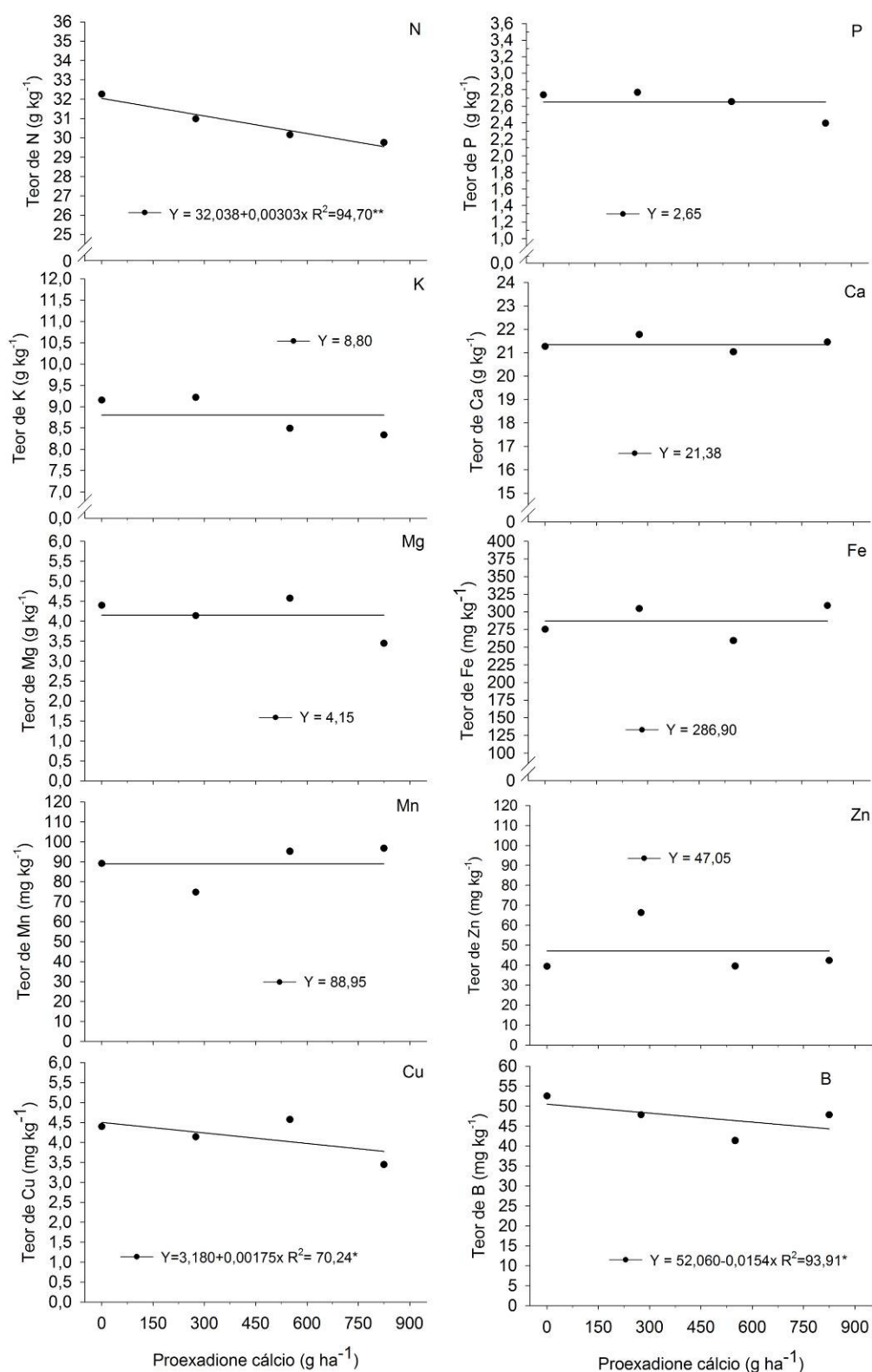
Em relação aos teores foliares de macro e micronutrientes, a aplicação de proexadione cálcio alterou os teores de nitrogênio, cobre e boro, não sendo observada alteração dos teores dos demais nutrientes (Figura 3.7). Os teores foliares de nitrogênio apresentaram decréscimo linear com o aumento das concentrações de proexadione cálcio aplicadas, sendo esta resposta também observada para os teores de cobre e boro. O decréscimo nos teores foliares de nitrogênio, cobre e boro podem estar relacionados à diminuição do desenvolvimento vegetativo decorrente do uso do proexadione cálcio. A diminuição do desenvolvimento vegetativo em plantas tratadas com proexadione cálcio pode ter determinado diminuição da capacidade transpiratória da planta, pela redução da superfície foliar, de modo a diminuir o aporte de nutrientes via fluxo de massa. Isto associado a baixa mobilidade dos nutrientes boro e cobre pode justificar seu menor acúmulo nas folhas a medida que aumentou-se a concentração de proexadione cálcio aplicada.



**, * significativo pelo teste F a 1% e a 5% de probabilidade de erro, respectivamente.

Figura 3.6 Efeito da aplicação de proexadione cálcio na porcentagem de ramos em função do comprimento médio dos ramos podados em pereiras ‘Hosui’. Capão do Leão, RS, 2010.

Apesar do uso do proexadione cálcio ter diminuído os teores de nitrogênio (Figura 3.7), a concentração de nitrogênio nas folhas, situou-se acima da faixa normal de suficiência (23 a 27 g kg⁻¹) indiferentemente da concentração de proexadione aplicada, segundo Comissão de Química e Fertilidade do Solo (2004). Apesar das variações dos teores foliares de cobre e boro em resposta ao uso do proexadione cálcio, os teores foliares destes nutrientes mantiveram-se dentro da mesma faixa de suficiência indiferentemente do tratamento considerado, onde os teores foliares de boro e cobre situaram-se na faixa normal e abaixo da faixa normal de suficiência, respectivamente.



******, ***** significativo pelo teste F a 1% e a 5% de probabilidade de erro, respectivamente.

Figura 3.7 Teores foliares de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn), cobre (Cu) e boro (B) em pereiras 'Hosui' em função da aplicação de diferentes concentrações de proexadione cálcio. Capão do Leão, RS, 2010.

A massa total de frutos por planta foi influenciada pela aplicação de proexadione cálcio (Figura 3.8a). O aumento da concentração de proexadione cálcio aplicado determinou aumento significativo da massa total de frutos por planta em relação à testemunha sem aplicação, onde a maior produção de frutos por planta foi evidenciada na concentração de 584 g ha^{-1} (ponto de máxima = $-b/2c$) com redução da massa total de frutos por planta em concentrações superiores a este limite (Figura 3.8a). A redução da massa total de frutos por planta em concentrações superiores a 584 g ha^{-1} pode ser associada a restrição do desenvolvimento vegetativo proporcionada pelo fitorregulador, de modo a limitar a capacidade de produção de fotoassimilados pela planta.

O número de frutos por planta apresentou resposta semelhante a massa total de frutos por planta, sendo evidenciado maior número de frutos na concentração de 540 g ha^{-1} de proexadione cálcio (Figura 3.8b). O maior número de frutos colhidos nas plantas tratadas com proexadione cálcio em relação às plantas testemunha pode ser justificado pelo rápido desenvolvimento foliar competindo com o desenvolvimento dos frutos observados no tratamento-testemunha, a qual pode ter determinado maior abscisão de frutos neste tratamento. O início do desenvolvimento de folhas e de frutos é dependente das reservas acumuladas durante a estação de crescimento anterior (FAUST, 2000). Segundo Erez (2000), em determinadas situações pode ocorrer abscisão de frutos devido à competição nutricional estabelecida entre drenos vegetativos e reprodutivos, a qual limita a disponibilidade de assimilados aos frutos. Esta resposta é claramente evidenciada pelo uso de substâncias indutoras de brotação, que ao promoverem rápido desenvolvimento das brotações, tendem a minimizar a disponibilidade de reservas para o desenvolvimento e manutenção de novas estruturas na planta, determinando redução da frutificação efetiva, como abordado por Erez (2000), El-Agamy et al. (2007), Hawerroth et al. (2009) e Hawerroth et al. (2010). Tendo em vista a competição por fotoassimilados entre o desenvolvimento vegetativo e os frutos formados, Vercammen e Gomand (2008), indicam a aplicação de proexadione cálcio 2 a 3 semanas após a plena floração, objetivando a diminuição da abscisão de frutos.

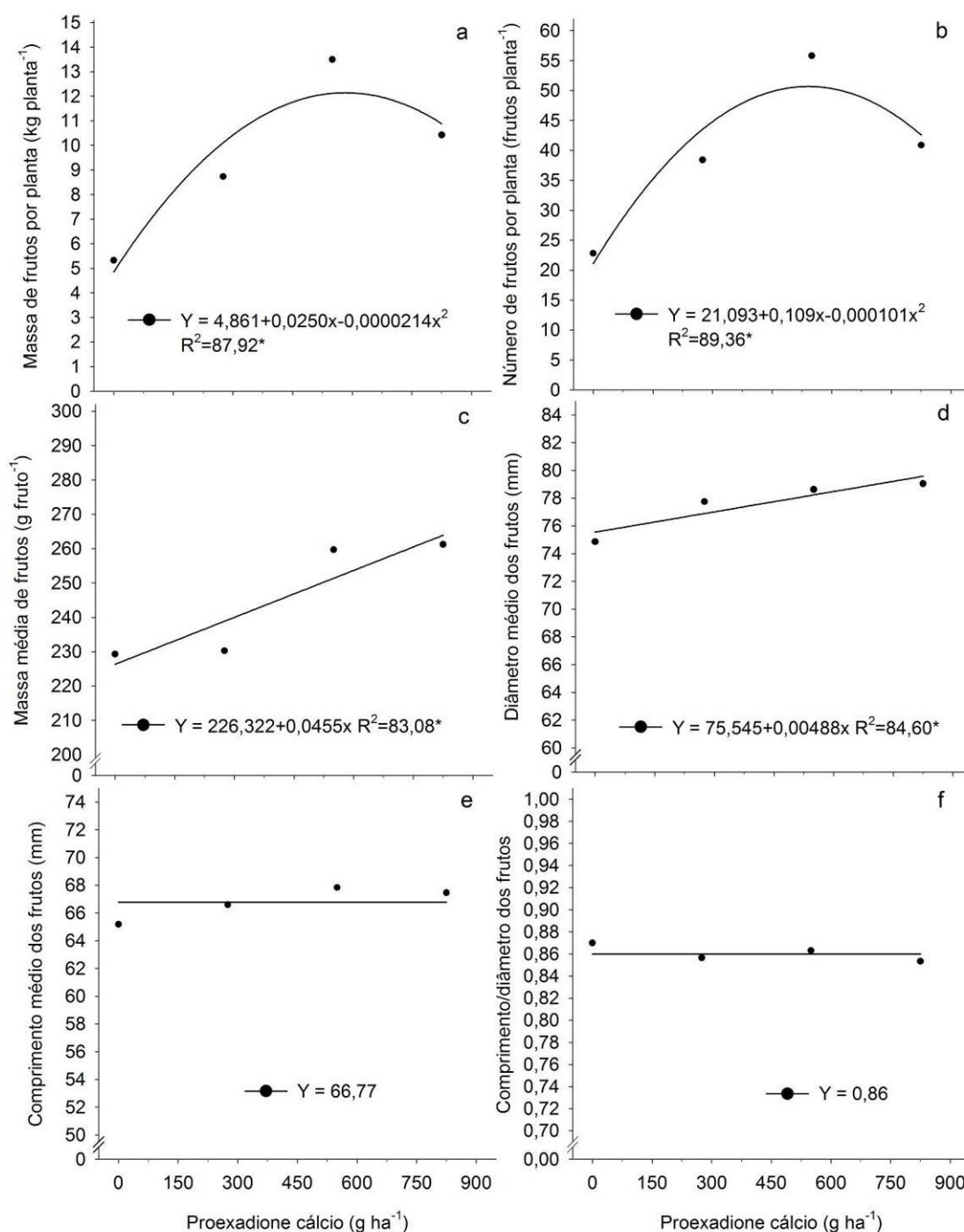
Além da competição por fotoassimilados entre frutos e as brotações em desenvolvimento, a redução do número de frutos por planta também pode ser justificada pela abscisão de frutos decorrente do desenvolvimento de doenças e do

ataque de insetos. Apesar de não ter sido efetuada avaliação da ocorrência de danos oriundos de doenças e insetos nos frutos, foi observada aumento da frequência de danos nos frutos nas plantas testemunhas, quando comparado as plantas tratadas com proexadione cálcio. Segundo Paulson et al. (2005), o desenvolvimento vegetativo excessivo determina uma copa demasiadamente densa, dificultando a eficiente penetração de defensivos agrícolas no interior do dossel, o que pode resultar em perda de frutos devido aos danos causados por insetos e doenças que não são adequadamente controlados. Neste sentido, trabalhos de Byers et al. (1997), Yoder et al. (1999), Paulson et al. (2005) e Norelli e Miller (2006) evidenciaram que o uso de proexadione cálcio reduz a densidade do dossel de macieiras e pereiras, de forma a melhorar o controle de doenças devido a melhor cobertura de aplicações de fungicidas e redução do molhamento foliar. Além disso, em estudos conduzidos por Römmelt et al., (1999) e Römmelt et al. (2003), foram observadas consideráveis mudanças no espectro de fenilpropanóides observados em tecidos de ramos de macieiras e pereiras após o tratamento com proexadione cálcio, os quais, segundo Halbwirth et al. (2002), têm sido relacionados com a resistência adquirida contra doenças. Entre os compostos induzidos pela aplicação de proexadione cálcio insere-se o luteofurol 3-deoxy flavonóide, o qual demonstrou possuir atividade antimicrobiana significativa (SPINELLI et al., 2005; SPINELLI et al., 2010).

A massa média dos frutos apresentou aumento linear com o aumento das concentrações de proexadione cálcio aplicadas (Figura 3.8c), assim como observado no diâmetro médio dos frutos (Figura 3.8d). A restrição do desenvolvimento vegetativo, com a redução de drenos vegetativos, proporcionada pelo uso de proexadione cálcio pode ter determinado melhoria no equilíbrio vegetativo-produtivo da planta, repercutindo no aumento da disponibilidade de fotoassimilados aos frutos, determinando aumento da massa média e do diâmetro médio de peras 'Hosui'. Resposta similar foi obtida por Costa et al. (2001), em que observaram aumento do tamanho médio de peras 'Abate Fetel' em resposta a aplicação de proexadione cálcio, embora a mesma resposta não tenha sido obtida por Sugar et al. (2002), em pereiras 'Bartlett', e por Smit et al. (2005) em pereiras 'Rosemarie' e 'Early Bob Chretien'. Os resultados obtidos neste trabalho evidenciam claramente a importância da utilização de estratégias fitotécnicas que atuem na restrição do desenvolvimento vegetativo, de modo a obter aumentos substanciais na

capacidade produtiva de pereiras. O uso de proexadione cálcio não alterou o comprimento médio dos frutos, independentemente da concentração utilizada (Figura 3.8e). Da mesma forma, não foram observadas modificações no formato dos frutos em decorrência do uso de proexadione cálcio, dada a inalteração da relação comprimento/diâmetro dos frutos (Figura 3.8f).

O conteúdo de sólidos solúveis foi reduzido pelo aumento das concentrações de proexadione cálcio, exibindo menor conteúdo de sólidos solúveis na concentração de 550 g ha⁻¹ (Figura 3.9a). Estes resultados não corroboram com Smit et al. (2005), os quais não observaram efeito da aplicação de proexadione cálcio no conteúdo de sólidos solúveis em peras 'Rosemarie', 'Forelle' e 'Packham's Triumph'. Em contrapartida, Medjdoub et al. (2004), avaliando diferentes concentrações de proexadione cálcio em macieiras 'Smoothie Golden Delicious', observaram que o conteúdo de sólidos solúveis foi o único parâmetro qualitativo afetado pelo proexadione cálcio, diminuindo linearmente com o aumento da concentração deste fitorregulador, assim como obtido por Greene (1999). O aumento da massa e do diâmetro dos frutos proporcionado pelo uso de proexadione cálcio foi acompanhado pela diminuição do conteúdo de sólidos solúveis, indicando que açúcares e outros sólidos solúveis encontravam-se mais diluídos nos frutos tratados com proexadione cálcio. Segundo Medjdoub et al. (2004), a diminuição do conteúdo de sólidos solúveis pelo uso de proexadione cálcio é relacionado ao aumento relativo do conteúdo de água nos frutos, o que também foi evidenciado por Blanco et al. (2002), os quais observaram aumento do conteúdo de água dos frutos em resposta a aplicação de paclobutrazol. O aumento das concentrações de proexadione cálcio determinou aumento da firmeza de polpa, assim como verificado por Smit et al. (2005), porém não afetou a acidez titulável em peras 'Hosui' (Figura 3.9).



* significativo pelo teste F a 5% de probabilidade de erro.

Figura 3.8 Efeito da aplicação de diferentes concentrações de proexadione cálcio na massa de frutos por planta (a), número médio de frutos por planta (b), massa média de frutos (c), diâmetro médio (d), comprimento médio (e) e relação comprimento / diâmetro (f) de peras ‘Hosui’. Capão do Leão, RS, 2010.

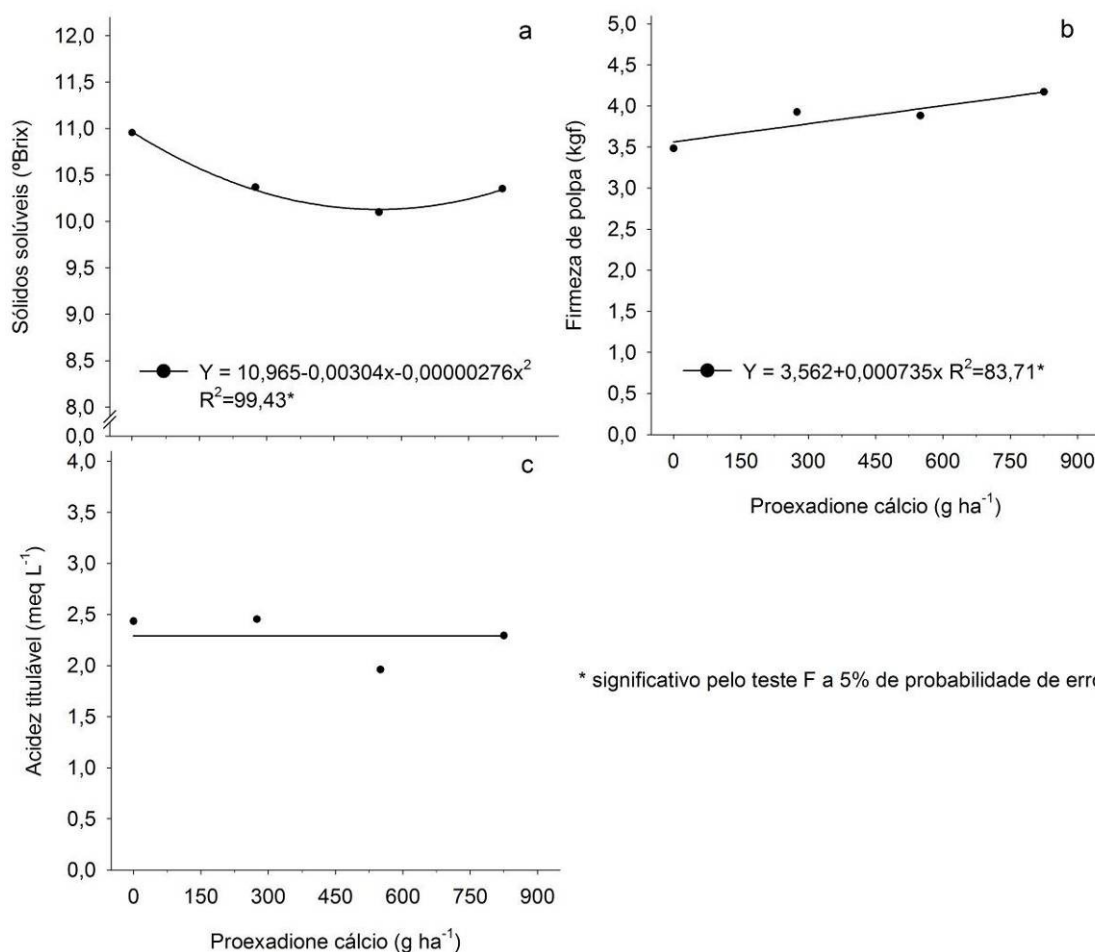


Figura 3.9 Efeito da aplicação de diferentes concentrações de proexadione cálcio no conteúdo de sólidos solúveis (a), firmeza de polpa (b) e acidez titulável (c) em peras 'Hosui'. Capão do Leão, RS, 2010.

3.4 Conclusões

O uso de proexadione cálcio foi efetivo no controle do desenvolvimento vegetativo de pereiras 'Hosui' enxertadas em porta-enxerto vigoroso, determinando redução da massa total e do número de ramos podados, minimizando a necessidade de poda hiberna.

O aumento das concentrações de proexadione cálcio aplicadas determina redução dos teores foliares de nitrogênio, cobre e boro.

O controle do desenvolvimento vegetativo pelo uso de proexadione cálcio determinou aumento da capacidade produtiva de pereiras 'Hosui', sobretudo quando utilizado este fitorregulador em concentrações de 450 a 750 g ha⁻¹.

3.5 Referências Bibliográficas

- BLANCO, A.; MONGE, E.; VAL, J. Effects of paclobutrazol on dry weight and mineral element distribution among fruits and shoots of peach trees. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 25, p. 1685-1699, 2002.
- BYERS, R.E.; YODER, K.S.; SMITH JR., A.H. The effects of BAS-125W on apple tree growth, fruit quality and fire blight suppression. **HortScience**, Alexandria, v. 32, p. 557, 1997.
- COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO. **Manual de adubação e de calagem para os estados do RS e SC**. 10.ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul, 2004. 394p.
- COSTA, G.; ANDREOTTI, C.; BUCCHI, F.; SABATINI, E.; BAZZI, C.; MALAGUTI, S.; RADEMACHER, W. Prohexadione-Ca (Apogee): growth regulation and reduced fire blight incidence in pear. **HortScience**, Alexandria, v. 36, 931-933, 2001.
- COSTA, G.; ANDREOTTI, C.; SABATINI, E.; BREGOLI, A.M.; BUCCHI, F.; SPADA, G.; MAZZINI, F. The effect of prohexadione-Ca on vegetative and cropping performance and fire blight control of pear trees. **Acta Horticulturae**, Ferrara-Bologna, v.596, p. 531-534, 2002.
- COSTA, G.; SABATINI, E.; SPINELLI, F.; ANDREOTTI, C.; SPADA, G.; MAZZINI, F. Prohexadione-Ca controls vegetative growth and cropping performance in pear. **Acta Horticulture**, Seoul, v. 653, p.127-132, 2004.
- EL-AGAMY, S.Z.; MOHAMED, A.K.A.; MOSTAFA, F.M.A.; ABDALLAH, A.Y. Effect of GA3, hydrogen cyanamide and decapitation on budbreak and flowering of two apple cultivars under the warm climate of southern Egypt. **Acta Horticulturae**, Querétaro-Michoacán, v.565, p.109-114, 2001.
- ELFVING, D.C.; LOMBARDINI, L.; MCFERSON, J.R.; DRAKE, S.R.; FAUBION, D.F.; AUVIL, T.D., VAN EE, G.; VISSER, D.B. Effects of directed applications of prohexadione-calcium to tops of mature pear trees on shoot growth, light penetration pruning and fruit quality. **Journal of the American Pomological Society**, v. 57, p. 45–57, 2003.
- EREZ, A. Bud dormancy: phenomenon, problems and solutions in the tropics and subtropics. In: EREZ, A. **Temperate fruit crops in warm climates**. Kluwer Academic Publishers, Boston, London, p.17-48, 2000.

EVANS, R.R.; EVANS, J.R.; RADEMACHER, B.H.; KAPPEL, F. Prohexadione calcium for suppression of vegetative growth in eastern apples. **Acta Horticulturae**, v. 451, p. 663–666, 1997.

FAOSTAT. **Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistical Databases**. Disponível em <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor> Acesso em 10 mai. 2010.

FAUST, M. Physiological considerations for growing temperate-zone fruit crops in warm climates. In.: **Temperate fruits crop in warm climates**. Boston, London: Kluwer Academic Publishers, 2000. p. 305-342.

FORSHEY, C.G.; ELFVING The relationship between vegetative growth and fruiting in apple trees. **Horticultural Reviews**, Westport, v. 11, p. 229-287, 1989.

GREENE, D.W. Tree growth management and fruit quality of apple trees treated with prohexadione–calcium (BAS 125). **HortScience**, Alexandria, v. 34, p. 1209-1212, 1999.

HALBWIRTH, H.; KAMPAN, W.; STICH, K.; FISCHER, T.C.; MEISEL, B.; FORKMANN, G.; RADEMACHER, W. Biochemical and molecular biological investigations with respect to induction of fire blight resistance in apple and pear by transiently altering the flavonoid metabolism with specific enzyme inhibitors. **Acta Horticulturae**, Napier, v. 590, p. 485-492, 2002.

HAWERROTH, F.J.; 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**, São Paulo, v. 68, p. 961-971, 2009.

HAWERROTH, F.J.; PETRI, J. L.; LEITE, G.B.; HERTER, F.G. Brotação de gemas em macieiras ‘Imperial Gala’ e ‘Fuji Suprema’ pelo uso de Erger e nitrato de cálcio. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, p. 1-8, 2010.

KIM, H.Y.; LEE, I.J.; HAMAYUN, M.; KIM, J.T.; WON, J.G.; HWANG, I.C.; KIM, K.U. Effect of prohexadione calcium on growth components and endogenous gibberellins contents of rice (*Oryza sativa* L.). **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 193, p. 445-451, 2007.

LEITE, G.B.; PETRI, J.L.; HAWERROTH, F.J. **Problemática da frutificação efetiva na cultura da Pereira**. In: II Reunião técnica da cultura da pereira. Anais, Lages p.45-48, 2008.

- MAAS, F. M. Shoot growth, fruit production and return bloom in "Conference" and "Doyenne" treated with Regalis (prohexadione-calcium). **Acta Horticulturae**, Stellenbosch, v. 671, p. 571-524, 2005.
- MEDJDOUB, R.; VAL, J.; BLANCO, A. Prohexadione-Ca inhibits vegetative growth of 'Smoother Golden Delicious' apple trees. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 101, p. 243-253, 2004.
- NAKASU, B. H. ; BARBOSA, W. ; FAORO, I. D. ; HERTER, F. G. ; PEREIRA, J. F. M. ; RASEIRA, M. C. B. ; DEGENHARDT, J. . Parte 5 - Frutas subtropicais e temperadas. Capítulo 6 - **Pêra**. In: Ana Cristina Sagebin Albuquerque; Aliomar Gabriel da Silva. (Org.). Agricultura Tropical. Quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas. 1 ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, v. 1, p. 511-518, 2008.
- NORELLI, J.L.; MILLER, S.S. Using prohexadione-calcium to control fire blight in young apple trees. **Acta Horticulturae**, Bologna, v. 704, p. 217-223, 2006.
- OWENS, C.L.; STOVER, E. Vegetative growth and flowering of young apple trees in response to prohexadione-calcium. **HortScience**, Alexandria, v. 34, n. 7, p. 1194-1196, 1999.
- PAULSON, G.S.; HULL, L.A.; BIDDINGER, D.J. Effect of a plant growth regulator prohexadione-calcium on insect pests of apple and pear. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 98, p. 423-431, 2005.
- PRIVÉ, J. P. FAVA, E., CLINE, J. E., BYL, M. Preliminary results on the efficacy of apple trees fruit with the growth retardant Prohexadione–Calcium (Apogee) in the Eastern Canada. **Acta Horticulturae**, Toronto, v. 636, p. 137-144, 2004.
- RADEMACHER, W.; KOBER, R. Efficient use of prohexadione-Ca in pome fruits. **European Journal of Horticultural Science**, Stuttgart, v. 68, p. 101–107, 2003.
- RADEMACHER, W.; SPINELLI, F.; COSTA, G. Prohexadione-Ca: modes of action of a multifunctional plant bioregulator for fruit trees. **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 727, p. 97-106, 2006.
- RÖMMELT, S.; TREUTTER, D.; RADEMACHER, W.; SPEAKMAN, J.B. Effects of prohexadione-Ca on the flavonoid metabolism of apple with respect to plant resistance against fire blight. **Acta Horticulturae**, Kusadasi, v. 489, p. 359-365, 1999.
- RÖMMELT, S.; ZIMMERMANN, N.; RADEMACHER, W.; TREUTTER, D. Formation of novel flavonoids in apple (*Malus domestica*) treated with the 2-oxoglutarate-

- dependent dioxygenase inhibitor prohexadione-Ca. **Phytochemistry**, New York, v. 64, p. 709-716, 2003.
- SHARMA, S.; REHALIA, A.S.; SHARMA, S.D. Vegetative growth restriction in pome and stone fruits – A review. **Agricultural Reviews**, New Delhi, v. 30, n. 1, p. 13-23, 2009.
- SMIT, M.; MEINTJES, J.J.; JACOBS, G. P.; STASSEN, J.C.; THERON, K.I. Shoot growth control of pear trees (*Pyrus communis* L.) with prohexadione-calcium. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 106, p. 515-529, 2005.
- SPINELLI, F.; RADEMACHER, W.; SABATINI, E.; COSTA, G. Reduction of scab incidence (*Venturia inaequalis*) in apple with prohexadione-Ca and trinexapac-ethyl, two growth regulating acylcyclohexanediones. **Crop Protection**, Surrey, v. 29, p. 691-698, 2010.
- SPINELLI, F.; SPEAKMAN, J.B.; RADEMACHER, W.; HALBWIRTH, H.; STICH, K.; COSTA, G. Luteoforol, a flavan 4-ol, is induced in pome fruits by prohexadione-Ca and shows phytoalexin-like properties against *Erwinia amylovora* and other plant pathogens. **European Journal of Plant Pathology**, Dordrecht, v. 112, p. 133-142, 2005.
- SUGAR, D.; ELFVING, D.C.; MIELKE, E.A. 2002. Effects of prohexadione-Ca (ApogeeTM) on blossoming, production and fruit quality in pear. **Acta Horticulturae**, Ferrara-Bologna, v. 596, p. 757-760, 2002.
- TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p. (Boletim técnico, 5).
- THERON, K.I.; LE GRANGE, M.; SMIT, M.; REYNOLDS, S.; JACOBS, G. Controlling vigour and colour development in the bi-coloured pear cultivar Rosemarie. **Acta Horticulturae**, Ferrara-Bologna, v. 596, p. 753-756, 2002.
- VERCAMMEN, J; GOMAND, A. Fruit set of 'Conference': a small dose of gibberellins or Regalis. **Acta Horticulturae**, Peniche. v. 800, n. 1, p. 131-138, 2008.
- YODER, K. S.; MILLER, S. S.; BYERS, R.E. Suppression of fire blight in apple shoots by prohexadione-calcium following experimental and natural inoculation. **HortScience**, Alexandria, v. 34, p. 1202-1204, 1999.

4. Frutificação e produção de pereira asiática 'Shinseiki' pelo uso de fitorreguladores

4.1 Introdução

A pereira (*Pyrus* spp.) é uma frutífera de clima temperado amplamente explorada mundialmente, apresentando produção de 21 milhões de toneladas no ano de 2008 (FAOSTAT, 2010). No Brasil, a exploração econômica da cultura é reduzida, produzindo cerca de 18,6 mil toneladas em 2008 (FAOSTAT, 2010), caracterizando o país como fundamentalmente dependente da importação de pera para atender o mercado interno, cujo consumo atual está na ordem de 150 mil toneladas ao ano (NAKASU et al., 2008). O reduzido desenvolvimento da pereira no Brasil é decorrente de um conjunto de problemas técnicos associados ao seu cultivo nas condições edafoclimáticas do país, onde, segundo Petri (2008) e Leite et al. (2008), a baixa frutificação efetiva é um dos principais determinantes dos baixos índices produtivos na cultura.

A maioria das cultivares de pereira, tanto asiáticas como européias, necessitam polinização cruzada para produção comercial, devido a autoincompatibilidade gametofítica existente em muitas cultivares (HIRATSUKA e ZHANG, 2002; JACKSON, 2003), que limita a autofertilização de flores de uma mesma cultivar, reduzindo a frutificação efetiva. A autoincompatibilidade é determinada geneticamente pelos alelos-S, em que ocorre inibição do desenvolvimento do tubo polínico quando o alelo-S presente no pólen é similar a um dos alelos-S expressos no pistilo (OLMSTED, 1989; HIRATSUKA e ZHANG, 2002). Dessa forma, para viabilizar a produção desta cultura existe a necessidade de plantio de cultivares polinizadoras que apresentem período de floração coincidente e que apresentem pólen compatível com a cultivar de interesse econômico.

Embora o plantio de cultivares polinizadoras seja usual na produção comercial de pereiras, esta prática unicamente não garante produções satisfatórias ao longo dos anos. Em condições de inverno ameno, como as ocorrentes no Sul do Brasil, as exigências em frio de muitas frutíferas de clima temperado não são completamente satisfeitas, determinando que cultivares com distintos requerimentos em frio apresentem grande variabilidade no período de florescimento, de um ano para outro (PETRI et al., 2008). Sob tais condições de irregularidade da ocorrência de frio durante o período hibernal, é frequente a baixa sincronização do florescimento das principais cultivares e suas respectivas polinizadoras, repercutindo em baixa frutificação e irregularidade da produção. Além disso, baixas produções podem ocorrer em condições adversas à polinização, como ocorrência de chuvas durante o

florescimento (PETRI et al., 2001), deficiência de insetos polinizadores e quando a intensidade de floração for reduzida. Sob tais condições, a frutificação pode ser maximizada pelo uso de fitorreguladores (GREENE, 2003).

Dentre as substâncias com ação na frutificação podem ser citados o ácido giberélico (GA_3), o thidiazuron (TDZ) e o proexadione cálcio (PCa), os quais estimulam diferentes processos metabólicos e fisiológicos das plantas, como a divisão e diferenciação celular, translocação de substâncias, entre outras, podendo assim propiciar aumento na frutificação efetiva, na produção e no tamanho final dos frutos.

O uso do ácido giberélico é indicado no manejo de pereiras (SILVA, 2001; VERCAMMEN e GOMAND, 2008), sendo a substância mais utilizada na indução da formação de frutas partenocárpicas (LAFER, 2008), visto que a aplicação deste composto na floração substitui o papel ativo das sementes que abortam devido a condições climáticas adversas ou de falta de polinização (SILVA, 2001). O thidiazuron (N-fenil-N-1,2,3-tidiazol-5-tiuréia) é uma citocinina sintética, cuja aplicação no florescimento pode proporcionar aumento da frutificação efetiva de macieiras e pereiras (PETRI et al., 2001; AMARANTE et al., 2002; TAVARES, 2002; AMARANTE et al. 2003).

No início da brotação após o período hibernar, as flores e frutos em formação competem por assimilados com estruturas vegetativas em crescimento, como folhas e ramos. A competição por assimilados a partir do início do desenvolvimento vegetativo pode diminuir o número de células nos frutos (YAMAGUCHI et al., 2002), de forma a diminuir a qualidade dos frutos, produtividade e controle de doenças (SMIT et al., 2005). Resultados obtidos por Costa et al. (2002), Theron et al. (2003) e Smit et al. (2005) mostraram que o proexadione cálcio (3-oxido-4-propionil-5-oxo-3-ciclohexeno-carboxilato), um inibidor da biossíntese de giberelinas com baixa toxicidade e limitada persistência (OWENS e STOVER, 1999), pode reduzir eficientemente o desenvolvimento vegetativo de pereiras. Desta maneira, o uso deste fitorregulador pode diminuir a competição nutricional entre frutos e estruturas vegetativas, de modo a favorecer o direcionamento de assimilados para maximização da frutificação efetiva, como observado por Smit et al (2005) em pereiras 'Forelle' e 'Rosemarie'.

Apesar do thidiazuron, ácido giberélico e proexadione cálcio, quando aplicados isoladamente, apresentarem efetivos no aumento da frutificação efetiva, Werthein e

Webster (2005) sugerem a utilização de combinações de fitorreguladores visando explorar a complementaridade dos efeitos das diferentes substâncias fitorreguladoras. Assim, o objetivo do trabalho foi avaliar a efetividade do thidiazuron, ácido giberélico, proexadione cálcio, e a combinação destas substâncias no aumento da frutificação de pereiras asiáticas 'Shinseiki'.

4.2 Material e Métodos

O trabalho foi conduzido em pomar do Centro Agropecuário da Palma, pertencente à Universidade Federal de Pelotas, localizado no município de Capão do Leão, Rio Grande do Sul, Brasil (latitude 31°48', longitude 52°30' e altitude de 58 metros). Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é classificado como 'Cfa', clima subtropical úmido com precipitação anual de 1367 mm, temperatura média anual de 17,8°C e acúmulo médio de 238 horas abaixo de 7,2°C durante o período hibernar.

Foram utilizadas pereiras japonesas da cultivar 'Shinseiki' (*Pyrus pyrifolia* (Burm) Nakai), com onze anos de idade, enxertadas sobre o porta-enxerto *P. calleryana*. O pomar utilizado possui densidade de plantio de 1666 plantas ha⁻¹, sendo o espaçamento de 4 m entre linhas e 1,5 m entre plantas, sendo as plantas conduzidas no sistema de condução em líder central (Figura 4.1), tendo pereiras 'Housui' como cultivar polinizadora. Ao final do período hibernar, as plantas foram podadas (06/07/2010), e depois de transcorridos 20 dias foi aplicada cianamida hidrogenada a 0,2% adicionada a 2,4% de óleo mineral para indução e uniformização da brotação das pereiras.

Quando as pereiras atingiram o estágio de plena floração, em que 80% das flores apresentavam-se abertas, foi realizada a contagem do número total de inflorescências em cada planta, e posteriormente foi efetuada a aplicação dos seguintes tratamentos: 1. testemunha (sem aplicação); 2. thidiazuron (TDZ) 20 mg L⁻¹; 3. ácido giberélico (AG) 20 mg L⁻¹; 4. proexadione cálcio (PCa) 600 mg L⁻¹; 5. PCa 600 mg L⁻¹ + TDZ 20 mg L⁻¹; 6. PCa 600 mg L⁻¹ + AG 20 mg L⁻¹; e 7. AG 20 mg L⁻¹ + TDZ 20 mg L⁻¹. Os tratamentos foram realizados utilizando pulverizador costal, com volume médio de calda equivalente a 1000 L ha⁻¹. Foram utilizados os produtos Dropp® (50% ingrediente ativo - i.a.), Pro-Gibb® (10% i.a) e Viviful® (27,5% i.a) como fonte de thidiazuron, ácido giberélico e proexadione cálcio, respectivamente.



Figura 4.1 Pereiras ‘Shinseiki’, enxertadas sobre o porta-enxerto *Pyrus calleryana*, conduzidas no sistema em líder central, utilizadas no experimento. Capão do Leão, RS, 2010.

Aos 14 e aos 50 dias após a aplicação dos tratamentos foi efetuada a contagem do número de frutos presente em cada inflorescência existente em cada planta, obtendo-se o número médio de frutos por inflorescência. A porcentagem de inflorescências com fruto foi obtida da relação entre o número de inflorescências que apresentavam frutos, aos 14 e aos 50 dias após a aplicação dos tratamentos, com o número de inflorescências contadas no pleno florescimento. A frutificação efetiva (%) foi obtida da relação entre o número total de frutos contados aos 14 e aos 50 dias após a aplicação dos tratamentos e o número de inflorescências contadas durante a plena floração ($[\text{número de frutos/inflorescências}] \times 100$). O número médio de frutos por planta foi obtido através do somatório de frutos presentes em cada inflorescência existente na planta. Foi obtida a porcentagem de inflorescências de acordo com o número de frutos presentes em cada inflorescência, sendo categorizados nas seguintes classes: inflorescências com 1 fruto; inflorescências com 2 frutos; inflorescências com 3 frutos; inflorescências com 4 frutos; e inflorescências com 5 ou mais frutos.

Aos 50 dias após a aplicação dos tratamentos, foram marcados 15 frutos por planta para mensuração do comprimento e diâmetro dos mesmos, e a relação entre essas medidas, ao longo do ciclo. As avaliações de comprimento e diâmetro médio

dos frutos, em mm, foram realizadas aos 50, 67, 86 e 116 dias após a aplicação dos tratamentos.

Ao longo do ciclo foram aplicados os fungicidas captan (500 g ha^{-1} i.a. [ingrediente ativo]), difeconazole (35 ml ha^{-1} i.a.), folpete (1000 g ha^{-1} i.a.), mancozeb (1600 g ha^{-1} i.a.), e tiofanato metílico (490 g ha^{-1} i.a.) para controle de doenças fúngicas, e fenitrothion (750 ml ha^{-1} i.a.) e malathion (875 ml ha^{-1} i.a.) para o controle de insetos. O controle de plantas daninhas foi efetuado através de roçadas nas entrelinhas, e nas linhas, por duas aplicações de glifosato (100 g ha^{-1} i.a.) numa faixa de 120 cm de largura.

Quando atingido o ponto de colheita, os frutos de cada planta foram colhidos, contados e pesados, e a partir da relação entre a massa total e o número de frutos por planta foi obtida a massa média dos frutos. Em cada planta foram amostrados 15 frutos para mensuração do diâmetro (mm) e o comprimento médio dos frutos (mm), determinação do conteúdo de sólidos solúveis, firmeza de polpa e acidez titulável, e contagem do número médio de sementes por fruto. O formato dos frutos foi avaliado através da relação entre o comprimento e o diâmetro médio dos frutos.

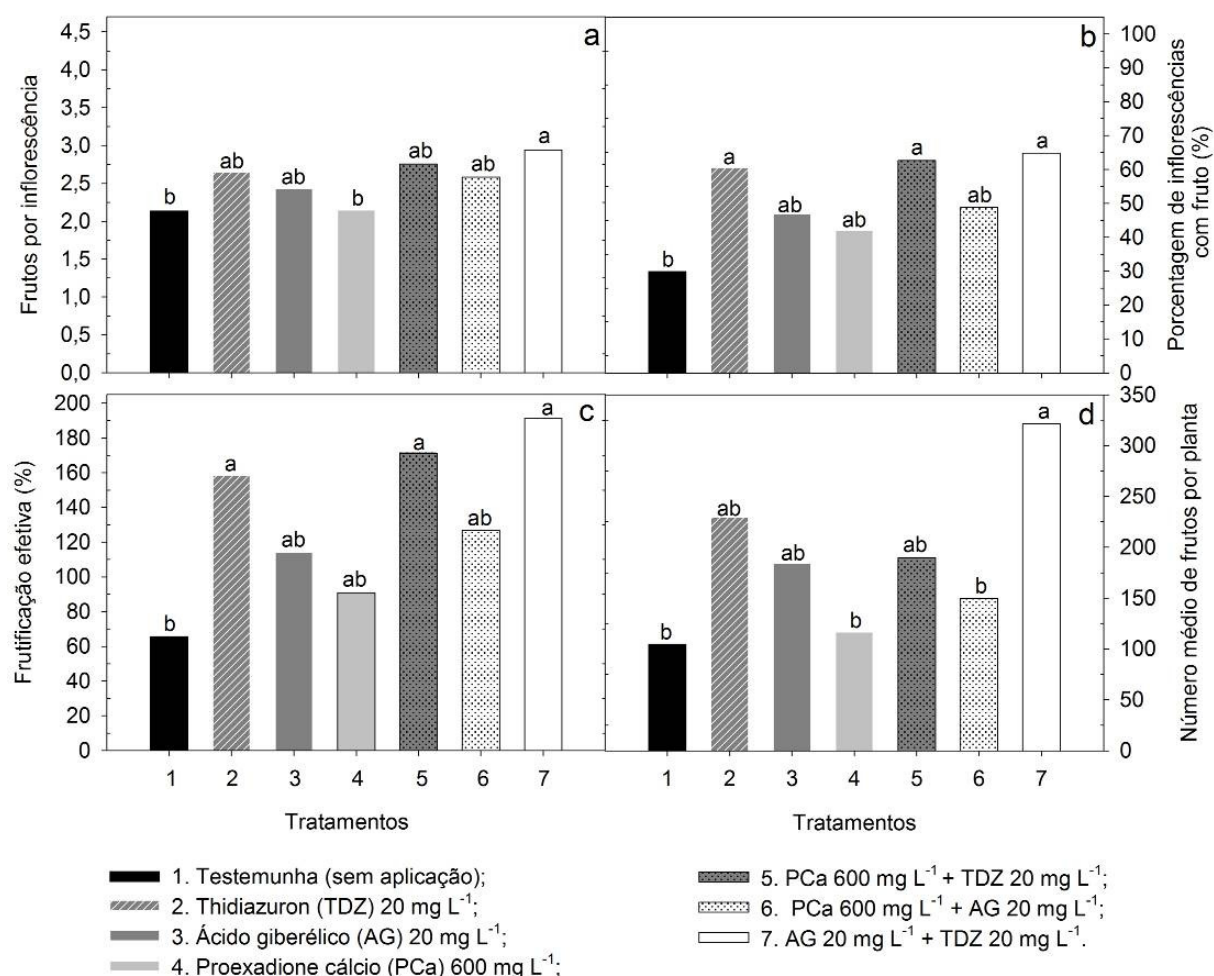
O conteúdo de sólidos solúveis, firmeza de polpa e acidez titulável dos frutos foram estimados através de análise não destrutiva utilizando espectrômetro de infravermelho proximal (NIR), marca Sacmi Imola S.C., modelo Nir-Case Sacmi (Bologna, Itália), previamente calibrado. Para a calibração do aparelho, uma amostra composta por 20 frutos em diferentes estádios de maturação foi avaliada quanto a firmeza de polpa, conteúdo de sólidos solúveis e acidez titulável, sendo as análises efetuadas individualmente em cada fruto. A firmeza de polpa foi determinada com penetrômetro manual McCornick FT 327, ponteira de 5/16 polegadas de diâmetro, retirando-se a casca em duas faces opostas da região equatorial do fruto, posicionando o pistão perpendicularmente à polpa, obtendo os valores expressos em kgf. O conteúdo de sólidos solúveis para calibração do NIR foi obtido com refratômetro digital de mesa Instrutherm, modelo RTD-45, com correção de temperatura para 20°C , utilizando-se uma gota de suco puro de cada repetição, expressando o resultado em $^{\circ}\text{Brix}$. A acidez titulável, expressa em meq L^{-1} , foi determinada por titulometria de neutralização, utilizando 10 mL de suco dos frutos, diluído em água destilada (1:10), que foi titulado com solução de NaOH a 0,1N até pH 8,1. As curvas de calibração foram obtidas com o emprego do software NCS (NIR Calibration Software) vers. 3.0 RC1, o qual relacionou os espectros gerados na

leitura de 20 frutos com os valores do método de referência para determinação do conteúdo de sólidos solúveis, acidez titulável e firmeza de polpa. Os coeficientes de determinação das curvas de calibração foram de 0,80, 0,89 e 0,77 para firmeza de polpa, sólidos solúveis e acidez titulável, respectivamente.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com quatro repetições, sendo a unidade experimental composta por uma planta. A normalidade e a homogeneidade de variâncias dos dados obtidos para cada variável foram verificadas pelo teste Shapiro-Wilk e pelo teste Bartlett (SAS INSTITUTE INC, 2004), respectivamente. As variáveis significativas pelo teste F ($p < 0,05$) tiveram as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro. Para as variáveis relacionadas à frutificação foi efetuada a análise de correlação de Pearson ($p < 0,05$).

4.3 Resultados e Discussão

O número médio de frutos por inflorescência, aos 14 dias após a aplicação dos tratamentos (DAAT), foi influenciado pela aplicação dos fitorreguladores (Figura 4.2a), onde os tratamentos testemunha e PCa 600 mg L⁻¹ foram significativamente inferiores a combinação de AG 20 mg L⁻¹ + TDZ 20 mg L⁻¹, que apresentou a média de 2,9 frutos por inflorescência. A porcentagem de inflorescências de acordo com o número de frutos por inflorescência, aos 14 DAAT, mostrou-se influenciada pela aplicação dos fitorreguladores (Tabela 4.1). Em todos os tratamentos foi verificada a predominância de inflorescências com apenas 1 fruto, sendo verificada a maior proporção de inflorescências nesta classe nos tratamentos testemunha e PCa 600 mg L⁻¹. A porcentagem de inflorescências com 2, 3 e 4 frutos por inflorescência não foi afetada pelo uso dos fitorreguladores, enquanto que na porcentagem de inflorescências com 5 ou mais frutos por inflorescência, os tratamentos PCa 600 mg L⁻¹ + TDZ 200 mg L⁻¹ e AG 20 mg L⁻¹ + TDZ 200 mg L⁻¹ apresentaram 16,1% e 20,7%, sendo significativamente superiores a testemunha, que apresentou apenas 4,3% das inflorescências dentro desta classe.



Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Figura 4.2 Número médio de frutos por inflorescência (a), porcentagem de inflorescência com fruto (b), frutificação efetiva (c) e número médio de frutos por planta (d) aos 14 dias após a aplicação de diferentes fitorreguladores em pereiras 'Shinseiki'. Capão do Leão, RS, 2010.

Os tratamentos com TDZ 20 mg L⁻¹, tanto isoladamente quanto associados a proexadione cálcio e ao ácido giberélico, determinaram aumento significativo da porcentagem de inflorescências com fruto em relação ao tratamento testemunha, que apresentou formação de frutos em apenas 29,3% dos inflorescências (Figura 4.2b). Não foram verificadas diferenças significativas entre os diferentes tratamentos com fitorreguladores quanto a porcentagem de inflorescências com fruto. A mesma resposta foi evidenciada quanto a frutificação efetiva, onde os tratamentos com TDZ apresentaram índices acima de 158% enquanto que a testemunha apresentou 65,6% (Figura 4.2c). O maior número médio de frutos por planta, aos 14 DAAT, foi obtido no tratamento AG 20 mg L⁻¹+TDZ 20 mg L⁻¹, com cerca de 321 frutos por

planta, sendo significativamente superior aos tratamentos testemunha, PCa 600 mg L⁻¹ e PCa 600 mg L⁻¹ + AG 20 mg L⁻¹ (Figura 4.2d).

Tabela 4.1 Porcentagem de inflorescências de acordo com o número de frutos por inflorescência em pereiras ‘Shinseiki’ tratadas com diferentes fitorreguladores durante o florescimento. Capão do Leão, RS, 2010.

Tratamento	Inflorescências com				
	1 fruto	2 frutos	3 frutos	4 frutos	5 ou mais frutos
	 %				
	14 dias após a aplicação dos tratamentos				
1. Testemunha (sem aplicação);	42,5 a	22,3 ^{ns}	21,7 ^{ns}	9,2 ^{ns}	4,3 b
2. Thidiazuron (TDZ) 20 mg L ⁻¹ ;	31,5 ab	24,6	20,7	11,6	11,6 ab
3. Ácido giberélico (AG) 20 mg L ⁻¹ ;	32,3 ab	31,4	15,8	11,0	9,5 ab
4. Proexadione cálcio (PCa) 600 mg L ⁻¹ ;	42,4 a	28,0	14,8	6,6	8,2 ab
5. PCa 600 mg L ⁻¹ + TDZ 20 mg L ⁻¹ ;	27,0 ab	26,7	20,0	10,2	16,1 a
6. PCa 600 mg L ⁻¹ + AG 20 mg L ⁻¹ ;	33,6 ab	23,8	19,9	8,0	14,8 ab
7. AG 20 mg L ⁻¹ + TDZ 20 mg L ⁻¹ .	24,4 b	26,6	15,4	13,0	20,7 a
	50 dias após a aplicação dos tratamentos				
1. Testemunha (sem aplicação);	54,3 ^{ns}	24,5 ^{ns}	13,6 ^{ns}	5,3 ^{ns}	2,3 ^{ns}
2. Thidiazuron (TDZ) 20 mg L ⁻¹ ;	55,0	24,0	14,0	3,5	3,6
3. Ácido giberélico (AG) 20 mg L ⁻¹ ;	48,3	26,6	14,1	6,8	4,3
4. Proexadione cálcio (PCa) 600 mg L ⁻¹ ;	59,3	21,5	8,3	7,3	3,6
5. PCa 600 mg L ⁻¹ + TDZ 20 mg L ⁻¹ ;	45,3	31,5	15,6	4,4	3,3
6. PCa 600 mg L ⁻¹ + AG 20 mg L ⁻¹ ;	53,7	27,3	9,1	4,2	5,7
7. AG 20 mg L ⁻¹ + TDZ 20 mg L ⁻¹ .	49,2	28,4	13,4	5,9	3,2

^{ns} não significativo pelo teste F (p>0,05); Médias seguidas de letras minúsculas iguais, na coluna, não diferem significativamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Não foram verificadas diferenças significativas entre tratamentos em relação ao número médio de inflorescências aos 50 DAAT (Figura 4.3 a), sendo observados 1,8 frutos por inflorescência na média dos tratamentos. Aos 50 DATT, a porcentagem de inflorescências de acordo com o número de frutos presente em cada inflorescência não foi afetada pelos fitorreguladores, havendo o predomínio de inflorescências com apenas 1 fruto em todos os tratamentos (Tabela 4.1). Tal resposta evidencia que os fitorreguladores aplicados inicialmente estimularam a maior fixação de frutos por inflorescência, como observado aos 14 DAAT, porém este efeito foi anulado com o tempo, possivelmente pela degradação das substâncias fitorreguladoras, havendo queda de frutos devido à competição por assimilados entre os mesmos. Bangerth (2006) e Lakso et al. (2006) observaram, em frutos em abscisão, reduzido transporte polar de auxina do fruto para o pedúnculo associado ao reduzido suprimento de carboidratos para os frutos. Segundo Tromp e Wertheim (2005), quando frutos

partenocárpicos e frutos com sementes estão presentes na mesma inflorescência, ambos apresentaram bom desenvolvimento inicial, porém após o estabelecimento da competição por assimilados existe a tendência de abscisão dos frutos sem sementes. Segundo estes autores, os ovários partenocárpicos apresentam maior conteúdo de auxinas e giberelinas antes e durante a floração do que frutos com sementes, porém, após a floração, os frutos com sementes são os únicos capazes de sintetizar os hormônios necessários a manutenção da capacidade de importação de assimilados. Com base nos resultados do presente trabalho, pode-se sugerir a aplicação adicional de fitorreguladores posteriormente ao pleno florescimento, visando maximizar o número de frutos por planta em função do aumento de frutos por inflorescência.

Apesar de não existir efeito significativo no número médio de frutos por inflorescência aos 50 DAAT, o número médio de frutos por planta foi afetado pelo uso dos fitorreguladores (Figura 4.3d), onde a combinação de AG 20 mg L⁻¹ + TDZ 20 mg L⁻¹ mostrou-se significativamente superior à testemunha. O maior número de frutos obtido por planta neste tratamento pode ser justificado pela maior porcentagem de inflorescências com fruto e a maior frutificação efetiva verificados neste tratamento (Figura 4.3b, Figura 4.3c). Resultados obtidos por Chitu et al. (2008) em pereiras 'Beurré Bosc' e 'Triumf' mostram a eficácia do ácido giberélico no aumento da frutificação efetiva, por estimular a formação de frutos partenocárpicos, sendo este o fator determinante no uso de tais substâncias. Da mesma forma, trabalhos realizados por Greene (1995), Petri et al. (2001), Amarante et al. (2003) destacam a eficiência do thidiazuron na maximização da frutificação efetiva de pomáceas. O tratamentos TDZ 20 mg L⁻¹ e AG 20 mg L⁻¹ aplicados isoladamente não diferiram significativamente do tratamento com combinação destas substâncias quanto ao número médio de frutos por planta, o que indica a ausência de aditividade e sinergismo entre o thidiazuron e o ácido giberélico quando aplicados conjuntamente.

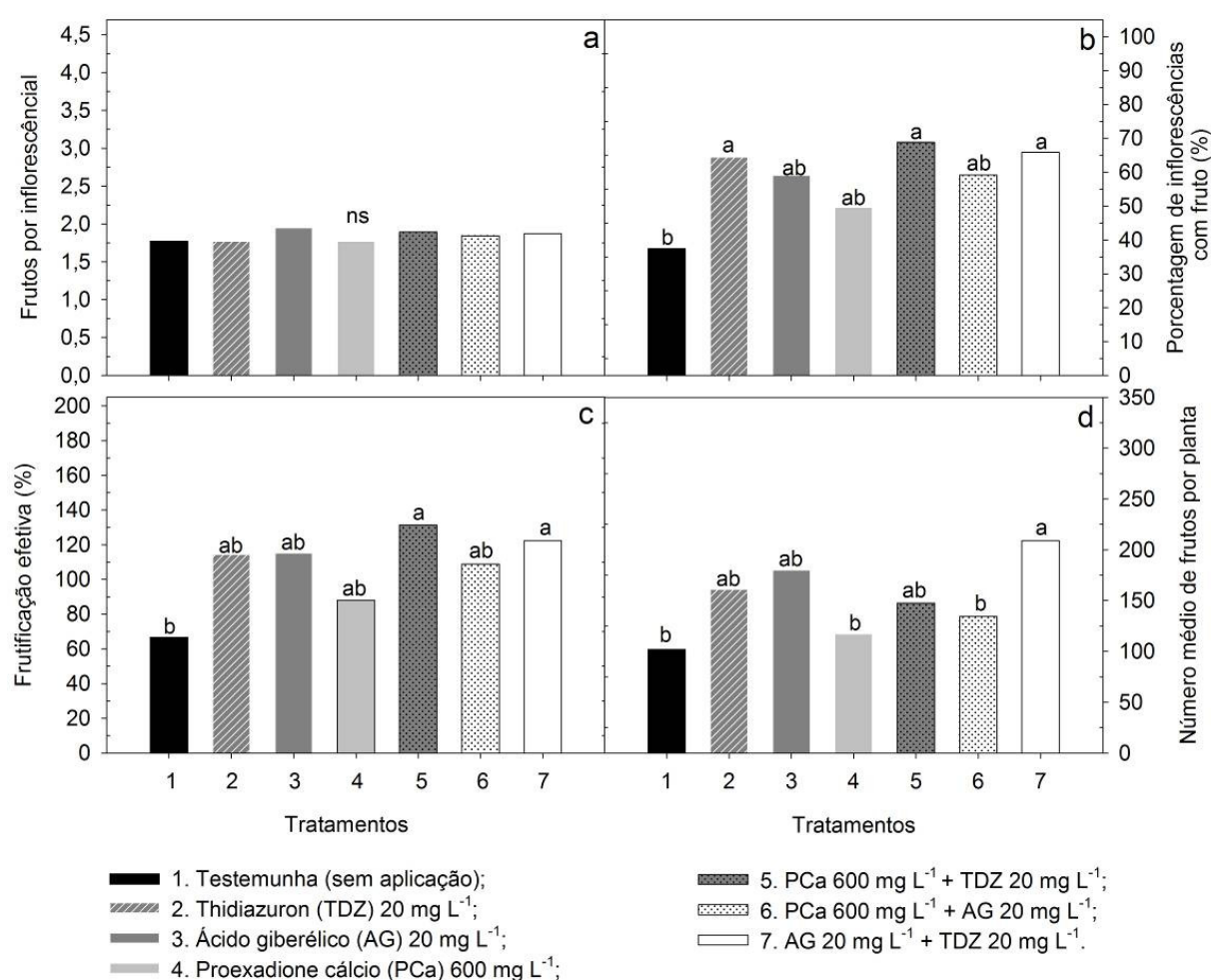


Figura 4.3 Número médio de frutos por inflorescência (a), porcentagem de inflorescências com fruto (b), frutificação efetiva (c) e número médio de frutos por planta (d) aos 50 dias após a aplicação de diferentes fitorreguladores em pereiras 'Shinseiki'. Capão do Leão, RS, 2010.

Nas avaliações relacionadas ao crescimento dos frutos, realizadas aos 50, 67 e 86 dias após a aplicação dos tratamentos, não foram observadas diferenças significativas entre tratamentos quanto ao diâmetro, comprimento médio dos frutos e a relação entre as dimensões comprimento/diâmetro dos frutos (Figura 4.4). Esta resposta indica que o padrão de crescimento dos frutos mostrou-se inalterado pelo uso de fitorreguladores na floração.

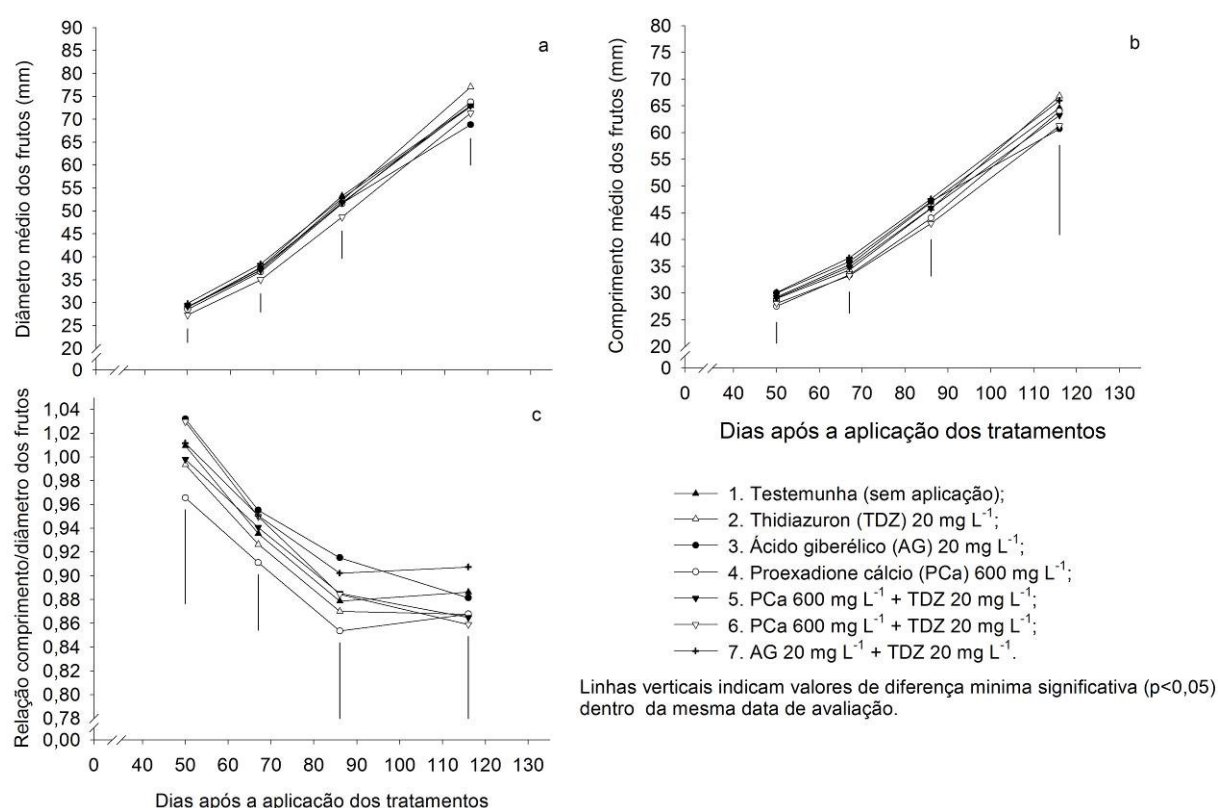


Figura 4.4 Diâmetro médio dos frutos (a), comprimento médio dos frutos (b), relação comprimento/diâmetro dos frutos (c) aos 50, 67, 86 e 116 dias após a aplicação de diferentes tratamentos com fitorreguladores em pereiras 'Shinseiki'. Capão do Leão, RS, 2010.

Na colheita dos frutos, aos 116 DAAT, não foram observadas diferenças significativas entre tratamentos quanto ao comprimento médio dos frutos e a relação comprimento/diâmetro, sendo observado que os frutos do tratamento TDZ 20 mg L⁻¹ apresentam diâmetro médio significativamente superior ao observado no tratamento AG 20 mg L⁻¹ (Figura 4.5). A ausência de efeito significativo dos fitorreguladores quanto a relação comprimento/diâmetro dos frutos indica que as substâncias utilizadas e suas combinações não determinaram modificações significativas quanto ao formato dos frutos. Em contrapartida, Tavares et al. (2002), avaliando o uso de diferentes fitorreguladores na frutificação de pereiras 'Garber', observaram que o uso de thidiazuron determinou maior índice de deformação dos frutos em relação a outras substâncias, como o ácido giberélico, ácido naftaleno acético e a aminoetoxivinilglicina. Vercammen e Gomand (2008) observaram aumento significativo do número de frutos alongados pelo uso de giberelinas, como o ácido giberélico, durante a floração, enquanto que Amarante et al. (2003) observaram

resposta similar pela aplicação de thidiazuron em maçãs 'Gala'. O thidiazuron afeta o direcionamento da divisão e expansão celular resultando na maior elongação de frutos (GREENE, 1995), devido a limitada mobilidade e redistribuição do thidiazuron no local de aplicação (BIASI et al., 1993).

Os tratamentos AG 20 mg L⁻¹, TDZ 20 mg L⁻¹ e AG 20 mg L⁻¹ + TDZ 20 mg L⁻¹ determinaram aumento significativo na massa de frutos por planta em relação aos demais tratamentos, sendo a mesma resposta obtida para o número de frutos por planta (Figura 4.5). A aplicação de proexadione cálcio isoladamente não determinou aumento na massa e no número de frutos por planta (Figura 4.3d), não corroborando com resultados obtidos por Villardell et al. (2008) em pereiras 'Abate Fetel'. Segundo estes autores, as aplicações de proexadione cálcio efetuadas durante a plena floração, ou até 10 dias após, aumentaram a produção de frutas em relação às plantas não tratadas, não sendo efetivo quando aplicado antes do pleno florescimento. Vanthournout et al. (2008) não observaram efeito significativo de aplicações de proexadione cálcio durante o florescimento sobre a produção de peras 'Conference'. Em contrapartida, Vercammen e Gomand (2008) indicam a aplicação de proexadione cálcio 2 a 3 semanas após a plena floração, visando minimizar a competição entre o desenvolvimento vegetativo e os frutos formados, minimizar a produção de etileno, objetivando a diminuição da abscisão de frutos.

A maior massa média dos frutos foi obtida nos tratamentos testemunha e TDZ 20 mg L⁻¹, sendo significativamente superiores aos tratamentos PCa 600 mg L⁻¹ + TDZ 20 mg L⁻¹, PCa 600 mg L⁻¹ + AG 20 mg L⁻¹ e AG 20 mg L⁻¹ + TDZ 20 mg L⁻¹ (Figura 4.5). A superioridade do tratamento testemunha na massa média dos frutos pode ser atribuída a menor massa total e número de frutos produzidos por planta. Entretanto, esta justificativa não é válida para o tratamento TDZ 20 mg L⁻¹, visto que este tratamento apresentou maior número e massa de frutos por planta. Segundo Greene (1995), o thidiazuron aumenta a divisão celular nos tecidos do fruto, aumentando o número de células e consequentemente o tamanho final dos frutos.

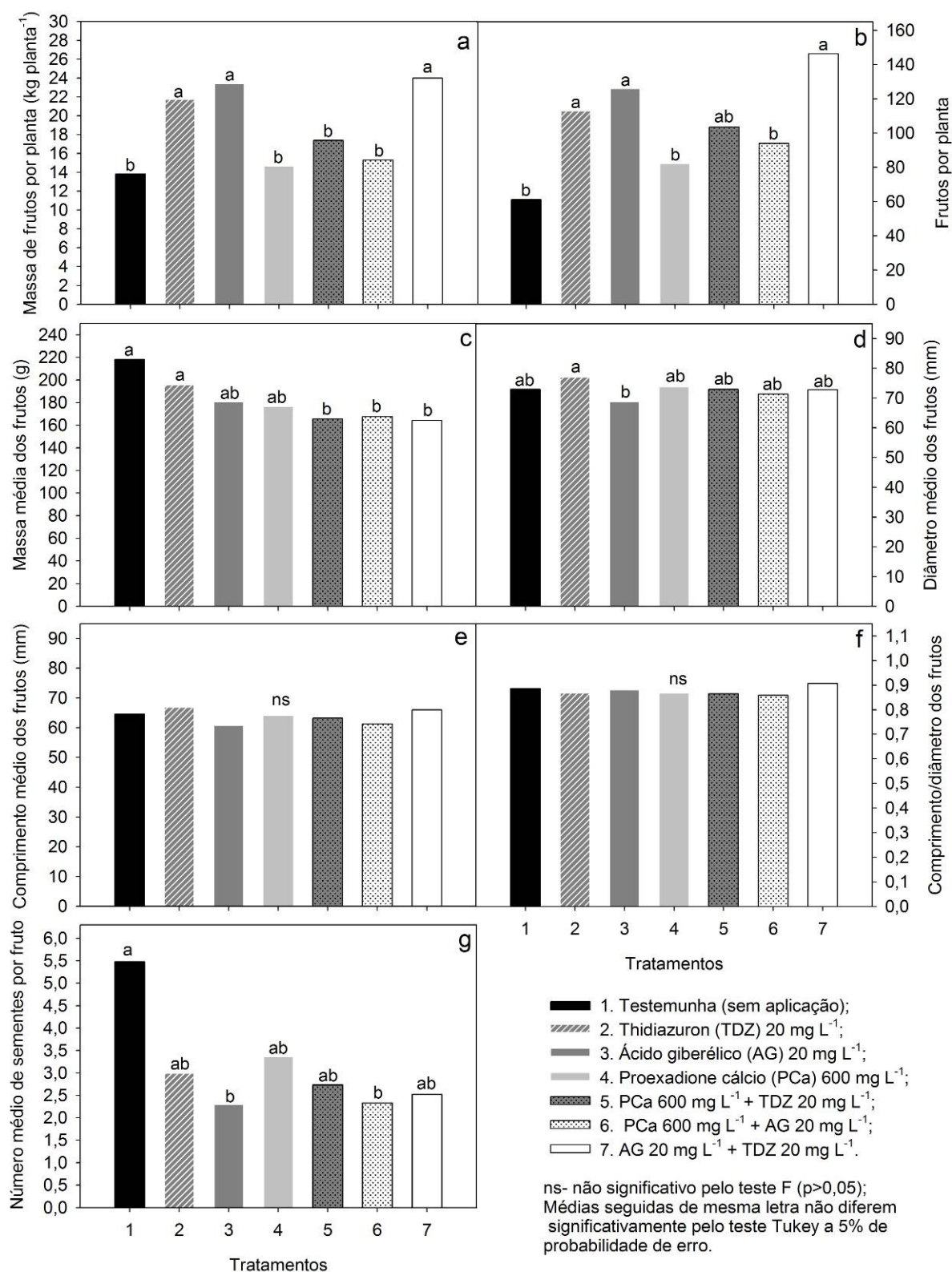


Figura 4.5 Massa de frutos por planta (a), número de frutos por planta (b), massa média dos frutos (c), diâmetro médio (c), comprimento médio (e), relação comprimento/diâmetro dos frutos (f) e número médio de sementes por fruto (g) em pereiras ‘Shinseiki’ tratadas com diferentes fitorreguladores durante a floração. Capão do Leão, RS, 2010.

O número médio de sementes por fruto foi influenciado pela aplicação dos fitorreguladores, onde o tratamento testemunha apresentou-se significativamente superior aos tratamentos com AG 20 mg L⁻¹ e PCa 600 mg L⁻¹ + AG 20 mg L⁻¹. Os demais fitorreguladores e combinações destes mostram menor número de sementes, embora não tenham diferido significativamente. Greene (1995) observou que a aplicação de thidiazuron em macieiras 'McIntosh' determinou redução do número médio de sementes em relação às plantas não tratadas, assim como observado por Petri et al. (2001) em pereiras 'Packham's Triumph', e Vercammen e Gomand (2008) em pereiras 'Conference'. De acordo com Tromp e Wertheim (2005), quando ocorre a competição por nutrientes entre o embrião e o endosperma da semente durante o processo de formação da semente após a fertilização, pode ocorrer a paralisação do desenvolvimento ou aborto do embrião induzido pela competição com ramos em crescimento ou frutos adjacentes necessitando amplo suprimento de nutrientes. Assim, o maior número de frutos presentes por inflorescência e por planta proporcionada inicialmente pelos fitorreguladores podem ter aumentado significativamente a demanda por assimilados, comprometendo o suprimento para o embrião das sementes, determinando o aborto dos mesmos.

Segundo Tromp e Wertheim (2005), a forma dos frutos pode ser determinada pelo número de sementes nos frutos. O número médio de sementes mostrou-se positivamente correlacionado no aumento do diâmetro e do comprimento médio dos frutos, porém não mostrou determinante no formato dos frutos, visto a não significância da correlação entre a relação comprimento/diâmetro dos frutos e o número médio de sementes (Tabela 4.2).

Tabela 4.2 Coeficientes de correlação de Pearson entre variáveis relacionadas à frutificação de pereiras ‘Shinseiki’ em distintos tratamentos com fitorreguladores. Capão do Leão, RS, 2010.

Variáveis	Coeficiente de correlação de Pearson							
	DMF	CMF	RCD	NMS	SS	FP	AT	MFP
MMF	0,42*	0,34 ^{ns}	-0,04 ^{ns}	0,30 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,21 ^{ns}
DMF	-	0,79**	-0,16 ^{ns}	0,49*	0,37 ^{ns}	-0,33 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,11 ^{ns}
CMF	-	-	0,48*	0,49*	0,47*	-0,36 ^{ns}	-0,06 ^{ns}	0,16 ^{ns}
RCD	-	-	-	0,06 ^{ns}	0,23 ^{ns}	-0,07 ^{ns}	-0,14 ^{ns}	0,11 ^{ns}
NMS	-	-	-	-	0,70**	0,03 ^{ns}	-0,42*	-0,23 ^{ns}
SS	-	-	-	-	-	-0,19 ^{ns}	-0,57**	-0,44*
FP	-	-	-	-	-	-	0,05 ^{ns}	-0,11 ^{ns}
AT	-	-	-	-	-	-	-	0,10 ^{ns}

MMF = massa média de frutos; DMF = diâmetro médio dos frutos; CMF = comprimento médio dos frutos; RCD = relação comprimento/diâmetro dos frutos; NMS = número médio de sementes por fruto; SS = conteúdo de sólidos solúveis; FP = firmeza de polpa; AT = acidez titulável; MFP = massa de frutos por planta. ^{ns} não significativo pelo teste t ($p > 0,05$); **, * significativo pelo teste t a 1% e a 5% de probabilidade de erro, respectivamente.

A firmeza de polpa das frutas assim como a acidez titulável mostraram-se inalteradas pelo uso dos fitorreguladores (Figura 4.6). Os tratamentos PCa 600 mg L⁻¹ + TDZ 20 mg L⁻¹, PCa 600 mg L⁻¹ + AG 20 mg L⁻¹ e AG 20 mg L⁻¹ + TDZ 20 mg L⁻¹ apresentaram conteúdo de sólidos solúveis inferiores ao obtido com o tratamento testemunha, porém não diferiram significativamente dos demais tratamentos. Amarante et al. (2003) observaram diminuição do conteúdo de sólidos solúveis em maçãs ‘Gala’, enquanto em macieiras ‘Fuji’ o efeito mostrou-se contrário. Com base na magnitude do coeficiente de correlação entre as variáveis número de sementes e conteúdo de sólidos solúveis (Tabela 4.2), pode-se inferir que as diferenças significativas existentes entre as combinações de fitorreguladores com a testemunha possam ser advindas da maior quantidade de sementes nos frutos das plantas testemunha. O maior número de sementes por fruto pode ter influenciado positivamente a capacidade de importação de assimilados dos frutos, determinando aumento do conteúdo de sólidos solúveis.

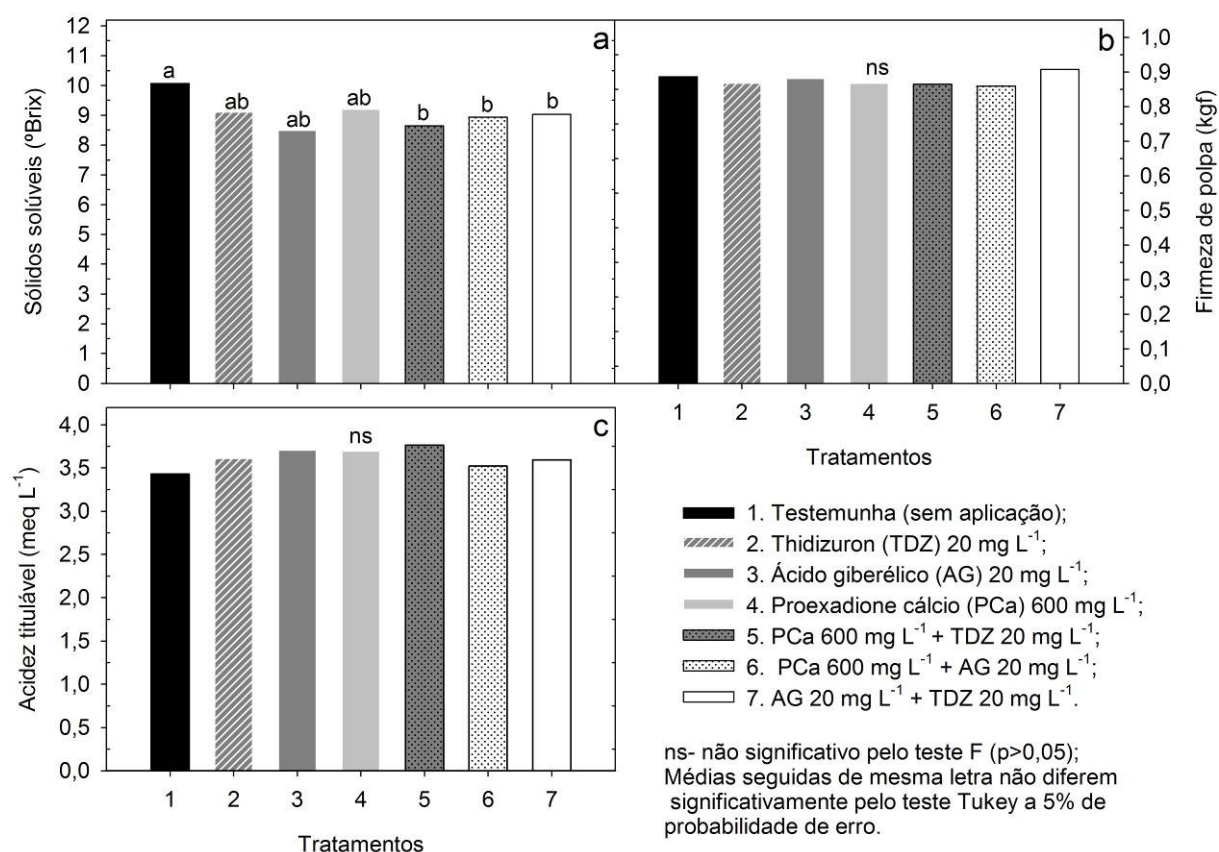


Figura 4.6 Efeito da aplicação de fitorreguladores durante o florescimento sobre o conteúdo de sólidos solúveis totais (a), firmeza de polpa (b) e acidez titulável (c) em peras ‘Shinseiki’. Capão do Leão, RS, 2010.

4.4 Conclusões

A aplicação de thidiazuron 20 mg L⁻¹, ácido giberélico 20 mg L⁻¹ e a combinação destas substâncias durante a plena floração aumentaram significativamente a frutificação e a produção de pereiras ‘Shinseiki’.

O formato de peras ‘Shinseiki’ não se mostra influenciado pela aplicação dos fitorreguladores avaliados.

O proexadione cálcio, quando aplicado na floração isoladamente ou em combinação ao thidiazuron e ao ácido giberélico, não se mostrou efetivo no aumento da frutificação e na produção de frutos.

A utilização dos fitorreguladores determinou diminuição do número médio de sementes por fruto.

4.5 Referências Bibliográficas

- AMARANTE, C.V.T.; ERNANI, P.R.; BLUM, L.E.B.; MEGGUER, C.A. Efeito do thidiazuron no crescimento, no florescimento, na frutificação e na nutrição em macieiras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n.10, p. 1365-1372, 2002.
- AMARANTE, C.V.T.; MEGGUER, C.A.; BLUM, L.E.B. Effect of preharvest spraying with thidiazuron on fruit quality and maturity of apples. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 59-62, 2003.
- BANGERTH, F. Flower induction in perennial fruit trees: still an enigma? **Acta Horticulturae**, Saltillo, v. 727, p.177-195, 2006.
- BIASI, R.; NERI, D.; SUGIYMA, N.; COSTA, C.C. CPPU influence fruit quality, fruit set, return bloom, and preharvest drop of apple. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v. 329, v. 1, p. 101-104, 1993.
- CHITU, V.; CHITU, E.; BRANISTE, N. Effects of GA3 and paclobutrazol treatment on fruit set and yield of 'Beurré Bosc' and 'Triumph' pears cultivars. **Acta Horticulturae**, Peniche, v. 800, n. 1, p. 163-168, 2008.
- COSTA, G.; ANDREOTTI, C.; SABATINI, E.; BREGOLI, A.M.; BUCCHI, F.; SPADA, G.; MAZZINI, F. The effect of prohexadione-Ca on vegetative and cropping performance and fire blight control of pear trees. **Acta Horticulturae**, Ferrara-Bologna, v. 596, p. 531-534, 2002.
- FAOSTAT. **Food and Agriculture Organization of the United Nations Statical Databases**. Disponível em <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor> Acesso em 10 mai. 2010.
- GREENE, D.W. Endogenous hormones and bioregulators use on apples. In: FERREE, D.C. WARRINGTON, I.J. **Apples: botany, production and uses**. CABI Publishing, Cambridge, 2003, p. 437-458.
- GREENE, D.W. Thidiazuron effects on fruit set, fruit quality, and return bloom of apples. **HortScience**, Alexandria, v. 30, n. 6, p. 1238-1240, 1995.
- HIRATSUKA, S.; ZHANG, S-L. Relationships between fruit set, pollen-tube growth, and S.RNase concentration in the self-incompatible Japanese pear. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 95, p. 309-318, 2002.
- JACKSON. J.E. Apples and pears and their relatives. In: JACKSON, J.E. **Biology of apples and pears**. Cambridge: Cambridge University Press, 2003. p. 22-83.

- LAFER, G. Effects of different bioregulator applications on fruit set, yield and fruit quality of 'Williams' pears. **Acta Horticulturae**, Peniche, v. 800, p. 183-188, 2008.
- LAKSO, A.N.; ROBINSON, T.L.; GREENE, D.W. Integration of environment and fruit abscission via carbon balance modeling – implications for understanding growth regulators response. **Acta Horticulturae**, Saltillo, v. 727, p. 321-326, 2006.
- LEITE, G.B.; PETRI, J.L.; HAWERROTH, F.J. **Problemática da frutificação efetiva na cultura da Pereira**. In: II Reunião técnica da cultura da pereira. Anais, Lages p. 45-48, 2008.
- NAKASU, B. H.; BARBOSA, W. ; FAORO, I. D.; HERTER, F. G. ; PEREIRA, J. F. M.; RASEIRA, M. C. B.; DEGENHARDT, J. Parte 5 - Frutas subtropicais e temperadas. Capítulo 6 - **Pêra**. In: Ana Cristina Sagebin Albuquerque; Aliomar Gabriel da Silva. (Org.). Agricultura Tropical. Quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas. 1 ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, v. 1, p. 511-518, 2008.
- OLMSTED, R.G. The origin and function of self-incompatibility in flowering plants. **Sexual Plant Reproduction**, Heidelberg, v. 2, n. 3, p. 127-136, 1989.
- OWENS, C.L.; STOVER, E. Vegetative growth and flowering of young apple trees in response to prohexadione calcium. **HortScience**, Alexandria, v. 34, p. 1194-1196, 1999.
- PETRI, J.L. **Problemática da cultura da pereira no Brasil**. In: II Reunião técnica da cultura da pereira. Anais, Lages, p. 17-19, 2008.
- PETRI, J.L.; SCHUCK, E.; LEITE, G.B. Efeito do thidiazuron (TDZ) na frutificação de fruteiras de clima temperado. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 3, p. 513-517, 2001.
- PETRI, J.L.; HAWERROTH, F.J.; LEITE, G.B. Fenologia de espécies silvestres de macieira como polinizadoras das cultivares Gala e Fuji. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 4, p. 868-874, 2008.
- SAS INSTITUTE INC. **Base SAS® Procedures Guide**, Cary, NC: SAS Institute Inc., 2004. 1861p.
- SILVA, A. **Polinização**. In: O livro da pêra Rocha. Associação Nacional dos Produtores de Pêra Rocha. Cadaval, Portugal, p. 184, 2001.
- SMIT, M.; MEINTJES, J.J.; JACOBS, G. P.; STASSEN, J.C.; THERON, K.I. Shoot growth control of pear trees (*Pyrus communis* L.) with prohexadione-calcium. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 106, p. 515-529, 2005.

- TAVARES, J.C.; FACHINELLO, J.C.; SILVA, J.B.; HERTER, F.G. Fitorreguladores no aumento da frutificação efetiva e partenocarpia em peras cv. Garber. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 3, p. 629-630, 2002.
- THERON, K.I.; LE GRANGE, M.; SMIT, M.; REYNOLDS, S.; JACOBS, G. Controlling vigour and colour development in the bi-coloured pear cultivar Rosemarie. **Acta Horticulturae**, Ferrara-Bologna, v. 596, p. 753-756, 2002.
- TROMP, J.; WEIRTHEIM, S.J. **Fruit growth and development**. In: Fundamentals of Temperature Zone Tree Fruit Production. Backhuys Publishers. Leiden, The Netherlands, 2005. p. 240-266.
- VANTHOURNOUT, S.; VALCKE, R.; DECKERS, T. The use of gibberellins and prohexadione-Ca treatments for fruit set improvement on 'Conference' pear. **Acta Horticulturae**, Peniche, v. 800, p. 175-178, 2008.
- VERCAMMEN, J; GOMAND, A. Fruit set of 'Conference': a small dose of gibberellins or Regalis. **Acta Horticulturae**, Peniche. v. 800, n.1, p. 131-138, 2008.
- VILLARDELL, P.; PAGÉS, J.M.; ASÍN, L. Effect of bioregulator applications on the fruit set in 'Abate Fetel' pear trees. **Acta Horticulturae**, Peniche, v. 800, p. 169-174, 2008.
- WEIRTHEIM, S.J.; WEBSTER, A.D. **Manipulation of growth and development by plant bioregulators**. In: Fundamentals of Temperate Zone Tree Fruit Production. Backhuys Publishers. Leiden, The Netherlands, 2005. p. 267-294.
- YAMAGUCHI, M.; HAJI, T.; MIYAKE, M.; YAEGAKI, H. Varietal difference in cell division and enlargement periods during peach (*Prunus persica* Batsch) fruit development. **Journal of Japanese Society for Horticultural Science**, Tokyo, v. 71, p. 155-163, 2002.

Considerações Finais

As condições climáticas do Sul do Brasil, caracterizadas pela alta precipitação pluvial anual, altas temperaturas no período de crescimento, períodos hibernais curtos e com insuficiente acúmulo de frio, favorecem o maior desenvolvimento vegetativo de macieiras e pereiras, sobretudo quando utilizado porta-enxertos vigorosos, e em anos de baixa frutificação. A utilização de interenxertos e porta-enxertos de menor vigor é usual no sistema de produção de maçãs no Brasil, onde a redução do desenvolvimento vegetativo insere-se como um dos principais objetivos de seu uso. No entanto, apesar do uso desta técnica, o desenvolvimento vegetativo das cultivares de macieira cultivadas no país não é efetivamente controlado. A utilização de fitorreguladores, como o proexadione cálcio, mostrou-se eficiente no controle do desenvolvimento vegetativo de macieiras 'Imperial Gala' e 'Fuji Suprema' enxertadas sobre Marubakaido/M9, reduzindo a massa total e a massa média de ramos, assim como o comprimento médio dos ramos, nas condições climáticas do Sul do Brasil.

O aumento da produção de maçãs 'Imperial Gala' proporcionado pelo uso do proexadione cálcio, em concentrações de 165 a 330 g ha⁻¹, evidencia o potencial de aumento da capacidade produtiva dos pomares quando utilizado técnicas efetivas no controle do desenvolvimento vegetativo, no intuito de equilibrá-lo em níveis compatíveis a frutificação das plantas. Da mesma forma, níveis moderados de restrição do desenvolvimento vegetativo proporcionado pelo proexadione cálcio contribuíram para o aumento dos teores de cálcio na polpa de maçãs 'Fuji Suprema'. No entanto, constatou-se que a demasiada restrição do desenvolvimento vegetativo tende a reduzir a produtividade devido a limitação da superfície fotossintetizante, exemplificada pela redução da produção por planta quando aplicado altas concentrações de proexadione cálcio, especialmente em macieiras 'Fuji Suprema'.

A cultura da pereira necessita de práticas culturais eficientes no controle do desenvolvimento vegetativo, sobretudo para pereiras asiáticas que não dispõem de muitas opções de porta-enxertos de menor vigor, visto que a maioria das cultivares copa utilizadas no Brasil apresenta abundante crescimento de ramos. A utilização do proexadione cálcio em pereiras 'Hosui', enxertadas em porta-enxerto vigoroso, mostrou-se efetiva no controle do desenvolvimento vegetativo, visto a significativa redução da massa total e do número de ramos podados proporcionado pelo uso deste fitorregulador, de modo a minimizar a necessidade de poda hiberna. Igualmente ao observado em macieiras 'Imperial Gala', o uso do proexadione cálcio, por meio da redução do desenvolvimento vegetativo, determinou aumento da capacidade produtiva de pereiras 'Hosui', em concentrações de 450 a 750 g ha⁻¹. O uso de concentrações de proexadione cálcio superiores a este limite, mostrou a tendência de redução da produção de frutos por planta, justificada pela demasiada restrição da superfície fotossintética da planta. Em função de que o tamanho médio dos ramos podados não foi alterado pelo uso do proexadione cálcio na época e nas concentrações utilizadas neste estudo, pode ser sugerido a realização de outros estudos, para avaliar combinações de épocas de aplicação e concentrações deste fitorregulador, no intuito de minimizar o tamanho médio dos ramos, maximizando o número de ramos produtivos para os ciclos de produção subsequentes.

Nos trabalhos realizados com a macieira e com a pereira sobre o uso do proexadione cálcio não foram realizadas avaliações específicas para mensuração do ataque de pragas e doenças. Porém, na execução destes trabalhos observaram-se indícios de que a eficiência dos tratamentos fitossanitários tenha sido otimizada pelo uso do proexadione cálcio, devido a diminuição do dossel vegetativo. Segundo Rademacher (2009), a redução do desenvolvimento vegetativo pelo proexadione cálcio permite reduzir o período de molhamento foliar e aumentar a cobertura das pulverizações, diminuindo os danos causados por pragas e doenças. Além disso, o proexadione cálcio pode alterar o metabolismo de flavonóides em pomáceas, no sentido de induzir a formação de luteoforol, composto que promove maior resistência à patógenos, como abordado por Costa et al. (2004b), Norelli e Miller (2004) e Spinelli et al. (2005). Trabalhos de Krawczyk e Greene (2002) e Paulson et al. (2006) indicam que este fitorregulador pode reduzir a incidência de diversos insetos-praga. Desta maneira, além dos resultados positivos em relação a diminuição da necessidade de poda hiberna e aumento da capacidade produtiva de macieiras e

pereiras, podem ser obtidos benefícios substanciais em relação a questão fitossanitária pelo uso do proexadione cálcio no manejo destas culturas. Para tanto, estudos futuros nesta linha de pesquisa tornam-se fundamentais.

Em relação ao uso de fitorreguladores na floração, o thidiazuron e o ácido giberélico foram as substâncias que proporcionaram aumento mais expressivo na frutificação e na produção de frutos em pereiras 'Shinseiki'. A utilização do proexadione cálcio, mesmo associada a substâncias que induzem a partenocarpia, não se mostrou efetiva no aumento da frutificação, quando este fitorregulador foi aplicado na floração. No entanto, frente aos resultados positivos evidenciados nos trabalhos com proexadione cálcio na produção de frutos, quando aplicado posteriormente ao florescimento, a utilização do ácido giberélico e/ou do thidiazuron no florescimento, associado ao uso do proexadione cálcio no decorrer do ciclo, pode proporcionar aumento da frutificação de pereiras, consistindo-se em um interessante objeto de estudo em pesquisas futuras.

Diante dos resultados obtidos neste trabalho de tese, fica evidente a importância e o potencial de utilização de fitorreguladores no manejo da macieira e da pereira nas condições climáticas do Sul do Brasil, visando o controle do desenvolvimento vegetativo e para o aumento da frutificação nestas espécies. Para tanto, são necessários mais estudos nesta linha de pesquisa no intuito de aperfeiçoar seu uso e eficiência, para que esta tecnologia seja devidamente disponibilizada ao setor produtivo.

Referências Bibliográficas (Introdução e Considerações Finais)

- ASIN, L.; VILARDELL, P. Effect of paclobutrazol and Prohexadione-Calcium on shoot growth rate and growth control in “Blanquilla” and “Conference” Pear. **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 727, p. 133-138, 2006.
- BASAK, A. Growth and fruiting of “Elstar” apple trees in response to prohexadione calcium depending on the rootstock. **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 653, p. 117-126, 2004.
- BONETTI, J.I.S.; CESA, J.D.; PETRI, J.L.; BLEICHER, J. Evolução da cultura da macieira. In: EPAGRI. **A cultura da macieira**. Florianópolis: EPAGRI, 2006. p. 37-58.
- CORELLI GRAPPADELLI, L. Light relations. In: FERREE, D.C.; WARRINGTON, I.J. **Apples, production, botany and uses**. CAB International, Wallingford, UK, 2003. p. 195-216.
- COSTA, G.; SABATINI, E.; SPINELLI, F.; ANDREOTTI, C.; SPADA, G.; MAZZINI, F. Prohexadione-Ca controls vegetative growth and cropping performance in pear. **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 653, p. 35-40, 2004a.
- COSTA, G.; SPINELLI, F.; SABATINI, E.; RADEMACHER, W. Incidence of scab (*Venturia inaequalis*) in apple as affected by different plant bioregulators. **Acta Horticulturae**, Seoul, v. 653, p. 133-137, 2004b.
- FAOSTAT. **Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistical Databases**. Disponível em <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor> Acesso em 20 set. 2010.
- GREENE, D.W. Endogenous hormones and bioregulators use on apples. In: FERREE, D.C. WARRINGTON, I.J. **Apples: botany, production and uses**. CABI Publishing, Cambridge, 2003, p. 437-458.

- HIRATSUKA, S.; ZHANG, S-L. Relationships between fruit set, pollen-tube growth, and S.RNase concentration in the self-incompatible Japanese pear. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 95, p. 309-318, 2002.
- JACKSON. J.E. Apples and pears and their relatives. In: JACKSON, J.E. **Biology of apples and pears**. Cambridge: Cambridge University Press, 2003. p. 22-83.
- KRAWCZYK, G.; GREENE, G.M. The impact of plant growth regulator Apogee on insect pest populations and fruit quality. **Pennsylvania Fruit News**, v. 82, p. 18-24, 2002.
- LEITE, G.B.; PETRI, J.L.; HAWERROTH, F.J. **Problemática da frutificação efetiva na cultura da Pereira**. In: II Reunião técnica da cultura da pereira. Anais, Lages, p. 45-48, 2008.
- MEDJDOUB, R.; VAL, J.; BLANCO, A. Prohexadione-Ca inhibits vegetative growth of 'Smoother Golden Delicious' apple trees. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 101, p. 243-253, 2004.
- MILLER, S.S. Prohexadione-calcium controls vegetative shoot growth in apple. **Journal of Tree Fruit Production**, Binghamton, v. 31, n. 1, p. 11-28, 2002.
- NAKASU, B. H. ; BARBOSA, W. ; FAORO, I. D. ; HERTER, F. G. ; PEREIRA, J. F. M. ; RASEIRA, M. C. B. ; DEGENHARDT, J. . Parte 5 - Frutas subtropicais e temperadas. Capítulo 6 - **Pêra**. In: Ana Cristina Sagebin Albuquerque; Aliomar Gabriel da Silva. (Org.). Agricultura Tropical. Quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas. 1 ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, v. 1, p. 511-518, 2008.
- NORELLI, J.L.; MILLER, S.S. Effect of prohexadione-calcium dose level on shoot growth and fire blight in young apple trees. **Plant Disease**, St. Paul, v. 88, p. 1099-1106, 2004.
- PAULSON, G.S.; HULL, L.A.; BIDDINGER, D.J. Effect of a plant growth regulator prohexadione-calcium on insect pests of apple and pear. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 98, p. 423-431, 2005.
- PETRI, J.L. **Problemática da cultura da pereira no Brasil**. In: II Reunião técnica da cultura da pereira. Anais, Lages, p.17-19, 2008.
- PETRI, J.L; LEITE, G.B. Macieira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 4, 2008.

- PRIVÉ, J. P. FAVA, E., CLINE, J. E., BYL, M. Preliminary results on the efficacy of apple trees fruit with the growth retardant Prohexadione–Calcium (Apogee) in the Eastern Canada. **Acta Horticulturae**, Toronto, v. 636, p. 137-144, 2004.
- RADEMACHER, W. Growth retardants: effects on gibberelin biosynthesis and other metabolic pathways. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 51, p. 501-531, 2000.
- RADEMACHER, W. Prohexadione-Ca – A new plant bioregulator for use in apple production. In: Encontro sobre Fruticultura de Clima Temperado, 11, 2009, Fraiburgo, SC, **Anais...** Caçador: Epagri, v.1 (Palestras), 2009, p. 1-10.
- SHARMA, S.; REHALIA, A.S.; SHARMA, S.D. Vegetative growth restriction in pome and stone fruits – A review. **Agricultural Reviews**, New Delhi, v. 30, n. 1, p. 13-23, 2009.
- SPINELLI, F.; SPEAKMAN, J.B.; RADEMACHER, W.; HALBWIRTH, H.; STICH, K.; COSTA, G. Luteoforol, a flavan 4-ol, is induced in pome fruits by prohexadione-Ca and shows phytoalexin-like properties against *Erwinia amylovora* and other plant pathogens. **European Journal of Horticultural Science**, Stuttgart, v. 111, p. 1-10, 2005.
- VERCAMMEN, J; GOMAND, A. Fruit set of ‘Conference’: a small dose of gibberellins or Regalis. **Acta Horticulturae**, Peniche. v. 800, n. 1, p. 131-138, 2008.
- WEBSTER, A.D. Shoot growth. In: TROMP, J.; WEBSTER, A.D.; WERTHEIM, S.J. **Fundamentals of Temperature Zone Tree Fruit Production**. Backhuys Publishers. Leiden, The Netherlands, 2005. p. 120-135.

Vitae

Fernando José Hawerth nasceu em 10 de março de 1984, filho de José Maria Hawerth e Laurita Maria Rohling Hawerth, natural do município de Caçador/SC. Em 2002, ingressou na Faculdade de Agronomia do Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina (CAV/UDESC). Durante a graduação foi bolsista de Extensão e bolsista de Iniciação Científica Probic/UDESC no período de fevereiro de 2003 à julho de 2006, tendo o Dr. Julio Cesar Pires Santos como orientador. Ao final de 2006 obteve o título de Engenheiro Agrônomo, sendo agraciado com o prêmio de 'Primeiro Colocado no Curso de Agronomia CAV/UDESC, turma 2006/2', promovido pelo Conselho Regional de Engenharia, Agronomia e Arquitetura de Santa Catarina (CREA/SC). Em março de 2007 ingressou no mestrado, no Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Pelotas (PPGA/UFPEL), na área de concentração em Fruticultura de Clima Temperado. Em 2009, conclui o mestrado, tendo desenvolvido o trabalho intitulado 'Dormência de gemas sob influência da temperatura durante o período hibernar e resposta produtiva da macieira pelo uso de indutores de brotação', sob orientação do Dr. Flavio Gilberto Herter e co-orientação dos pesquisadores MSc. José Luiz Petri e Dr. Gabriel Berenhauser Leite. Em março de 2009, iniciou o curso de doutorado no Programa de Pós-Graduação em Agronomia, na Universidade Federal de Pelotas (PPGA/UFPEL), na área de concentração em Fruticultura de Clima Temperado, sob orientação do Dr. Flavio Gilberto Herter e co-orientação do Dr. Carlos Fachinello e do Dr. Gabriel Berenhauser Leite. Em sua vida acadêmica, na qualidade de autoria e co-autoria, publicou 90 resumos em eventos e 15 artigos científicos em periódicos.

