

VINICIO DENARDI

**CRESCIMENTO VEGETATIVO, PRODUÇÃO E QUALIDADE DE FRUTOS EM
MACIEIRAS ‘BAIGENT’ PULVERIZADAS COM ÁCIDO ABSCÍSICO E
PROEXADIONE-CÁLCIO**

Dissertação apresentada ao Centro de Ciências
Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa
Catarina, como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Produção Vegetal

Orientador: Prof. Ph.D. Cassandro Vidal Talamini do
Amarante

**LAGES, SC
2017**

Ficha catalográfica elaborada pelo(a) autor(a), com
auxílio do programa de geração automática da
Biblioteca Setorial do CAV/UDESC

Denardi, Vinicio

Crescimento vegetativo, produção e qualidade de
frutos em macieiras 'Baigent' pulverizadas com
ácido abscísico e proexadione-cálcio / Vinicio
Denardi. - Lages , 2017.

52 p.

Orientador: Cassandro Vidal Talamini do Amarante
Dissertação (Mestrado) - Universidade do Estado de
Santa Catarina, Centro de Ciências
Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em
Produção Vegetal, Lages, 2017.

1. Malus domestica. 2. reguladores de
crescimento. 3. anti-giberelina. 4. Cálcio. 5.
distúrbio fisiológico. I. Vidal Talamini do
Amarante, Cassandro. II. Universidade do Estado de
Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação. III.
Título.

VINICIO DENARDI

**CRESCIMENTO VEGETATIVO, PRODUÇÃO E QUALIDADE DE FRUTOS EM
MACIEIRAS ‘BAIGENT’ PULVERIZADAS COM ÁCIDO ABSCÍSICO E
PROEXADIONE-CÁLCIO**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Produção Vegetal, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Banca Examinadora:

Orientador: _____
Professor Ph.D. Cassandro Vidal Talamini do Amarante
Universidade do Estado de Santa Catarina
Centro de Ciências Agroveterinárias – CAV/ UDESC

Membro: _____
Dr. Clenilso Sehnen Mota
Instituto Federal Catarinense, Campus Rio do
Sul, SC

Membro: _____
Dra. Lucilene Oliveira
Universidade do Estado de Santa Catarina
Centro de Ciências Agroveterinárias – CAV/ UDESC

Lages, SC, 16 de janeiro de 2017

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Jacir Denardi e Lorena Sclaro Denardi, que sempre com alegria me incentivaram em todo meu processo de aprendizado;

Ao meu Orientador, Professor Ph.D. Cassandro Vidal Talamini do Amarante, pela orientação, compreensão e partilha de seus conhecimento e tempo.

À Universidade do Estado de Santa Catarina pelo ensino de qualidade, bem como a todos aos professores e colaboradores que direta e indiretamente estiveram ligados ao desenvolvimento do projeto;

À empresa Yakult, em especial ao Engenheiro Agrônomo responsável, Marcos, pela concessão do pomar e frutos para a condução dos experimentos.

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), pelo apoio financeiro;

Em especial ao doutor Clenilso Sehnen Mota, que além de toda ajuda no desenvolvimento do projeto, contribuiu fundamentalmente para minha formação intelectual.

À todos os colegas de laboratório, que sempre com dedicação ajudaram no desenvolvimento do projeto, e assim tornaram possível a sua conclusão;

Aos amigos, que sempre estiveram ao meu lado nos momentos mais difíceis.

MUITO OBRIGADO

RESUMO

DENARDI, Vinicio. **Crescimento vegetativo, produção e qualidade de frutos em macieiras ‘Baigent’ pulverizadas com ácido abscísico e proexadione-cálcio**. 2017, 52 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal – Área de Fisiologia Pós-Colheita) - Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Lages, 2017.

Este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos da aplicação de ácido abscísico (ABA) e proexadione-cálcio (ProCa) no crescimento vegetativo, produção e qualidade dos frutos em de macieiras ‘Baigent’. O experimento foi conduzido em pomar comercial na cidade de São Joaquim (SC), na safra 2014/2015. As plantas foram submetidas à aplicação dos seguintes tratamentos: ABA, na concentração de 300 mg (i.a.) L⁻¹, aplicado a partir de 11 dias após a plena floração (DAPF), em intervalos decendiais, durante 90 dias; ProCa na concentração de 100 mg (i.a.) L⁻¹, aplicado aos 36, 56 e 75 dias após a plena floração (DAPF); combinação ABA+ProCa, nas mesmas doses e épocas de quando aplicados individualmente; e controle (plantas pulverizadas com água). Em todos os tratamentos utilizou-se espalhante adesivo não-iônico (0,1%; Break Thru[®]). Utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso com quatro repetições, sendo cada unidade amostral composta por duas plantas. Dois ramos em lados opostas de cada planta foram marcados e avaliados quanto a quantidade de folhas e frutos por unidade de área de secção transversal de ramo. Realizaram-se também coletas de folhas aos 47, 68 e 89 DAPF para determinação da matéria seca, área foliar e teor de clorofilas (índice SPAD). Os frutos foram colhidos na maturação comercial e analisados quanto ao comprimento, diâmetro, cor da casca, porcentagem de área da casca recoberta por cor vermelha, firmeza de polpa, texturas de casca e polpa, acidez titulável (AT), sólidos solúveis (SS), índice de iodo-amido e composição mineral (casca e polpa na região distal). Os demais frutos colhidos foram armazenados em câmara fria (0 ± 0,5 °C e 90-95% UR), durante quatro meses, seguido de sete dias em condição ambiente (20 ± 4 °C e 60-70% UR), e avaliados quanto a qualidade e a incidência e índice de “bitter pit”. Os tratamentos ABA e ABA+ProCa proporcionaram maior abscisão de folhas e frutos (com redução nas relações de número de folhas e frutos por cm² de secção transversal de ramo). Não foram observadas diferenças entre os tratamentos quando aos atributos nos frutos de comprimento, diâmetro, cor da casca, porcentagem de área da casca recoberta por cor vermelha, firmeza de polpa, texturas da casca e polpa, AT, SS e índice de iodo-amido, tanto na colheita como após o armazenamento refrigerado, seguido de sete dias de simulação de vida de prateleira. O tratamento ABA+ProCa reduziu o teor de Ca e aumentou as relações K/Ca, Mg/Ca, N/Ca e (K+Mg+N)/Ca na casca dos frutos, em relação ao controle. O tratamento ProCa aumentou o teor de Ca na polpa em relação ao controle. No entanto, em todos os tratamentos, os teores de Ca na polpa e casca foram elevados (>40 e >150 mg kg⁻¹ de massa fresca, respectivamente) e, portanto, não houve diferença entre os tratamentos quanto à manifestação de “bitter pit” em maçãs ‘Baigent’.

Palavras-chaves *Malus domestica*; reguladores de crescimento, anti-giberelina; cálcio; abscisão; distúrbio fisiológico; pós-colheita.

ABSTRACT

DENARDI, Vinicio. Vegetative growth, yield and fruit quality of 'Baigent' apple trees sprayed with abscisic acid and prohexadione-calcium. 2017. 52 f. Master (Dissertation in Crop Production – Area: Postharvest Biology and Technology – Santa Catarina State University. Graduate Program in Plant Science, Lages, 2017.

The objective of this study was to evaluate the effects of 'Baigent' apple trees spraying with abscisic acid (ABA) and prohexadione-calcium (ProCa) on vegetative growth, fruit yield and fruit quality. The experiment was carried out in a commercial orchards in São Joaquim, Santa Catarina State (southern Brazil), in 2014/2015. The apple trees were treated with: ABA at the dose of 300 mg (i.a.) L⁻¹, starting 11 days after full bloom (DAFB) and then repeated in decendial intervals until 90 DAFB; ProCa at the dose of 100 mg (i.a.) L⁻¹, sprayed at 36, 56 e 75 DAFB; the combination of ABA+ProCa, each product sprayed in the same dose and periods as applied individually; and the control (spraying with water). All treatments were sprayed with the non-ionic surfactant (0.1%; Break Thru[®]). The experimental followed a randomized block design with four replicates, each replicate composed of two plants. Two branches on opposing sides of each plant were marked and evaluated for number of leaves and fruits per branch cross-sectional area. Leaves were collected at 47, 68 and 89 DAFB and then assessed for dry matter, leaf area and chlorophyll content (SPAD index). Fruit were harvest at commercial maturity and then analyzed for length, diameter, skin color, percentage of red skin area, flesh firmness, skin and pulp textures, titratable acidity (TA), solids soluble content (SSC), starch index and mineral content (peel and flesh tissues at the distal end of the fruit). Fruit were also cold stored (0 ± 0.5 °C/90-95% RH) for four months, an then left for seven days at ambient temperature (20 ± 4 °C/60-70% RH), to simulate market conditions, and then assessed for quality and incidence (%) and index of bitter pit. Apple trees treated with ABA and ABA+ProCa had high abscission of leaves and fruits (with reduction in the number of leaves and fruits per cm² of limb cross sectional area). There was no significate effect of all treatments on fruit length, diameter, skin color, percentage of red skin area, flesh firmness, skin and pulp textures, TA, SSC, and starch index, assessed at harvest and after cold storage, followed by seven days of shelf life. The treatment ABA+ProCa reduced the Ca content and increased K/Ca, Mg/Ca, N/Ca and (K+Mg+N)/Ca ratios in the peel tissue of the fruit in comparison to the control. The treatment with ProCa increased the Ca content in the pulp of the fruit in relation to the control. However, in all treatments, the levels of Ca in the pulp and peel tissues of the fruit were high (>40 and >150 mg.kg⁻¹ of fresh weight, respectively) and, therefore, there were no difference between treatments for bitter pit occurence in 'Baigent' apples.

Key words: *Malus domestica*; plant growth regulators, anti-gibberellin; calcium; abscission; physiological disorder; postharvest.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES (ANEXA)

Figura 1 - Abscisão de folhas e frutos de macieiras ‘Baigent’ submetida a aplicações de água (A); Proexadione-cálcio (ProCa) (B); Ácido abscísico (ABA) (C) e ABA+ProCa (D).....	52
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Número de folhas por fruto no ramo (FO/FR), área foliar total pela secção transversal de ramo (AFT/SR), área foliar total por fruto (AFT/FR) e número de frutos pela secção transversal de ramo (FR/SR) no ano de aplicação (1º ano) e no ano subsequente (2º ano) de macieiras ‘Baigent’ submetidas a aplicações de ABA, ProCa e ABA+ProCa	30
Tabela 2 -	Teor de clorofilas (índice SPAD) e área foliar (AF) em macieiras ‘Baigent’ submetidas a aplicação de ABA, ProCa e ABA+ProCa, avaliados aos 47, 68, 89 dias após a plena floração (DAPF)	32
Tabela 3 -	Área foliar específica (AFE) em macieiras ‘Baigent’ submetidas a aplicação de ABA, ProCa e ABA+ProCa, avaliados aos 47, 68, 89 dias após a plena floração (DAPF).....	33
Tabela 4 -	Comprimento, diâmetro e relação comprimento:diâmetro (C/D) dos frutos na colheita, em macieiras da cultivar Baigent, submetidas a aplicação de ABA, ProCa e ABA+ProCa.....	34
Tabela 5 -	Porcentagem de recobrimento da epiderme por cor vermelha e ângulo h° em frutos de macieiras ‘Baigent’, submetidas a aplicação de ABA, ProCa e ABA+ProCa, avaliados na colheita e após período de armazenamento de quatro meses em atmosfera refrigerada ($0\pm 0,5^\circ\text{C}$ / 90-95% UR), seguido de sete dias em condição ambiente ($20\pm 5^\circ\text{C}$ e UR de $63\pm 2\%$)	35
Tabela 6 -	Forças para rompimento da casca, textura da polpa e firmeza de polpa dos frutos, em macieiras da cultivar Baigent submetidas a aplicação de ABA, ProCa e ABA+ProCa, avaliados na colheita e após período de armazenamento de 4 meses em atmosfera refrigerada (AR) ($0\pm 0,5^\circ\text{C}$ / 90-95% UR), seguido de sete dias em condição ambiente ($20\pm 5^\circ\text{C}$ e UR de $63\pm 2\%$).....	36
Tabela 7 -	Índice de iodo-amido, sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e relação SS/AT nos frutos, em macieiras da cultivar Baigent submetidas a aplicação de ABA, ProCa e ABA+ProCa, avaliados no momento da colheita e após período de armazenamento de 4 meses em atmosfera refrigerada ($0\pm 0,5^\circ\text{C}$ / 90-95% UR), seguido de 7 dias em condição ambiente ($20\pm 5^\circ\text{C}$ e UR de $63\pm 2\%$)	38
Tabela 8 -	Concentrações de Ca, Mg, K e N (em mg kg^{-1} massa fresca), e as relações Mg/Ca, K/Ca e N/Ca, (K+Mg)/Ca (N+Mg+K)/Ca da região distal de frutos, de macieiras ‘Baigent’ submetidas a aplicação de ABA, ProCa e ABA+ProCa.....	40

Tabela 9 -	Incidência e índice de “bitter pit” nos frutos, em macieiras da cultivar Baigent submetidas a aplicação de ABA, ProCa e ABA+ProCa, avaliada após período de armazenamento de 4 meses em atmosfera refrigerada ($0\pm0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ / 90-95% UR), seguido de 0 e 7 dias em condições ambientes ($20\pm5\text{ }^{\circ}\text{C}$ e UR de $63\pm2\%$). Dados transformados em arco seno $(x/100)^{1/2}$	42
------------	--	----

LISTA DE SIGLAS E ABREVIACÕES

°C	Graus Celsius
ACCs	Ácido 1- aminociclopropano-1-carboxílico sintase
ACCo	Ácido 1- aminociclopropano-1-carboxílico oxidase
ABA	Ácido abscísico
AFT/SR	Área foliar total por secção transversal de ramo
AT	Acidez titulável
BP	“Bitter pit”
Ca	Cálcio
cm	Centímetros
cm ²	Centímetros quadrados
CO ₂	Dióxido de carbono
DAPF	Dias após a plena floração
EROs	Espécies reativas de oxigênio
GAs	Ácido giberélico
<i>h</i> ^o	ângulo ‘hue’
i.a	Ingrediente Ativo
K	Potássio
L	Litros
m	Metros
m ²	Metros quadrados
mm	Milímetros
mg	Miligramas
Mg	Magnésio
mg kg ⁻¹	Miligramas por quilo
mg L ⁻¹	Miligramas por litro
ns	Não significativo
N	Nitrogênio
N ⁻	Newton
NaOH	Hidróxido de sódio
PG	Poligalacturonase
ProCa	Proexadione-cálcio

SS	Sólidos solúveis
SS/AT	Relação sólidos solúveis / acidez titulável
UR	Umidade relativa

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	23
2. MATERIAL E MÉTODOS	27
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
4. CONCLUSÕES.....	44
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	45
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46
7. ANEXOS	52

1. INTRODUÇÃO

A cultura da macieira representa grande importância econômica para o Sul do país, em especial pelas condições climáticas encontradas nessa região, destacando-se no cenário produtivo os estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Com o aumento da exigência de qualidade, somado a concentração da produção de maçãs em curtos períodos do ano, faz-se necessário o uso do armazenamento, propiciando frutos de qualidade por maiores períodos de tempo (BRACKMANN et al., 2008). No entanto, distúrbios fisiológicos podem acometer os frutos e causar perdas pós-colheita, como é o caso do “bitter pit” (BP). Segundo Basso (2006), em safras que propiciam sua ocorrência, as perdas na cadeia produtiva podem chegar a 30%.

O BP é caracterizado por desenvolvimento inicial de manchas na polpa dos frutos, que evoluem para injúria e necrose dos tecidos (FERGUSON; WATKINS, 1989, FREITAS et al., 2010). O rompimento da membrana plasmática em resposta aos baixos níveis de Ca apoplástico causa o desenvolvimento de BP em frutos de macieira, e em outros frutos como o tomate também é conhecido como a podridão apical (FREITAS et al., 2010). As baixas concentrações de Ca nos frutos favorecem a incidência de BP em maçãs (SAURE, 2005; AMARANTE et al., 2006a, 2006b, 2011). Entretanto, a incidência de BP também decorre das elevações nas relações K/Ca, Mg/Ca (K+Mg)/Ca e N/Ca nos frutos (ARGENTA, SUZUKI, 1994; NACHTIGALL, FREIRE, 1998; AMARANTE et al., 2006a, 2006b; FREITAS et al., 2010).

O aumento nos teores de Mg e K, promove a manifestação de BP pela competição destes pelos sítios de ligação com do Ca localizados na membrana plasmática, porém sem desempenharem a mesma função do Ca (FREITAS et al., 2010). Ainda, segundo o autor, fatores bióticos como a concentração de fitormônios plantas, dentre eles as giberelinas e o ácido abscísico, também tem contribuição para elevações na manifestação de distúrbios fisiológicos ligados a deficiência de Ca, como o BP em macieiras. Comercialmente, fruticultores vêm realizando aplicações exógenas em pré-colheita de cloreto de cálcio na tentativa de aumento do Ca disponível nos frutos, e consequente diminuição do BP. Entretanto devido à mobilidade limitada do cálcio nos frutos essa técnica demonstra baixos níveis de eficiência (ERNANI et al., 2008), portanto novas técnicas tem necessidade de estudo para mitigação do distúrbio.

O movimento de cálcio para os frutos pode ser promovido por folhas de esporões e ramos adjacentes aos frutos, sendo essa relação atribuída ao fluxo de seiva no xilema impulsionado pela transpiração devido a mobilidade desse nutriente (FERREE e PALMER, 1982). A transpiração é a perda de água pelas plantas na forma de vapor. Essa produz um gradiente de pressão, sendo esse a causa principal do movimento da água através do xilema,

controlando assim a taxa de absorção e ascensão da seiva (KERBAUY, 2008). O ácido abscísico é um importante regulador das taxas de transpiração através de seus efeitos sobre a abertura dos estômatos, tanto através da promoção do fechamento como a inibição da abertura dos estômatos (SCHROEDER et al., 2001).

O ácido abscísico (ABA) regula muitos aspectos do crescimento e desenvolvimento da planta, incluindo a maturação de embriões, dormência de sementes, germinação e respostas a estresses abióticos e bióticos (DAVIES, 2004, TAIZ e ZEIGER, 2014). Os precursores necessários à biossíntese do ABA estão presentes nos cloroplastos localizados em tecidos fotossintetizantes, assim como nos cloroplastos, leucoplastos e proplastídeos distribuídos nos frutos, embriões de sementes, raízes e outros órgãos da planta (KERBAUY, 2008; TAIZ e ZEIGER, 2014). Em condições ambientais desfavoráveis, o ABA regula o fechamento dos estômatos, controlando assim a perda de água por transpiração (DAVIES, 2004; KERBAUY, 2008). Freitas et al., (2011) ao estudar a aplicação exógena de ABA em plantas de tomateiro, constatou redução da transpiração nas tratadas com ABA, além de aumentar a eficiência no uso da água, e controlar a podridão apical (distúrbio fisiológico em frutos de tomate causado por deficiência de Ca), em casa de vegetação.

A direção e a taxa de fluxo de cálcio no xilema é determinada por gradiente de potencial hídrico, em resposta a diferentes taxas de transpiração dos tecidos e de crescimento (TAYLOR e LOCASCIO, 2004; HO e WHITE, 2005; FREITAS et al., 2013). Em consequência, folhas que apresentam taxa de transpiração muito maior que a dos frutos, resulta em maior concentração de cálcio nas folhas em relação aos frutos (FREITAS; SHACKEL; MITCHAM, 2011, FREITAS, et al., 2013). O controle da transpiração pode elevar a concentração do cálcio absorvido pelos frutos (FREITAS et al., 2013). A aplicação exógena de ABA nas plantas reduz a transpiração e a condutância estomática, aumenta o potencial hídrico nas folhas e caule, e também o teor de cálcio em frutos de tomate (FREITAS; SHACKEL; MITCHAM, 2011, FREITAS, et al., 2013). No geral a planta que recebe aplicação exógena de ABA absorve menos cálcio, mas o aumento do potencial hídrico e a redução da transpiração, particiona mais cálcio para os frutos, e o reduz nas folhas, e também aumenta a circulação de cálcio no interior dos frutos e controla a podridão apical nos frutos de tomate (FREITAS; SHACKEL; MITCHAM, 2011, FREITAS, et al., 2013).

O início do desenvolvimento dos frutos, é a fase pela qual se dá o maior acúmulo de Ca nos frutos. Segundo Miqueloto et al. (2014) frutos de macieira tem perda da funcionalidade dos vasos do xilema devido ao aumento do tamanho dos mesmos, que dependente da cultivar se dá em torno dos 115 dias após a plena floração (DAFP) em macieiras “Catarina” e “Fuji”.

As giberelinas (GAs) tem sua biossíntese a partir de isoterpenos, sendo formadas em três diferentes compartimentos celulares: nos plastídeos, no retículo endoplasmático e em última etapa ativadas no citosol celular (KERBAUY, 2008; TAIZ; ZEIGER, 2014). Após sua formação as giberelinas podem ser reguladas nos tecidos apartir do transporte, conjugação e pela sua degradação (KERBAUY, 2008; TAIZ; ZEIGER, 2014). São atribuídas as giberelinas as principais funções de crescimento e alongamento celular juntamente a auxina, além influência nos processos de dormência e germinação de sementes bem como na indução floral e no desenvolvimento de frutos. (citar) Aplicações de GAs promovem o crescimento vegetativo dos ramos de macieira (SILVEIRA et al., 2012), o que pode proporcionar um aumento da competição do Ca entre estruturas reprodutivas e vegetativas, podendo assim aumentar a manifestação de BP nos frutos (SAURE, 2005).

O crescimento excessivo dos frutos causado pela aplicação de GAs também contribui para aumento da manifestação de BP através da diluição das concentrações de Ca disponível ao fruto (MIQUELOTO et al., 2014, SAURE, 2005). Segundo Freitas et al 2011, o aumento dos níveis de giberelinas pode intensificar o colapso de membranas ocorrido pelo baixo conteúdo de Ca apoplástico disponível, através do aumento Ca aprisionado no vacúolo celular devido a maior expressão genica de transportadores de membrana como Ca^{2+} ATPases em tecidos de frutos de tomate causados por esse hormônio. Todavia além da diluição do Ca total disponível, a perda antecipada na funcionalidade dos vasos do xilemáticos devido ao aumento do tamanho dos frutos causa compressão desses vasos, comprometendo o aporte de Ca principalmente na região distal dos frutos. (MIQUELOTO et al., 2014). Aloni (2013) também sugere a diminuição da diferenciação dos vasos do xilema e aumento da diferenciação dos vasos do floema pelo acréscimo dos nível da relação auxina/giberelina, o que acaba comprometendo o aporte de Ca aumentando os distúrbios fisiológicos causados pela deficiência desse nutriente. A utilização de ProCa, um inibidor da síntese de giberelinas vem sendo utilizada com a principal finalidade de diminuição do crescimento vegetativo (SILVEIRA et al., 2012, HAWERROTH; PETRI 2014, HAWERROTH et al., 2012), implicando em plantas com maior balanço entre a parte vegetativa e reprodutiva, diminuindo a incidência e a severidade de bitter pit em plantas de macieiras. Em macieiras, a aplicação de proexadione-cálcio (ProCa), um inibidor da síntese de GAs, reduz o crescimento vegetativo das plantas (HAWERROTH et al., 2012; SILVEIRA et al., 2012), proporcionando menores competições pelo Ca total disponível entre a parte vegetativa e reprodutiva (SILVEIRA et al., 2012). O ProCa é um sal de Ca, que tem como principal função o bloqueio de desidrogenases responsáveis pela formação de giberelinas ativas

no citosol, sua similaridade estrutural ao 2-oxaglutarato, compete pelo sítio de ligação dessas enzimas diminuindo a formação de giberelinas (RADEMACHER, 2000).

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da aplicação de ABA e ProCa em macieiras ‘Baigent’, nas características ecofisiológicas da planta e na qualidade e manifestação de BP nos frutos.

As hipóteses desse trabalho são: 1) a aplicação de ABA promove o fechamento estomático, diminui as taxas transpiratórias, reduz o potencial hídrico, e aumenta os teores de Ca nos frutos proporcionando menores manifestações de BP; 2) A aplicação de ProCa proporciona uma diminuição do crescimento vegetativo, causa menores competições pelo Ca disponível entre a parte vegetativa e reprodutiva, aumenta os teores de Ca disponíveis no fruto, diminui a ocorrência de BP nos frutos de macieira; 3) a aplicação conjunta de ABA e ProCa pode sinergicamente atuar de maneira a diminuir a manifestação de BP em frutos de macieira.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em pomar comercial da empresa Yakult, no município de São Joaquim (50°3'36.45"W, 28°12'10.39"S) na safra 2014/2015. Foram utilizadas macieiras da cultivar Baigent com 9 anos de idade sob porta-enxerto Marubakaido em sistema de líder central, com espaçamento de 2m entre plantas e 6m entre filas.

As plantas foram submetidas à aplicação nos dois terços inferiores dos seguintes tratamentos: ABA, na concentração de 300 mg (i.a.) L⁻¹, aplicado a partir de 11 dias após a plena floração (DAPF), em intervalos decendiais, durante 80 dias; ProCa na concentração de 100 mg (i.a.) L⁻¹, aplicado aos 36, 56 e 75 dias após a plena floração (DAPF); combinação ABA+ProCa, nas mesmas doses e épocas de quando aplicados individualmente; e controle (plantas pulverizadas com água). Em todos os tratamentos foi adicionado espalhante adesivo não-iônico (0,1%; Break Thru[®]).

Aos 90 DAPF, foram selecionados aleatoriamente dois ramos por planta, em faces opostas, onde se realizou a contagem de folhas e frutos, bem como a medição com paquímetro do diâmetro da secção transversal do ramo. Aos 47, 68 e 89 DAPF foram coletadas 20 folhas por unidade amostral, para determinação da área, matéria seca, área específica e teor de clorofilas. O teor de clorofilas (índice SPAD) foi estimado com um clorofilômetro SPAD-502 (Konica Minolta[®]). A área foliar foi quantificada com um integrador de área foliar LI-3000A (LI-COR[®]). A massa seca das folhas foi quantificada após a secagem das mesmas em estufa a 65 °C até manutenção de massa constante. A área foliar específica (AFE; cm² g⁻¹ de massa seca) foi quantificada a partir dos valores de área e massa seca foliar. Foram também calculados os valores de área foliar total por área de seção transversal de ramo (AFT/SR; cm² cm⁻²), frutos por área de seção transversal de ramo (FR/SR; frutos cm⁻²); área foliar por fruto (AFT/FR; cm² fruto⁻¹) e número de folhas por fruto (FO/FR).

Na maturação comercial os frutos foram colhidos e uma amostra de 20 frutos por unidade amostral foi submetido a avaliações iniciais na colheita. A maturação e qualidade dos frutos foram avaliadas através de análises de comprimento e diâmetro, índice iodo-amido, cor da epiderme, firmeza de polpa, textura, pH, acidez titulável (AT), teores de sólidos solúveis (SS) e relação SS/AT.

Os valores de comprimento e diâmetro dos frutos foram quantificados com o uso de paquímetro.

O índice iodo-amido foi avaliado através da submersão da parte proximal do fruto (cortado transversalmente na região equatorial) em solução composta de iodeto de potássio e

iodo metálico, em escala de 1 (muito amido) a 5 (pouco amido). A cor da epiderme foi avaliada com o auxílio de um colorímetro CR 400 (Konica Minolta®, Tóquio, Japão), em termos de valores de ângulo 'hue' (h°), nos lados mais e menos vermelhos (sendo a coloração básica, 0° = vermelho, 90° = amarelo e 180° = verde).

A firmeza de polpa (N) foi mensurada na região equatorial dos frutos, com auxílio de um penetrômetro eletrônico (GÜSS Manufacturing Ltd. África do Sul), equipado com ponteira de 11 mm de diâmetro, em dois lados opostos, onde foram retiradas, previamente, uma pequena porção da epiderme. Os atributos de textura foram analisados com texturômetro eletrônico TAXT-Plus® (Stable Micro Systems Ltd, Surrey, Reino Unido), em termos de forças necessárias para a penetração da casca (N) e da polpa (N), utilizando uma ponteira com 2 mm de diâmetro, a qual foi introduzida na polpa a uma profundidade de 10 mm, com velocidades pré-teste, teste e pós-teste de 30, 3 e 40 mm s⁻¹, respectivamente.

Os valores de pH e AT foram quantificados com um titulador automático modelo TitroLine Easy (SCHOTT®) utilizando uma amostra de suco de 10 mL, obtida a partir de processamento dos frutos em centrifuga, diluída em 90 mL de água destilada, e titulada com solução de NaOH 0,1 N, até pH 8,1. Os teores de SS (°Brix) foram obtidos com um refratômetro digital modelo PR201α (Atago®), na amostra de suco obtida para a determinação da AT.

Para análise mineral (teores de Ca, Mg, K e N) os frutos foram lavados com água destilada para retirada de qualquer resíduo de aplicações de CaCl₂ (cloreto de cálcio) em pré-colheita. Os frutos foram cortados ao meio, e da região distal dos mesmos realizaram-se a coleta de casca e polpa, sendo essas amostras congeladas para posterior análise mineral. A coleta das amostras de polpa foi feita retirando-se 5 mm de tecido abaixo da casca, segundo metodologia descrita por Amarante et al. (2006). Para determinação dos conteúdos de Ca, Mg e K, pesou-se 5 g da amostra já processados em cadinhos de porcelana M-2, que foram calcinadas em forno mufla, a 600°C por 5 h. Às cinzas, adicionou-se 15 mL de solução de ácido clorídrico (1,8 N), formando o extrato original. Para a determinação das concentrações Mg e Ca, uma alíquota desse extrato foi diluída em lantânio e água destilada, com posterior leitura em equipamento de absorção atômica (modelo A analyst 100). Para a determinação de K, uma alíquota do extrato original foi diluída em água destilada, com posterior leitura em fotômetro de chama (Digimed DM-61). O N foi determinado pelo método semi-micro Kjeldahl.(metodologia)

Os frutos colhidos foram também armazenados em câmara fria ($0 \pm 0,5^\circ\text{C}$ e 90-95% UR). Após quatro meses de armazenamento, seguido de sete dias em condição ambiente ($20 \pm 4^\circ\text{C}$ e 60-70% UR), os frutos foram analisados quanto à qualidade (em amostra de 20 frutos, segundo metodologia descrita na colheita) e índice e incidência de BP.

O índice de BP foi determinado utilizando uma escala de 6 níveis de danos visuais na casca: nenhuma mancha (0), uma mancha (1), duas manchas (2), três manchas (3), quatro manchas (4), cinco manchas (5) e mais que cinco manchas (6) de BP por fruto. Para o cálculo do índice foi utilizada a seguinte fórmula, descrita por Pesis et al. (2009):

$$\text{Índice de BP} = \sum_0^6 \frac{(\text{nível do índice}) \times (\text{n}^\circ \text{ de frutos a este nível})}{\text{n}^\circ \text{ total de frutos}}$$

Utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso, com quatro repetições, sendo cada repetição composta por duas plantas havendo duas plantas de bordadura. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), com o auxílio do programa estatístico SAS (SAS Institute, Cary, NC, EUA). Os dados de incidência e índice de BP foram transformados em arco seno $(x/100)^{1/2}$, antes de serem submetidos a análise estatística.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os tratamentos contendo ABA, proporcionaram abscisão de folhas e frutos, resultando assim em reduções nas variáveis área foliar total por secção de ramo (AFT/SR), área foliar total por fruto (AFT/FR), e número de folhas por fruto (FO/FR) em relação ao controle (Tabela 1) (Figura 1; Anexos, página 52). Também é possível observar reduções no número de frutos por secção transversal de ramo na primeira safra de aplicação (Tabela 1), sendo essa relação apesar de menor em valores absolutos, não diferentes entre os tratamentos no ano subsequente a administração. A relação de folhas por frutos em um ramo tem grande importância para o estabelecimento do tamanho do mesmo, ou seja, quanto menor essa relação, maior a competição entre fotoassimilados e nutrientes nas estruturas reprodutivas, sendo o processo de raleio dos frutos indicado para ajuste dessa relação. Segundo Camilo e Pereira (2006) a relação de 30 a 40 folhas para cada fruto tendem a suprir a necessidade de carboidratos por fruto, resultando em calibres ideais para comercialização, adequando também a quantidade de minerais disponíveis a serem compartilhados pelo fruto.

Tabela 1 – Número de folhas por fruto no ramo (FO/FR), área foliar total pela secção transversal de ramo (AFT/SR), área foliar total por fruto (AFT/FR) e número de frutos pela secção transversal de ramo (FR/SR) no ano de aplicação (1º ano) e no ano subsequente (2º ano) de macieiras ‘Baigent’ submetidas a aplicações de ABA, ProCa e ABA+ProCa. e FR/SR, respectivamente

Tratamento	FO/FR	AFT/SR (cm ² cm ⁻²)	AFT/FR (cm ² fruto ⁻¹)	FR/SR	FR/SR
				1º ano (frutos cm ⁻²)	2º ano (frutos cm ⁻²)
Controle	65.51 b	3497,81 a	1938,82 ^{ns}	12,75 a	7,74 ^{ns}
ABA	183.34 a	1924,05 b	5788,37	6,00 b	4,30
ProCa	79.17 ab	3172,87 a	2981,29	9,75 ab	3,37
ABA+ProCa	107.63 ab	1608,95 b	3059,29	4,50 b	3,38
CV (%)	57.44	40,79	61,32	54,66	57,45

Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05). ns: não significativo (p>0,05).

Condições ambientais desfavoráveis na aplicação de ABA, como altas temperaturas e alta radiação solar, vêm sendo reportadas como promotores de abscisão foliar em macieiras (MUPAMBI; REYNOLDS; STEYN, 2013; GREENE; SCHUPP; WINZELER 2011), condições estas semelhantes as ocorridas nas primeiras aplicações de ABA e ABA+ProCa. O aumento da temperatura pode causar um aumento da permeabilidade ao ABA na cutícula da folha,

intensificando os efeitos desses tratamentos (MIDDELBERG; KNOCHÉ; PETRACEK, 2013). Segundo Jiang e Zhang (2001), aplicações de ABA aumentam o conteúdo de espécies reativas de oxigênio (EROs), em especial superóxido (O_2^-) e peróxido de hidrogênio (H_2O_2), sendo seguidas por aumento da capacidade antioxidante. Segundo esses autores, tratamentos com altas doses de ABA (1000 mg.L^{-1}) proporcionam um aumento de EROs impossível de serem neutralizados pela atividade antioxidante enzimática e não enzimática, também induzidas pelo ABA. Quando o balanço de EROs e a capacidade antioxidante é quebrada em favor dos oxidantes, danos oxidativos são visualizados, com consequentes danos celulares (KIM; KWAK 2010), também evidenciados no campo.

O aumento nas concentrações endógenas de ABA também contribui para a elevação da abscisão através do acréscimo da produção de etileno e da atividade de celulases e poligalacturonases (PGs), essenciais para a diminuição da coesão existente entre as células da zona de abscisão, culminando em queda das estruturas (JACKSON; OSBORNE, 1972; MISHRA et al., 2008). Em frutos de tomate e manga imersos em soluções contendo ABA observa-se o aumento da atividade de enzimas, ACCs (ACC sintase) e ACCo (ACC oxidase) aumentando assim a síntese de etileno (ZAHARAH et al., 2013; ZHANG; YUAN; LENG, 2009). Entretanto há controvérsias entre autores, como demonstrado por SOTO et al. (2013) em pereiras, na qual a produção de etileno, bem como a expressão de PGs e pectina-metil-esterase (PME), são altamente influenciados pelas épocas de aplicação de ABA (aos 102, 115 e 118 DAPF). Por sua vez, a aplicação de aminoetoxivinilglicina (AVG, um inibidor da síntese de etileno) em macieiras ‘Gala’ reduz a queda pré-colheita de frutos (STEFFENS et al., 2005), evidenciando a importância do etileno no processo de abscisão. Em pessegueiros, aplicações de ABA têm demonstrado grande potencial raleante de frutos, principalmente em altas doses (750 mg.L^{-1}), causando acréscimos de até 58% da abscisão de frutos (GIOVANAZ et al., 2015)

A queda acentuada de folhas nos tratamentos com ABA, evidenciada pelos menores valores da relação AFT/SR (Tabela 1), bem como a diminuição das trocas gasosas proporcionada pelo fechamento estomático (diminuição das concentrações de CO_2 internas na folha) causam decréscimo da fotossíntese e assimilação de carboidratos (ARAÚJO; DEMINICIS, 2009; WATERLAND; FINER; JONES, 2010). A baixa concentração de carboidratos acumulados na planta, somados a competição entre as estruturas vegetativas e reprodutivas, aumentam a abscisão dos frutos (LAKSO; GREENE; PALMER, 2006), sendo a utilização de moléculas inibidoras de fotossíntese indicada com potencial raleante para a cultura da macieira (GREENE, 2002). Apesar de não significativa, nota-se também um incremento da relação AFT/FR (Tabela 1), podendo assim haver comprometimento da luz incidente sobre os mesmos. A quantidade e

a qualidade da luz são fatores determinantes para o início da síntese de antocianinas e, consequente, aumento de recobrimento da epiderme com coloração vermelha (LEITE; PETRI; MONDARDO, 2002; AMARANTE et al., 2007). No entanto, nenhum tratamento afetou a coloração vermelha dos frutos (Tabela 4).

Quanto aos teores de clorofilas, área e área específica das folhas, não foram observados efeitos da aplicação de ProCa, ABA e ABA+ProCa, para as avaliações aos 47, 68 e 89 dias após a plena floração (DAPF) (Tabela 2 e 3).

Em mudas de berinjela, Ozbay e Ergun (2015) reportaram a diminuição da área foliar em plantas tratadas com ProCa. Aplicações pré-colheita de ProCa diminuem a área foliar em macieira ‘Catarina’, mas não em ‘Fuji’ (SILVEIRA et al., 2011). Entretanto, em macieiras ‘Washington Spur Delicious’, aplicações de ProCa demonstram diferentes comportamentos quanto a diminuição da área foliar, dependente da safra comercial (GLENN; MILLER 2005). As doses administradas em diferentes culturas e cultivares, bem como o vigor do porta-enxerto, têm grande influência sobre a resposta do crescimento vegetativo, o que pode mitigar o efeito do ProCa sobre a expansão foliar (BASAK, 2001).

Tabela 2 - Teor de clorofilas (índice SPAD) e área foliar (AF) em macieiras ‘Baigent’ submetidas a aplicação de ABA, ProCa e ABA+ProCa, avaliados aos 47, 68, 89 dias após a plena floração (DAPF).

Tratamento	Teor de Clorofilas (unidades SPAD)			AF (cm ²)		
	47 DAPF	68 DAPF	89 DAPF	47 DAPF	68 DAPF	89 DAPF
Controle	44,8 ^{ns}	46,2 ^{ns}	47,4 ^{ns}	30,1 ^{ns}	29,9 ^{ns}	29,3 ^{ns}
ABA	43,4	45,3	45,3	31,6	31,3	29,1
ProCa	45,2	45,2	46,2	34,1	32,7	31,9
ABA+ProCa	43,1	45,1	45,3	29,0	29,4	28,9
CV (%)	3,24	2,59	3,02	10,41	8,41	9,13

Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). ns: não significativo ($p > 0,05$).

Tabela 3- Área foliar específica (AFE), em macieiras ‘Baigent’ submetidas a aplicação de ABA, ProCa e ABA+ProCa, avaliados aos 47, 68, 89 dias após a plena floração (DAPF).

Tratamento	AFE (cm ² g ⁻¹)		
	47DAPF	68 DAPF	89DAPF
Controle	135,9 ^{ns}	132,9 ^{ns}	121,6 ^{ns}
ABA	148,4	143,8	134,1
ProCa	146,6	144,2	136,1
ABA+ProCa	146,6	139,1	132,4
CV (%)	8,27	6,16	6,67

Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). ns: não significativo ($p > 0,05$).

Mesmo sendo observada diminuição da área foliar total por secção ramo nos tratamentos ABA e ABA+ProCa (Tabela 1), o que proporcionaria maior exposição das folhas ao sol, não são observadas diminuições da AFE (Tabela 3).

A aplicações exógenas de ABA, bem como tratamento conjunto ABA+ProCa, não causaram influência sobre o comprimento, o diâmetro, bem como na relação comprimento:diâmetro (C:D) dos frutos no momento da colheita (Tabela 4). Resultados diferentes foram reportados por Greene, Schupp e Winzeler (2011), em que doses crescentes de ABA causaram aumento do comprimento, do diâmetro e do peso dos frutos em macieiras ‘Fuji Autumn Rose’. Os mesmos autores também descrevem que aplicações exógenas de ABA, na concentração de 1000 mg.L⁻¹, na plena floração, na queda das flores, e quando os frutos apresentam 10 mm de diâmetro, promoveram aumento na massa dos frutos. Grande parte desse aumento pode ser atribuído ao efeito raleante causado pelo ABA. A prática do raleio tem como principal função o aumento do tamanho e qualidade dos frutos, além evitar a alternância de produção (PETRI et al., 2013). Apesar da observação do efeito raleante causado pela aplicação de ABA no primeiro ano após a aplicação (redução na relação FR/SR) (Tabela 1), A grande abscisão foliar também pode ser atribuída aos danos oxidativos causados nas folhas, comprometendo assim a assimilação de carboidratos. Todavia, injeções carpelares de ABA *in vivo* em frutos de macieira ainda ligadas a planta demonstraram um aumento da atividade de proteínas de transporte P-ATPase, principalmente na membrana plasmática do complexo elemento de vaso/célula companheira, podendo assim propiciar um maior descarregamento de foto-assimilados dos vasos do floema (PENG; LU; ZHANG, 2003), incrementando a força dreno da estrutura.

Tabela 4 – Comprimento, diâmetro e relação comprimento:diâmetro (C/D) dos frutos na colheita, em macieiras da cultivar Baigent, submetidas a aplicação de ABA, ProCa e ABA+ProCa.

Tratamento	Comprimento (cm)	Diâmetro (cm)	C/D
Controle	6,31 ^{ns}	6,79 ^{ns}	0,93 ^{ns}
ABA	6,43	6,82	0,94
ProCa	6,44	6,78	0,95
ABA+ProCa	6,43	6,63	0,97
CV (%)	3,48	2,32	3,54

Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). ns: não significativo ($p > 0,05$).

A administração de ProCa não proporcionou diferenças quanto ao comprimento, diâmetro e relação C:D dos frutos no momento da colheita (Tabela 4). A atuação do ProCa impedindo a oxidação do 2-oxoglutarato nos processos finais de formações de GAs, impede a conversão das GAs inativas (GA_{20}) em GAs ativas (GA_1) (RADEMACHER, 2000). Essa diminuição nos níveis de GAs pode causar uma redução parcial no crescimento dos frutos. Segundo Medjdoub e Blanco (2004), aplicações de ProCa em macieiras ‘Golden Smoothee’ causam redução no comprimento e diâmetro dos frutos, porém sem comprometimento da produção. Evans et al. (1999) reportam relação linear negativa entre doses de ProCa e massa dos frutos em maçãs ‘McIntosh’, porém sem comprometimento da produção por planta. Em macieiras ‘Fuji Suprema’, Hawerth e Petri (2014), apesar da não mensuração do comprimento e diâmetro dos frutos, também observaram que a aplicação de ProCa em dose única de 330 mg.L⁻¹ não afetou a produção por planta, independente da época da aplicação em duas safras comerciais (2008/2009 e 2009/2010). Nessas safras comerciais, os mesmos autores também não observam alteração da massa fresca média de frutos em macieiras ‘Imperial Gala’. A manutenção do peso dos frutos é uma característica altamente desejável quando as plantas são manejadas com aplicações de redutores de crescimento em pré-colheita, visto que independente da diminuição da síntese de GAs e decréscimo do crescimento vegetativo, não haverá perdas de calibre dos frutos, o que implicaria em menor valor comercial dos frutos produzidos. Apesar das diferenças relativas a relação de folhas por fruto nos ramos pela administração de ABA (Tabela 1) não é possível notar diferenças quanto ao tamanho de frutos observando medidas do comprimento, diâmetro bem como na relação dessas duas variáveis (Tabela 4).

Não foram observados efeitos dos tratamentos quanto ao recobrimento da epiderme por coloração vermelha (Tabela 5). Resultados similares foram reportados por Greene et al. (2011), quando a aplicação ABA não alterou a cor vermelha em maçãs. Entretanto, Vizzotto et al.

(2014) reportaram em macieiras da cultivar Baigent, tratadas com ABA na dose de 300 mg.L⁻¹, aos 108 e 116 DAPF, antecipação no amadurecimento dos frutos, o que implica em maior recobrimento da epiderme com coloração vermelha. Em mangas, a imersões dos frutos em solução contendo ABA promoveu o incremento de cor da casca, pelo aumento na síntese de carotenoides (ZAHARAH et al., 2013). Em frutos não climatéricos, como morangos e uva, a aplicação exógena de ABA aumentou a atividade da enzima fenilalanina amônia-liase (PAL), que atua no processo de síntese de antocianinas e flavonoides (JIANG; JOYCE, 2003). HAWERROTH et al. (2012) sugerem que a aplicação de ProCa, independente da época, não causa redução da porcentagem de recobrimento da epiderme por cor vermelha em maçãs ‘Imperial Gala’, assim como reportado por Miller (2002) e Mata e Blanco (2006) em maçãs ‘Royal Gala’. Todavia a diminuição do crescimento vegetativo propiciado pelo ProCa pode aumentar a exposição dos frutos a luz solar, com consequente incremento do recobrimento da epiderme por coloração vermelha em maçãs ‘Catarina’ (SILVEIRA et al., 2014) e ‘Fuji’ (MATA; BLANCO, 2006).

Tabela 5 - Porcentagem de recobrimento da epiderme por cor vermelha e ângulo h° em frutos de macieiras ‘Baigent’, submetidas a aplicação de ABA, ProCa e ABA+ProCa, avaliados na colheita e após período de armazenamento de quatro meses em atmosfera refrigerada ($0\pm0,5^\circ\text{C}$ / 90-95% UR), seguido de sete dias em condição ambiente ($20\pm5^\circ\text{C}$ e UR de $63\pm2\%$).

Tratamento	Cor Vermelha (%)	h° + vermelho	h° - vermelho	
			Colheita	Pós-armazenamento
Controle	75,81 ^{ns}	31,94 ^{ns}	62,42 ^{ns}	72,41 ^{ns}
ABA	82,25	31,29	58,88	76,86
ProCa	73,81	36,48	69,92	83,55
ABA+ProCa	78,13	33,25	63,92	80,40
CV (%)	17,00	19,60	32,53	15,66

Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p<0,05$). ns: não significativo ($p>0,05$).

Quando observados os valores de h° nos lados mais e menos vermelhos da casca, não houve diferença significativa, tanto nas avaliações realizadas no momento da colheita, bem como no período de pós-armazenamento (Tabela 5). Bizjak et al. (2013), em macieiras ‘Braeburn’ tratadas em pré-colheita com ProCa, verificam a diminuição pontual da síntese de antocianinas logo após sua aplicação, com posterior recuperação nos processos de amadurecimento. Esse decréscimo nos níveis de antocianinas deve-se ao bloqueio temporário

da enzima dependente desidrogenase 2-oxoglutarato, flavanona 3-hidroxilase, e da enzima antocianina sintase, sendo essas enzimas fundamentais para a síntese de flavonoides e antocianinas (HALBWIRTH et al., 2006). As aplicações de ABA, ProCa, bem como a administração de tratamento com a interação de ambos os produtos no início do desenvolvimento não afetaram os parâmetros relacionados a cor da epiderme.

Não são observadas diferença significativa entre os tratamentos quanto aos parâmetros de textura (resistências para rompimento da casca e para penetração da polpa) e firmeza de polpa dos frutos, na colheita e após o armazenamento refrigerado (Tabela 6).

Tabela 6 - Forças para rompimento da casca, textura da polpa e firmeza de polpa dos frutos, em macieiras da cultivar Baigent submetidas a aplicação de ABA, ProCa e ABA+ProCa, avaliados na colheita e após período de armazenamento de 4 meses em atmosfera refrigerada (AR) ($0\pm0,5^{\circ}\text{C}$ / 90-95% UR), seguido de sete dias em condição ambiente ($20\pm5^{\circ}\text{C}$ e UR de $63\pm2\%$).

Tratamento	Ropimento Casca (N)		Textura Polpa (N)		Firmeza (N)	
	Colheita	Pós-AR	Colheita	Pós-AR	Colheita	Pós-AR
Controle	12,67 ^{ns}	11,67 ^{ns}	3,37 ^{ns}	2,34 ^{ns}	76,83 ^{ns}	57,62 ^{ns}
ABA	12,71	11,32	3,39	2,26	76,42	55,27
ProCa	13,06	11,46	3,56	2,29	79,07	57,01
ABA+ProCa	12,84	11,77	3,45	2,41	78,30	59,61
CV (%)	2,79	4,04	4,92	4,86	3,56	4,59

Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p<0,05$). ns: não significativo ($p>0,05$).

Resultados semelhantes foram reportados por Mata e Blanco (2006), na qual não foi observado diferenças em relação a firmeza de polpa dos frutos na colheita em macieiras ‘Royal Gala’ tratadas com ProCa após a plena floração. Todavia, em aplicações pós-floração de ProCa em macieiras ‘Fuji’ e ‘Catarina’, Silveira et al. (2012, 2014), demonstraram a melhor manutenção da firmeza no lado mais vermelho da polpa quando utilizado o inibidor da síntese de GAs, sendo este efeito atribuído ao incremento dos níveis de Ca nos frutos. Grande parte do Ca total nos tecidos está ligado a parede celular, da qual se liga de forma iônica a pectina insolúvel formando pectatos de Ca, com fundamental papel na manutenção da integridade da parede celular (MARSCHNER, 2012) e da coesão existente entre as células (GLENN; POOVAIAH, 1987).

A aplicação de ABA, bem como a sua aplicação conjunta ao ProCa, não causou alterações nas forças necessárias para ruptura da casca e polpa, bem como na firmeza da polpa,

avaliadas no momento da colheita, bem como após o armazenamento (Tabela 6). Entretanto, Zhang et al. (2009) demonstram que imersão pós-colheita de frutos de tomate no estágio verde-maduro em solução contendo ABA reduz a firmeza de polpa em 36%, enquanto a aplicação de fluridona ou ácido nordihidroguaiarético (ANDG), inibidores da síntese de ABA, aumentam a firmeza e promovem atrasos nos processos de amadurecimento. Em mangas, os processos de perda de firmeza de polpa também podem ser induzidos pela imersão dos frutos em solução contendo ABA, sendo o aumento da expressão de enzimas que degradam parede celular, como a endo-poligalacturonase (endo-PG), responsáveis pelo decréscimo da firmeza (ZAHARAH et al., 2013). Grande parte dessas mudanças estão ligadas ao aumento da expressão e atividade das enzimas ACCs e ACCo, incrementando assim a produção de etileno e estimulando a atividade de enzimas hidrolíticas que degradam a parede celular (ZAHARAH et al., 2013; ZHANG et al., 2009).

Quando observados os valores referentes ao índice de iodo-amido na colheita (Tabela 7), nota-se uma elevação na degradação de amido dos frutos no tratamento ABA em comparação ao ProCa, sendo que ambos não diferem do controle. Esses menores níveis de amido na colheita no tratamento com ABA podem ter como decorrência o menor acúmulo de foto-assimilados pelo fruto, no seu período de desenvolvimento. O ABA, quando em maiores concentrações nas folhas, causa um rápido fechamento estomático (STERR; BRUN; BRENNER, 1980). Por vez esse fechamento estomático propiciado tem como consequência a limitação das trocas gasosas de CO₂, fazendo assim com que haja um comprometimento da fotossíntese e fixação de carbono (MACHADO et al., 2010). Outra possível explicação a esse aumento da degradação de amido é o estímulo da produção de etileno, ligada ao aumento dos níveis de ABA na planta. O etileno por vez está ligado a diversos processos fisiológicos intrínsecos ao amadurecimento, sendo a utilização de inibidores de sua síntese e/ou ação, técnicas que promovem diminuição da degradação amido, manutenção da acidez titulável e dos sólidos solúveis totais em macieiras (STEFFENS et al., 2006; BRACKMAN et al., 2008; SCOLARO et al., 2015). A utilização de ProCa tende a diminuir a produção de etileno, visto a semelhança estrutural com o ácido ascórbico, co-substrato na ação da ACCo (RADEMACHER, 2000), culminando em atrasos nos processos de degradação de amido nos frutos. Entretanto, ambos os tratamentos, ABA e ProCa, não diferiram do controle (Tabela 7).

Tabela 7 - Índice de iodo-amido, sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e relação SS/AT nos frutos, em macieiras da cultivar Baigent submetidas a aplicação de ABA, ProCa e ABA+ProCa, avaliados no momento da colheita e após período de armazenamento de 4 meses em atmosfera refrigerada ($0\pm 0,5$ °C / 90-95% UR), seguido de 7 dias em condição ambiente (20 ± 5 °C e UR de $63\pm 2\%$).

Tratamento	Iodo-amido	SS (°Brix)		AT (%)		SS/AT	
	(1-5)	Colheita	Pós-AR	Colheita	Pós-AR	Colheita	Pós-AR
Controle	2,80 ab	9,78 ^{ns}	11,73 ^{ns}	0,45 ^{ns}	0,35 ^{ns}	21,92 ^{ns}	33,85 ^{ns}
ABA	3,53 a	9,93	10,83	0,42	0,34	23,38	32,34
ProCa	2,49 b	9,60	11,33	0,48	0,36	20,31	31,15
ABA+ProCa	2,76 ab	9,73	10,98	0,45	0,35	21,54	31,78
CV (%)	21,08	4,10	4,37	7,58	5,90	8,55	6,42

Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). ns: não significativo ($p > 0,05$).

Não observou-se o efeito dos tratamentos quanto aos valores de acidez titulável (AT), teor de sólidos solúveis (SS) e relação SS/AT, avaliados na colheita e após o armazenamento refrigerado (Tabela 7). Em frutos não climatéricos, como o morango, o acúmulo de ABA está ligado ao aumento nos teores de SS e decréscimo da AT (ZHANG; YUAN; LENG, 2009). Em uva, tratamentos com ABA tendem a aumentar o conteúdo de SS, porém a AT é dependente da dose aplicada (GARDIN et al., 2012). Todavia, aplicações exógenas de ABA em cereja não alteram os teores de SS em determinadas épocas de aplicação (VIZOTTO et al., 2014). Em macieiras ‘Baigent’, a aplicação de ABA aos 108 e 115 DAPF não alterou o conteúdo total de açúcares e a AT na colheita, entretanto a proporção de açúcares solúveis apresentou variação, dependendo da época de aplicação (VIZOTTO et al., 2014). Aplicações de ProCa também apresentaram baixa influência nos teores de SS e AT. Em macieiras ‘Catarina’ e ‘Fuji’ (SILVEIRA et al., 2014), ‘Royal Gala’ (MATA; BLANCO 2006), e ‘Starcrimson Delicious’ (ÇETINBAS et al., 2015), não houve efeito do tratamento com ProCa no teor de SS, tanto no momento da colheita quanto em períodos de pós-armazenamento. Resultados semelhantes aos encontrados nesse trabalho.

Não foram observadas diferenças quanto as concentrações de K, Mg e N, bem como na relação (K+Mg)/Ca, para os tecidos da casca e polpa, entre os tratamentos (Tabela 8). O tratamento ABA+ProCa reduziu o teor de Ca e aumentou as relações K/Ca, Mg/Ca, N/Ca e (K+Mg+N)/Ca na casca dos frutos, em relação ao controle. O tratamento ProCa aumentou o teor de Ca na polpa em relação ao controle.

Tratamentos com ABA em tomates, através de aplicações foliares na de doses de 500 mg.L⁻¹, e em solução nutritiva, em estágios iniciais de formação dos frutos, proporcionam um aumento dos níveis de Ca nos frutos e, consequente, diminuição da manifestação de podridão estilar (FREITAS; SHACKEL; MITCHAM, 2011; BARICKMAN; KOPSELL; SAMS, 2014). Plantas tratadas com ABA tem sua transpiração restrita pelo fechamento estomático, culminando em menores resistências nos vasos do xilema, promovendo assim maior absorção de água e acúmulo de Ca nos tecidos dos frutos (FREITAS; SHACKEL; MITCHAM, 2011). A ausência de efeito do ABA nos teores de cálcio nos tecidos da casca e polpa no nosso trabalho, pode ser decorrente da não administração do ABA na planta inteira, diferentemente dos trabalhos acima citados. O movimento de água através da planta sempre se dá em direções a baixos potenciais hídricos (TAIZ; ZEIGER, 2014). O aumento do potencial hídrico causados pela aplicação de ABA somente nos dois terços inferiores da planta, pode ter incrementado o fluxo de seiva do xilema conduzida para o terço superior, culminando assim em maiores concentrações de Ca nas folhas da copa (dados não mensurados). O aumento da relação AFT/FR no tratamento com ABA (Tabela 1), apesar de não significativa, pode ter diminuído a incidência de luz sobre os frutos. Frutos sombreados e com baixa transpiração tende a ter menos cálcio que frutos com maior transpiração (PERRING, 1979).

Tabela 8 - Concentrações de Ca, Mg, K e N (em mg kg⁻¹ massa fresca), e as relações Mg/Ca, K/Ca e N/Ca, (K+Mg)/Ca (N+Mg+K)/Ca da região distal de frutos, de macieiras 'Baigent' submetidas a aplicação de ABA, ProCa e ABA+ProCa.

Tratamento	Ca	Mg	K	N	Mg/Ca	K/Ca	N/Ca	(K+Mg)/Ca	(N+Mg+K)/Ca
Casca									
Controle	408,07 a	422,98 ^{ns}	1167,70 ^{ns}	1056,68 ^{ns}	1,04 b	2,82 b	2,6 b	3,81 ^{ns}	6,43 b
ABA	312,44 b	408,37	1180,04	1207,72	1,31 ab	3,80 ab	3,88 a	5,11	8,99 a
ProCa	332,11 b	415,51	1164,52	1184,17	1,22 ab	3,48 ab	3,61 ab	4,52	7,70 ab
ABA+ProCa	288,97 b	401,33	1216,16	1311,38	1,41 a	4,07 a	4,53 a	5,49	10,02 a
CV (%)	9,16	16,80	5,45	12,04	14,04	15,15	22,75	15,41	18,29
Polpa									
Controle	49,1 b	57,56 ^{ns}	897,15 ^{ns}	244,86 ^{ns}	1,25 ^{ns}	19,48 ^{ns}	5,00 ab	20,74 ^{ns}	25,78 ^{ns}
ABA	49,8 b	54,29	777,14	343,69	1,18	15,94	6,75 a	18,61	25,96
ProCa	65,96 a	53,82	778,78	259,75	0,85	13,02	4,01 b	13,88	17,36
ABA+ProCa	49,85 b	53,08	764,20	251,77	1,06	16,49	5,06 ab	17,55	22,63
CV (%)	6,73	20,20	13,86	22,21	20,35	22,99	26,01	20,83	22,59

Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05). ns: não significativo (p>0,05).

Para maçãs da cultivar Fuji, os teores de Ca na casca apresentam ser o melhor indicativo para predição de BP (AMARANTE et al., 2011). No entanto, a observação isolada dos níveis de Ca nem sempre é a melhor forma de predição desse distúrbio fisiológico, e sim sua relação com outros minerais, como o K e Mg (FREITAS et al., 2010).

As relações K/Ca e Mg/Ca no tecido da casca aumentaram na administração conjunta de ABA+ProCa (Tabela 8). Segundo (AMARANTE et al., 2006b, 2006a), em maçãs ‘Catarina’ e ‘Gala’ e a elevação nos valores das relações Mg/Ca, K/Ca, respectivamente, no tecido da casca, está relacionada à manifestação do BP. Cátions como K e o Mg, quando em altas concentrações, podem competir pelo mesmo sítio de ligação do Ca na membrana plasmática (SCHONHERR; BUKOVAC, 1973; YERMIYAHU et al., 1994). Esses minerais não desempenham as mesmas funções do Ca, e quando substituídos podem culminar em rompimento da membrana plasmática e consequente manifestações de distúrbios relacionados à deficiência de Ca (Freitas et al., 2010.). Entretanto, os valores máximo encontrados, no tratamento ABA+ProCa, das relações K/Ca (4,07), Mg/Ca (1,41) (K+Mg)/Ca (5,49), (N+Mg+K)/Ca (10,2) na casca dos frutos (Tabela 8) foram abaixo dos valores reportados por Amarante et al. (2006a, 2011) em maçãs ‘Gala’ e ‘Fuji’ com manifestação de BP. Quanto aos níveis de Ca na casca, o valor mínimo encontrado entre os tratamentos, de 288,97 mg.kg⁻¹ (Tabela 8), está acima do nível crítico considerado segundo Amarante et al. (2011) para maçã ‘Fuji’.

A aplicação de ABA e ABA+ProCa proporcionou um aumento nas relações N/Ca e (N+Mg+K)/Ca na casca, sendo que o uso do ProCa não promoveu modificações nessas relações. Essa diferença pode ser atribuída as maiores concentrações de Ca encontradas nos tecidos da casca dos frutos do tratamento controle (Tabela 9). Nos tecidos da polpa, observou-se um incremento na relação N/Ca para o tratamento com ABA (Tabela 8), porém abaixo dos níveis críticos descritos por Amarante et al. (2006b, 2011), portanto sem impacto na manifestação do distúrbio BP (Tabela 9).

Mesmo sendo observado um aumento nos níveis de Ca nos tecidos da polpa em tratamento com ProCa (Tabela 8), não houveram incremento significativos quanto a força necessária para o rompimento da polpa, evidenciando assim a importância de enzimas responsáveis pela degradação da pectina da parede celular como a poligalacturonase (PG) e a pectina-metil-esterase (PME), importantes nos processos de perda da firmeza de polpa (ZHANG; YUAN; LENG, 2009; ZAHARAH et al., 2013; VIZOTTO et al., 2014).

Tabela 9 - Incidência e índice de “bitter pit” (BP) nos frutos, em macieiras da cultivar Baigent submetidas a aplicação de ABA, ProCa e ABA+ProCa, avaliada após período de armazenamento de 4 meses em atmosfera refrigerada ($0\pm 0,5$ °C / 90-95% UR), seguido de 0 e 7 dias em condições ambientes (20 ± 5 °C e UR de $63\pm 2\%$). Dados transformados em arco seno $(x/100)^{1/2}$.

Tratamento	Incidência BP		Índice BP	
	Pós-AR	Pós AR+7dias	Pós-AR	Pós AR+7dias
Controle	2,60 ^{ns}	2,90 ^{ns}	0,48 ^{ns}	0,49 ^{ns}
ABA	2,39	2,63	0,35	0,38
ProCa	2,43	2,72	0,43	0,48
ABA+ProCa	2,56	2,85	0,46	0,50
CV (%)	39,04	38,89	40,20	40,92

Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). ns: não significativo ($p > 0,05$).

Não foram observados incrementos ou reduções quanto a incidência e índice de BP quando administrados ABA, ProCa bem como na aplicação conjunta de ambos os princípios ativos, tanto na saída dos frutos do armazenamento quanto nas avaliações após 7 dias em condições ambiente (Tabela 9). De acordo com Silveira et al. (2011), aplicações pós-floração de ProCa proporcionam decréscimo na severidade e no índice de BP em macieiras ‘Catarina’ e ‘Fuji’. A aplicação de inibidores da síntese de GAs, ProCa e Paclobutrazol, tendem a aumentar os níveis de cálcio nos frutos de macieiras (SILVEIRA, 2011, 2015; GREENE, 1991). Esse é um efeito direto de inibidores da síntese de GAs na redução do crescimento vegetativo, diminuindo a competição pelo Ca com a parte reprodutiva e, indiretamente, aumentando os níveis desse mineral nas estruturas reprodutivas (GREENE, 1991; SILVEIRA et al., 2011; HAWERROTH; PETRI, 2014) entretanto não foram observadas nesse trabalho. Basso (2006) descreve que o incremento da relação folhas por fruto, bem como a área foliar total por fruto tendem a aumentar a capacidade de transpiração da planta, intensificando a competição pelo Ca entre a parte vegetativa em relação ao fruto, possibilitando assim maiores incidências de distúrbios fisiológicos como o BP. Entretanto quando o aumento dessas duas relações observadas em plantas com aplicações de ABA e ABA+ProCa em pré-colheita (Tabela 1), não são observados aumento na incidência e no índice de BP (Tabela 8), explicado pelo balanço nutricional na polpa e na casca dos frutos testados (Tabela 7)

É possível observar que em todos os tratamentos, os teores de Ca na polpa e casca foram elevados (>40 e >150 mg kg⁻¹ de massa fresca, respectivamente) (Tabela 8) e, portanto, não houve predisposição quanto a concentração desse nutriente que proporcionassem a ambos os tratamentos à manifestação de BP em maçãs ‘Baigent’ (Tabela 9). Segundo Amarante et al.

(2009), maçãs ‘Gala’ com teores de Ca $<40 \text{ mg kg}^{-1}$ de massa fresca na popa e $<150 \text{ mg kg}^{-1}$ de massa fresca na casca, apresentam elevado risco de ocorrência de BP.

4.CONCLUSÕES

Os tratamentos ABA, ProCa e ABA+ProCa, nas doses e épocas administradas em macieiras ‘Baigent’ não proporcionaram aumento dos níveis de Ca na casca dos frutos, entretanto o tratamento ProCa aumentou a concentração de Ca na polpa dos frutos.

Os tratamentos ABA, ProCa e ABA+ProCa nas doses e épocas administradas em macieiras ‘Baigent’ não proporcionaram decréscimos na manifestação de BP nos frutos.

Não foram observadas influências da aplicação, dos tratamentos ABA, ProCa e ABA+ProCa em macieiras ‘Baigent’ nas doses e épocas administradas sobre crescimento e desenvolvimento dos frutos, bem como nos parâmetros de qualidade, tanto na colheita como no período de pós-armazenamento.

Os tratamentos ABA e ABA+ProCa nas doses e épocas administradas ocasionaram abscisão de folhas e frutos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O ‘bitter pit’ é um dos distúrbios fisiológicos responsável por grandes perdas no período pós-colheita dos frutos de macieira, sendo assim necessárias novas estratégias de manejo, tanto na pré-colheita quanto no período de armazenamento dos frutos. O ABA apesar de não mostrar-se efetivo quanto a redução desse distúrbio fisiológico nas doses testadas e na safra comercial analisada, tem demonstrado um potencial de utilização para outras culturas como o tomate. A tecnologia e a época de aplicação, bem como as doses e o número administrações são exemplos de estudos passíveis para adequação da estratégia de manejo do ABA na cultura da macieira. Fins que não a diminuição desse distúrbio fisiológico, como o raleio de folhas e frutos vem sendo recentemente estudados, e como demonstrado nesse trabalho podem ter grande potencial de aplicação dependente do preço do produto comercial disponível aos produtores. Por vez a utilização de redutores de crescimento vem ganhando maior importância na cultura da macieira. A redução da mão-de-obra necessária para realização de tratos culturais como a poda de inverno, bem como o aumento da qualidade dos frutos através da maior exposição dos mesmos a luz solar, sem comprometimento eminente do calibre final de frutos e na produtividade da cultura, são exemplos de grande sucesso da utilização desse produto em macieiras. Entretanto os benefícios diretos ou indiretos da utilização do ProCa com finalidade de diminuição da manifestação de “bitter pit” em macieiras da cultivar Baigent não foram observados, sendo a utilização de ProCa em conjunto com o ABA também não indicado, pelos efeitos negativos causados.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALONI, R. Role of hormones in controlling vascular differentiation and the mechanism of lateral root initiation. **Planta**, [SI] 238 n 5 , p. 819-83, (2013)

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, 2006a.

AMARANTE, C.V.T.; CHAVES, D.V.; ERNANI, P.R. Composição mineral e severidade de “bitter pit” em maçãs ‘Catarina’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.28, n.1, p.5-54, 2006b.

AMARANTE, C.V.T et al. Radiação, fotossíntese, rendimento e qualidade de frutos em macieiras' Royal Gala' cobertas com telas antigranizo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 7, p. 925-931, 2007.

AMARANTE, C.V.T.; ERNANI, P.R.; STEFFENS, C.A. Predição de bitter pit em maçãs 'Gala' por meio da infiltração dos frutos com magnésio. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, n. 4, p. 962-968, 2009

AMARANTE, C.V.T et al. O teor de cálcio na casca é indicativo da suscetibilidade ao ‘bitter pit’ em maçãs ‘Fuji’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.33, n.1, p.180-186, 2011.

ARAÚJO, S.A.C; DEMINICIS, B.B. Fotoinibição da fotossíntese. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 7, n. 4, 2009.

ARGENTA, L.C.; SUZUKI, A. Relação entre teores minerais e frequência de bitter pit em maçã cv. Gala no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.16, n.1, p.267-277, 1994.

BASAK, A. Growth and fruiting of 'Elstar' apple trees in response to prohexadione calcium depending on the rootstock. In: **IX International Symposium on Plant Bioregulators in Fruit Production**. [SI] p. 117-125, 2001.

BASSO, C. Distúrbios fisiológicos. In: EPAGRI. **A cultura da macieira**. Florianópolis, 2002. p.609-636.

BARICKMAN, T.C.; KOPSELL, D.A.; SAMS, .E. Foliar applications of abscisic acid decrease the incidence of blossom-end rot in tomato fruit. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 179, p. 356-362, 2014.

BIZJAK, J. et al. Polyphenol gene expression and changes in anthocyanins and polyphenols in the skin of ‘Braeburn’ apples after the autumn application of prohexadione-calcium. **Plant growth regulation**, New York, v. 71, n. 3, p. 225-233, 2013.

BRACKMANN et al. Qualidade da maçã " Gala" armazenada em atmosfera controlada associada à absorção e ao controle da síntese e da ação do etileno. **Ciência rural**, Santa Maria, v. 38, n. 8, p. 2151-2156, 2008.

CAMILO, A.P.; PEREIRA, A.J. **A Cultura da Macieira: Raleio de Frutos**. Florianópolis, p.416, 2006.

ÇETINBAŞ, M. et al. **Journal of Applied Botany and Food Quality**, v. 88, n. 1, 2015

DAVIES, P.J. **Plant Hormones – Biosynthesis, Signal Transduction, Action**. Springer, 2004. 750p.

ERNANI, P.R.; DIAS, J.; AMARANTE, C.V.T.; RIBEIRO, D.C.; ROGERI, D.A. Preharvest calcium sprays were not always needed to improve fruit quality of “Gala” apples in Brazil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.30, n.4, p.892-896, 2008.

EVANS, J.R. et al. Mode of action, metabolism, and uptake of BAS 125W, prohexadione-calcium. **HortScience**, Alexandria, v. 34, n. 7, p. 1200-1201, 1999.

FERGUSON, I.B.; WATKINS, C.B. Bitter-pit in apple fruit. **Horticultural Reviews**, New York, v.11, n.11, p.289-355, 1989.

FREITAS, S.T et al. Cellular approach to understand bitter pit development in apple fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.57, n.1, p.6-13, 2010.

FREITAS, S.T.; SHACKEL, K.A.; MITCHAM, J. Absciscic acid triggers whole-plant and fruit-specific mechanisms to increase fruit calcium uptake and prevent blossom end rot development in tomato fruit. **Journal of experimental botany**, Oxford, v. 62, n. 8, p. 2645-2656, 2011.

FREITAS, S. T.; et al. (2014). Calcium partitioning and allocation and blossom-end rot development in tomato plants in response to whole-plant and fruit-specific abscisic acid treatments. **Journal of experimental botany**, Oxford, v. 65, n. 1, p. 235-247, 2014.

GARDIN, J.P.P. et al. Ácido abscísico e etefom: Influência sobre a maturação e qualidade das uvas Cabernet Sauvignon. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 34, p. 1-327, 2012.

GIOVANAZ, M.A. et al. Ácido abscísico como potencial raleante químico de frutos de pessegueiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 50, n. 10, p. 989-992, 2015.

GLENN, D.M.; MILLER, S.S. Effects of Apogee on growth and whole-canopy photosynthesis in ‘SpurDelicious’ Apple trees. **HortScience**, [SI] v. 40, n. 2, p. 397-400, 2005.

GLENN, M.; POOVAIAH, B.W. Role of calcium in delaying softening of apples and cherries. **Postharvest Pomology Newsletter**, Washington, v.5, n.1, p.10-19, 1987.

GREENE, D.W. Reduced rates and multiple sprays of paclobutrazol control growth and improve fruit quality of ‘Delicious’ apples. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.116, n.5, p.807-812, 1991.

GREENE, D.W. Chemicals, timing, and environmental factors involved in thinner efficacy on apple. **HortScience**, Alexandria, v 37:477–481, 2002.

GREENE, D.W.; SCHUPP, J.R.; WINZELER, H.E. Effect of abscisic acid and benzyladenine on fruit set and fruit quality of apples. **HortScience**, Alexandria, v. 46, n. 4, p. 604-609, 2011.

HALBWIRTH H. et al. Screening for inhibitors of 2-oxoglutarate-dependent dioxygenases: flavanone 3 β -hydroxylase and flavonol synthase. **Plant Science**, v. 171, n. 2, p. 194-205, 2006.

HAWERROTH, F.J.; PETRI, J.L. Crescimento vegetativo de macieiras 'Fuji Suprema' sob influência da época de aplicação de Proexadione cálcio. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 36, n. 2, p. 373-380, 2014.

HAWERROTH, F.J. et al. Épocas de aplicação de proexadione cálcio no controle do desenvolvimento vegetativo de macieiras 'Imperial Gala'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.34, n.4, p.957-963, 2012.

HURTADO, A. M.R. et al. Diferenciação floral, alternância de produção e uso de ácido giberélico e tangerineira 'Montenegrina' (Citrus deliciosa Tenore). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 3, 2006.

JACKSON, M.B.; OSBORNE, D.J. Absciscic acid, auxin, and ethylene in explant abscission. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 23, n. 3, p. 849-862, 1972.

JIANG, Y.; JOYCE, D.C. ABA effects on ethylene production, PAL activity, anthocyanin and phenolic contents of strawberry fruit. **Plant Growth Regulation**, New York, v. 39, n. 2, p. 171-174, 2003.

JIANG, M.; ZHANG, J. Effect of abscisic acid on active oxygen species, antioxidative defence system and oxidative damage in leaves of maize seedlings. **Plant and Cell Physiology**, Oxford, v. 42:1265-1273, 2001.

KIM, Y.H.; KWAK, S.S. The role of antioxidant enzymes during leaf development. **Reactive Oxygen Species and Antioxidants in Higher Plants**, [SI] p.129-150, 2010

KERBAUY, G.B. **Fisiologia Vegetal**. 2.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. 431p.

LAKSO, A.N.; GREENE, D.W.; PALMER, J.W. Improvements on an apple carbon balance model. **Acta Horticulturae**, v.707, p.57-61, 2006.

LEITE, G.B.; PETRI, J.L.; MONDARDO, M. Efeito da tela antigranizo em algumas características dos frutos de macieira. **Revista brasileira de fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 3, p. 714-716, 2002

MARSCHNER, P. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. 3ª edição. Oxford: United Kingdom, 2012, 651p.

MATA, A.P.; BLANCO J.V. Prohexadione-calcium effects on the quality of 'Royal Gala' apple fruits. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v. 81, n. 6, p. 965-970, 2006.

MIQUELOTO, A. et al. Relationship between xylem functionality, calcium content and the incidence of bitter pit in apple fruit. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.165, p.319-232, 2014.

MACHADO, D. et al. Efeito da baixa temperatura noturna e do porta-enxerto na variação diurna das trocas gasosas e na atividade fotoquímica de laranjeira ‘Valência’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, n. 2, p. 351-359, 2010.

MEDJDOUB, R.; BLANCO, V.J.A. Prohexadione-Ca inhibits vegetative growth of ‘Smoother Golden Delicious’ apple trees. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.101, n.3, p.243-253, 2004.

MISHRA, A. et al. Effect of ethylene, 1-MCP, ABA and IAA on break strength, cellulase and polygalacturonase activities during cotton leaf abscission. **South African Journal of Botany**, [SI] v. 74, n. 2, p. 282-287, 2008

MIDDELBERG, M.; KNOCHÉ, M.; PETRACEK, P. D.; Effects of pH, temperature, humidity, and rewetting on cuticular penetration of ABA. In: **XII International Symposium on Plant Bioregulators in Fruit Production 1042**, p. 143-150, 2013.

MUPAMBI, G; REYNOLDS, J. S.; STEYN, W. J. Foliar S-ABA application does not reduce sunburn in 'Granny Smith' apple. **XII International Symposium on Plant Bioregulators in Fruit Production**, [SI], p. 303-309, 2013

NACHTIGALL, G.R.; FREIRE, C.J.S. Previsão da incidência de “bitter pit” em maçãs através dos teores de cálcio em folhas e frutos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.20, n.2, p.158-166, 1998.

OZBAY, N.; ERGUN, N. Prohexadione de cálcio sobre o crescimento e a qualidade de mudas de berinjela. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 50, n. 10, p. 932-938, 2015.

PENG, Y.B.; LU, Y.F.; ZHANG, D.P. Absciscic acid activates ATPase in developing apple fruit especially in fruit phloem cells. **Plant, Cell & Environment**, [SI], v. 26, n. 8, p. 1329-1342, 2003.

PETRI, J.L. et al. Raleio químico em macieiras ‘Fuji suprema’ e ‘Lisgala’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 35, p. 170-182, 2013.

RADEMACHER, W. Growth retardants: Effects on gibberellin biosynthesis and other metabolic pathway. **Annual review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, [SI], v. 51, n. 1, p. 501-531, 2000.

SAURE, M.C. Calcium translocation to fleshy fruit: its mechanism and endogenous control. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.105, n.1, p.65-89, 2005.

SCHÖNHERR, J.; BUKOVAC, M.J. Ion exchange properties of isolated tomato fruit cuticular membrane: exchange capacity, nature of fixed charges and cation selectivity. **Planta**, [SI], v. 109, n. 1, p. 73-93, 1973.

SCOLARO, A.M.T et al. Controle da maturação pré-colheita de maçãs' Royal Gala' pela inibição da ação ou síntese do etileno. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v 37, 38-47, 2015.

SETTER, T.L.; BRUN, W.A.; BRENNER, M.L. Effect of obstructed translocation on leaf abscisic acid, and associated stomatal closure and photosynthesis decline. **Plant Physiology**, [SI], v. 65, n. 6, p. 1111-1115, 1980.

SILVEIRA, J.P.G. et al. A inibição na síntese de giberelina reduz o crescimento vegetativo em macieiras e proporciona controle de "bitter pit" nos frutos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 34,n. 2,p. 328-335, 2012.

SILVEIRA, J.P.G et al. Potencial produtivo e qualidade de frutos de macieiras tratadas com giberelina e inibidor da biossíntese de giberelinas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.36, n.4, p.771-779, 2014.

SILVEIRA, J.P.G. Qualidade e distúrbios fisiológicos de maçãs em resposta a giberelinas e proexadiona-cálcio. Tese (Doutorado em Produção Vegetal –Área: Biologia e Tecnologia Pós-Colheita) –**Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias**, Lages, p. 139, 2015.

SOTO, A. et al. ABA may promote or delay peach fruit ripening through modulation of ripening-and hormone-related gene expression depending on the developmental stage. **Plant Physiology and Biochemistry**, [SI] v. 64, p. 11-24, 2013.

STEFFENS, C.; SESTARI, I.; BRACKMANN, A. Controle da queda pré-colheita de maçãs 'Gala'e 'Fuji' com aminoetoxivinilglicina e ethephon. **Revista brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 11, n. 3, 2005.

STEFFENS, C.A. et al. Maturação da maçã "Gala" com a aplicação pré-colheita de aminoetoxivinilglicina e ethephon. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.2, p.434-440, 2006

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 5nd ed. Sunderland: Sinauer Associates, 2010. 782p

VIZZOTTO, G. et al. Use of Absciscic Acid on Climacteric (Apple) and Non-Climacteric (Cherry) Fruits. **XII International Symposium on Plant Bioregulators in Fruit Production**, [SI], p. 223-229. 2013.

ZAHARAH, S. S. et al. Mode of action of abscisic acid in triggering ethylene biosynthesis and softening during ripening in mango fruit. **Postharvest biology and technology**, [SI], v. 75, p. 37-44, 2013.

ZHANG, M.; YUAN, B.; LENG, P. The role of ABA in triggering ethylene biosynthesis and ripening of tomato fruit. **Journal of Experimental Botany**, [SI], v. 60, n. 6, p. 1579-1588, 2009.

WATERLAND, N.L.; FINER, J.J.; JONES, M.L. Absciscic acid applications decrease stomatal conductance and delay wilting in drought-stressed chrysanthemums. **HortTechnology**, [SI] v. 20, n. 5, p. 896-901, 2010.

YERMIYAHU, U. et al. Quantitative competition of calcium with sodium or magnesium for sorption sites on plasma membrane vesicles of melon (*Cucumis melo* L.) root cells. **The Journal of Membrane Biology**, [SI] v. 138, n. 1, p. 55-63, 1994.

7. ANEXOS

Figura 1 – Abscisão de folhas e frutos de macieiras ‘Baigent’ submetida a aplicações de água (A); Proexadione-cálcio (ProCa) (B); Ácido abscísico (ABA) (C) e ABA+ProCa (D).



Fonte: Produção do próprio autor