

ALESSANDRA APARECIDA DE SÁ NUNES

**APLICAÇÃO FOLIAR DE BORO: ANTECIPAÇÃO DA
COLHEITA E CONSERVAÇÃO DE MAÇÃS ‘GALAXY’ E
‘PINK LADY’**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação
em Ciência do Solo da Universidade do Estado de
Santa Catarina, como requisito parcial para
obtenção do grau de Doutor em Ciência do Solo.

Orientador: Ph.D. Paulo Roberto Ernani

**LAGES, SC
2016**

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

Nunes, Alessandra Aparecida de Sá

Aplicação foliar de boro: antecipação da colheita
e conservação de maçãs 'Galaxy' e 'Pink Lady' /
Alessandra Aparecida de Sá Nunes. Lages - 2016.
93 p.

Orientador: Paulo Roberto Ernani

Co-orientador: Cassandro Vidal Talamini Amarante

Tese (Doutorado) - Universidade do Estado de
Santa Catarina, Centro de Ciências
Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em
Ciência do Solo, Lages, 2016.

1. Macieira. 2. Boro. 3. Antecipação da colheita.
I. Ernani, Paulo Roberto. II. Amarante, Cassandro
Vidal Talamini. III. Universidade do Estado de
Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Ciência
do Solo. IV. Título.

ALESSANDRA APARECIDA DE SÁ NUNES

**APLICAÇÃO FOLIAR DE BORO: ANTECIPAÇÃO DA
COLHEITA E CONSERVAÇÃO DE MAÇÃS ‘GALAXY’ E
‘PINK LADY’**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Ciência do Solo.

Banca Examinadora

Orientador/Presidente: _____
Ph.D. Paulo Roberto Ernani
(UDESC – Lages-SC)

Membro externo: _____
Dr^a. Marlise Nara Ciotta
(EPAGRI – São Joaquim-SC)

Membro externo: _____

Dr. Gilberto Nava
(EMBRAPA – Pelotas-RS)

Membro interno: _____
Dr. Paulo Cezar Cassol
(UDESC – Lages-SC)

Membro interno: _____
Dr. Álvaro Luiz Mafra
(UDESC – Lages-SC)

Lages, SC, 04/02/2016

À família que me criou até agora
e à família que estou formando a
partir de agora,
Dedico.

RESUMO

NUNES, Alessandra Aparecida de Sá. **Aplicação foliar de boro: antecipação da colheita e conservação de maçãs ‘Galaxy’ e ‘Pink Lady’**. 2016. 93f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo - Área: Nutrição de Plantas e Pós-colheita de Frutas) - Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo, Lages, 2016.

A qualidade e a conservação das maçãs estão diretamente relacionadas com a época adequada de colheita, que se concentra em um período curto de tempo. Assim, novas técnicas são necessárias para ampliar o período de colheita dos frutos por meio do escalonamento da maturação. O manejo da nutrição das plantas, através de pulverizações com nutrientes em pré-colheita, pode ser uma dessas alternativas. O objetivo do trabalho foi antecipar a colheita de maçãs decorrentes de pulverizações com soluções de boro em pré-colheita. Foram conduzidos experimentos com as cultivares Galaxy e Pink Lady, nas safras colhidas em 2012, 2013 e 2014, com os tratamentos constituídos por 1, 2 e 4 pulverizações foliares com ácido bórico a 0,3%, e com água (testemunha). Os tratamentos foram escalonados com equidistância com início aos 45 dias e término aos 15 dias antes da previsão de colheita e organizados no delineamento de blocos ao acaso e quatro repetições. As colheitas foram realizadas em várias etapas de acordo com o grau de maturação dos frutos. Foram determinados os atributos relacionados com a qualidade e conservação dos frutos (coloração de fundo, intensidade de cor vermelha da epiderme, firmeza da polpa, sólidos solúveis e acidez titulável), na colheita e após o armazenamento, e o índice de amido e concentração de B na polpa na colheita. Também avaliou-se a concentração de B foliar. Na última safra também foram determinadas as taxas respiratórias e de produção de etileno na colheita. Os resultados foram submetidos à análise de variância e os efeitos do número de pulverizações com B foram

comparados por contrastes ortogonais. Tanto para a cultivar Galaxy quanto para a Pink Lady observou-se que a intensidade do efeito da aplicação de B variou entre as safras. As pulverizações com B anteciparam a colheita de maçãs ‘Galaxy’ e ‘Pink Lady’. A aplicação de quatro pulverizações com B em pré-colheita antecipou a maturação de maçãs dessas cultivares sem prejudicar a qualidade de conservação dos frutos, confirmando-se como alternativa para o escalonamento da colheita.

Palavras-chave: Macieira. Boro. Antecipação da colheita.

ABSTRACT

NUNES, Alessandra Aparecida de Sá. **Foliar application of boron: harvest anticipation and conservation of apples 'Galaxy' and 'Pink Lady'**. 2016. 93f. Thesis (Doctorate in Soil Science - Area: Plant Nutrition and Fruit Postharvest) - University of the State of Santa Catarina. Postgraduate Program in Soil Science, Lages, 2016.

The quality and apples conservation capacity are directly related to the adequate period of harvest, which is concentrated in few weeks. Therefore, it is essential to develop techniques to extend the adequate period of harvest. The nutrition of the plants by spraying some nutrients in pre-harvest may be one of these alternatives. The objective of this study was to anticipate the apple harvest resulting from spraying boron solutions in pre-harvest. Field experiments were conducted on the cultivars Galaxy and Pink Lady, in three growing seasons, harvested in 2012, 2013 and 2014. Treatments consisted of 0, 1, 2 and 4 sprays ($1,000 \text{ L ha}^{-1}$) each season with boric acid solutions (0.3%). All treatments were equidistantly spaced starting 45 days and ending 15 days before the predicted harvest. It was used a completely randomized block design with four replications. Fruit samples were collected in several stages according to the degree of ripeness. Some fruit attributes related to quality and conservation (background color, red color intensity of the skin, flesh firmness, soluble solids, titratable acidity, starch content and B in the fruits) were determined at harvest and after storage. In the last season, the respiratory rate and the ethylene production by the fruits were also determined in both cultivars. The results were submitted to variance analysis and the effects of the number of sprays with B were analyzed by orthogonal contrasts. The intensity of the effects of the application of B sprays on fruit parameters varied among growing seasons. Spraying with B affected the parameters related to the fruit ripening and anticipated the

maturity stage of both apple cultivars. Spraying boron solution in pre-harvest anticipated fruit ripening and did not affect fruit quality in all seasons, and this may be an alternative for growers to use in order to increase the ideal harvest time.

Keywords: Apple. Boron. Harvest anticipation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Artigo I

- Figura 1 – Relação entre o número de pulverizações com B e a quantidade de frutos pertencentes a cada índice de cor vermelha em maçãs ‘Galaxy’ na safra 2014. Frutos coletados na 2ª colheita.....43
- Figura 2 – Relação entre o número de pulverizações com B e o teor de B na folha de maçãs ‘Galaxy’ nas safras 2012 e 2013. Média de 4 repetições.51
- Figura 3 – Relação entre o número de pulverizações com B e as concentrações de boro na polpa de maçãs ‘Galaxy’ nas safras 2012, 2013 e 2014. Média de 4 repetições..52

Artigo II

- Figura 1 – Relação entre o número de pulverizações com B e o teor de B na folha de maçãs ‘Pink Lady’ nas safras 2012 e 2013. Média de 4 repetições85
- Figura 2 – Relação entre o número de pulverizações com B e as concentrações de B na polpa de maçãs ‘Pink Lady’ nas safras 2012, 2013 e 2014. Média de 4 repetições .87

LISTA DE TABELAS

Artigo I

- Tabela 1 – Atributos de textura e firmeza de polpa após a colheita e o armazenamento em maçãs ‘Galaxy’, na safra 2012, em função do número de pulverizações com B. Média de 4 repetições31
- Tabela 2 – Teor de sólidos solúveis (SS) e acidez titulável após a colheita e o armazenamento, em maçãs ‘Galaxy’ na safra 2012, em função do número de pulverizações com B. Média de 4 repetições32
- Tabela 3 – Índice de amido e coloração da epiderme após a colheita em maçãs ‘Galaxy’, na safra 2012, em função do número de pulverizações com B. Média de 4 repetições33
- Tabela 4 – Atributos de textura e firmeza de polpa após a colheita e o armazenamento em maçãs ‘Galaxy’, na safra 2013, em função do número de pulverizações com B. Média de 4 repetições35
- Tabela 5 – Teor de sólidos solúveis (SS) e acidez titulável após a colheita e o armazenamento, em maçãs ‘Galaxy’ na safra 2013, em função do número de pulverizações com B. Média de 4 repetições36

Tabela 6 – Índice de amido e coloração da epiderme após a colheita em maçãs ‘Galaxy’, na safra 2013, em função do número de pulverizações com B. Média de 4 repetições	37
--	----

Tabela 7 – Atributos de textura (força para ruptura da casca e força para penetração da polpa) e firmeza de polpa após a colheita e o armazenamento, em maçãs ‘Galaxy’ na safra 2014, em função do número de pulverizações com B. Média de 4 repetições	40
---	----

Tabela 8 – Teor de sólidos solúveis (SS) e acidez titulável após a colheita e o armazenamento, em maçãs ‘Galaxy’ na safra 2014, em função do número de pulverizações com B. Média de 4 repetições	41
---	----

Tabela 9 – Índice de amido e coloração da epiderme (lado vermelho e cor de fundo) após a colheita em maçãs ‘Galaxy’ na safra 2014, em função do número de pulverizações com B. Média de 4 repetições	42
--	----

Tabela 10 – Taxa respiratória e produção de etileno após a colheita em maçãs ‘Galaxy’ na safra 2014, em função do número de pulverizações com B. Média de 4 repetições	45
--	----

Artigo II

Tabela 1 – Atributos de textura (força para ruptura da casca e força para penetração da polpa) e firmeza de polpa após a colheita e o armazenamento, em maçãs ‘Pink Lady’ na safra 2012, em função do número de pulverizações com B. Média de 4 repetições.....67

Tabela 2 – Teor de sólidos solúveis (SS) e acidez titulável após a colheita e o armazenamento, em maçãs ‘Pink Lady’ na safra 2012, em função do número de pulverizações com B. Média de 4 repetições68

Tabela 3 – Índice de amido e coloração da epiderme (lado vermelho e cor de fundo) após a colheita em maçãs ‘Pink Lady’ na safra de 2012, em função do número de pulverizações com B. Média de 4 repetições69

Tabela 4 – Atributos de textura (força para ruptura da casca e força para penetração da polpa) e firmeza de polpa após a colheita e o armazenamento, em maçãs ‘Pink Lady’ na safra 2013, em função do número de pulverizações com B. Média de 4 repetições.....72

Tabela 5 – Teor de sólidos solúveis (SS) e acidez titulável após a colheita e o armazenamento, em maçãs ‘Pink Lady’ na safra 2013, em função do número de pulverizações com B. Média de 4 repetições73

Tabela 6 – Índice de amido e coloração da epiderme (lado vermelho e cor de fundo) após a colheita em maçãs ‘Pink Lady’ na safra 2013, em função do número de pulverizações com B. Média de 4 repetições 74

Tabela 7 – Atributos de textura (força para ruptura da casca e força para penetração da polpa) e firmeza de polpa após a colheita e o armazenamento, em maçãs ‘Pink Lady’ na safra 2014, em função do número de pulverizações com B. Média de 4 repetições 78

Tabela 8 – Teor de sólidos solúveis (SS) e acidez titulável após a colheita e o armazenamento, em maçãs ‘Pink Lady’ na safra 2014, em função do número de pulverizações com B. Média de 4 repetições 79

Tabela 9 – Índice de amido e coloração da epiderme (lado vermelho e cor de fundo) após a colheita em maçãs ‘Pink Lady’ na safra 2014, em função do número de pulverizações com B. Média de 4 repetições 80

Tabela 10 – Taxa respiratória, produção de etileno e atividade da ACC oxidase após a colheita em maçãs ‘Pink Lady’ na safra 2014, em função do número de pulverizações com B. Média de 4 repetições 82

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL.....	19
2	ARTIGO I – ANTECIPAÇÃO DA COLHEITA E QUALIDADE DE MAÇÃS ‘GALAXY’ ATRAVÉZ DE PULVERIZAÇÕES COM BORO	21
2.1	INTRODUÇÃO	22
2.2	MATERIAL E MÉTODOS	24
2.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
2.3.1	Safra 2012	29
2.3.2	Safra 2013	34
2.3.2	Safra 2014	38
2.4	CONCLUSÃO	53
	REFERÊNCIAS	54
3	ARTIGO II – APLICAÇÃO DE BORO NA ANTECIPAÇÃO DA COLHEITA EM MAÇÃS ‘PINK LADY’	59
3.1	INTRODUÇÃO	60
3.2	MATERIAL E MÉTODOS	62
3.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	65
3.3.1	Safra 2012	65
3.3.2	Safra 2013	70
3.3.3	Safra 2014	75
3.4	CONCLUSÃO	88
	REFERÊNCIAS	89
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	93

1 INTRODUÇÃO GERAL

A produção de maçãs no Brasil ocupa aproximadamente 33.000 hectares e envolve a participação de aproximadamente 2.500 produtores, cuja maioria cultiva área inferior a 10 hectares. A atividade cresceu nos últimos anos e o Brasil passou de importador a exportador da fruta. Em função da necessidade de aumentar o volume das exportações e da crescente competição globalizada, é imprescindível aumentar a qualidade dos frutos, paralelamente ao aumento da produtividade e à redução dos custos produtivos.

A qualidade e a capacidade de conservação das maçãs estão diretamente relacionadas com o período adequado de colheita. Frutas colhidas após o ponto adequado de maturação perdem inúmeras qualidades organolépticas e se conservam por muito pouco tempo, mesmo em câmaras frigoríficas. Além disso, nas cultivares mais precoces, os frutos caem das árvores quando se tornam maduros, inviabilizando, nesse caso, a comercialização.

A colheita é realizada manualmente, necessitando grande disponibilidade de mão-de-obra em curto espaço de tempo. Porém, o desenvolvimento econômico brasileiro nos últimos anos, dificulta encontrar trabalhadores rurais, principalmente por parte dos pequenos fruticultores, que não conseguem atender plenamente as exigências trabalhistas legais. Sendo assim, é imprescindível que se consigam técnicas para ampliar o período adequado de colheita dos frutos por meio do escalonamento da maturação. O manejo da nutrição das plantas, através de pulverizações com nutrientes em pré-colheita, pode ser uma dessas alternativas.

Trabalhos de pesquisa desenvolvidos por nosso grupo, nos últimos anos, mostram que pulverizações com soluções de boro (B), um fertilizante mineral de custo relativamente baixo, têm aumentado a intensidade da cor vermelha da epiderme das maçãs e antecipado o processo de maturação dos frutos em até

15 dias. Assim, a aplicação dessa tecnologia em determinadas glebas, amplia o período adequado de colheita, podendo melhorar a qualidade de frutos com a mesma quantidade de operários. Entretanto, observou-se que a magnitude do efeito proporcionado pelo B na antecipação da colheita depende das condições climáticas predominantes em cada safra. Por isso, torna-se necessário determinar o número adequado e a época das pulverizações a fim de maximizar o efeito do B na antecipação da colheita bem como na capacidade de conservação dos frutos, em diferentes condições climáticas.

Esse trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito de pulverizações foliares com B na antecipação da colheita dos frutos das cultivares Galaxy e Pink Lady, assim como quantificar o efeito desses tratamentos na qualidade das maçãs.

2 ARTIGO I

ANTECIPAÇÃO DA COLHEITA E QUALIDADE DE MAÇÃS ‘GALAXY’ ATRAVÉZ DE PULVERIZAÇÕES COM BORO

RESUMO

A qualidade e a capacidade de conservação de maçãs estão diretamente relacionadas com a nutrição da planta. O objetivo do trabalho foi avaliar a influência de pulverizações com boro (B) na antecipação da maturação e na qualidade e capacidade de conservação de maçãs ‘Galaxy’. O experimento foi conduzido em Vacaria/RS, durante as safras colhidas em 2012, 2013 e 2014. Os tratamentos foram constituídos por um número crescente de aplicações foliares com B em pré-colheita. Foram feitas 0, 1, 2 e 4 pulverizações com ácido bórico (0,3%). Todos os tratamentos iniciaram 45 dias antes da data prevista para a colheita comercial e terminaram 15 dias antes da mesma, cujo número de pulverizações, em cada tratamento, foi equidistantemente espaçado entre essas datas. Foi utilizado o delineamento experimental de blocos ao acaso, com quatro repetições. Tanto na colheita como após ao armazenamento os frutos foram avaliados atributos relacionados com a qualidade e capacidade de conservação (coloração da epiderme, textura, firmeza de polpa, teor de sólidos solúveis, acidez, índice de amido e concentração de B na polpa e na folha). Os resultados foram submetidos à análise de variância e os efeitos do número de pulverizações com B foram comparados por contrastes ortogonais. A intensidade do efeito das pulverizações com B na qualidade de maçãs ‘Galaxy’ varia de safra para safra. A aplicação de 4 pulverizações com B antecipou a maturação, sem prejudicar a qualidade e a capacidade de armazenamento, podendo ser uma

alternativa para o escalonamento da colheita.

Palavras chave: Pulverização com boro. Qualidade de frutas. Maças ‘Galaxy’.

2.1 INTRODUÇÃO

No Brasil, aproximadamente 60% da área cultivada com macieira é ocupada pelo grupo de ciclo precoce (‘Gala Standard’, ‘Royal Gala’, ‘Imperial Gala’, ‘Galaxy’, etc). Essas cultivares possuem período adequado de colheita curto, de aproximadamente um mês, entre final de janeiro e final de fevereiro. A colheita desses frutos não pode ser retardada porque em poucos dias após a maturação perdem a pressão, diminuem o sabor, a qualidade e a capacidade de conservação. Caso a colheita seja retardada por vários dias, os frutos amarelecem e caem das plantas. Frutos colhidos tardiamente, portanto, não possuem valor comercial, tanto no mercado interno como no exterior, com reflexos negativos na receita líquida dos produtores.

A colheita é realizada manualmente e demanda grande disponibilidade de mão-de-obra em curto espaço de tempo. O desenvolvimento econômico brasileiro nos últimos anos dificulta encontrar trabalhadores rurais, principalmente por parte dos pequenos fruticultores, que tem dificuldades para atender plenamente as exigências trabalhistas legais. Entretanto, novas técnicas podem ampliar o período adequado de colheita dos frutos por meio do escalonamento da maturação.

Com o objetivo de retardar a maturação dos frutos, alguns produtores mais capitalizados estão utilizando hormônios vegetais em determinadas glebas do pomar para obter melhor escalonamento da colheita. No entanto, o preço destes hormônios é muito alto, o que inviabiliza o uso por

pequenos e médios produtores. Assim, novos produtos com menor custo representam uma alternativa viável para todos os produtores. Dentro dessa questão, a utilização de pulverizações foliares com nutrientes pode ser uma possibilidade.

Dentre os macronutrientes, Ca, N, K e P, e dentre os microelementos, o B tem sido mais frequentemente associado com vários atributos de qualidade dos frutos. A disponibilidade de B nos solos brasileiros cultivados com macieira normalmente é satisfatória, porém a espécie é exigente nesse nutriente e normalmente os produtores aplicam-no, principalmente por meio de pulverizações foliares, no estágio de pré-floração ou em pós-colheita. No entanto, as respostas à aplicação de B parecem estar relacionadas a diversos fatores, como espécie, cultivar e estado nutricional das plantas.

A aplicação de B em pré-colheita tem mostrado resultados significativos nos atributos de qualidade dos frutos de algumas espécies frutíferas, como no abacaxi (Kar et al., 2002), goiaba (Awasthi e Lal, 2009) e melancia (Li et al., 2010). Entretanto, o resultado da aplicação desse micronutriente na qualidade de maçãs ainda não é bem claro. Sá et al. (2014) verificaram que as pulverizações com B reduziram o teor de amido e a acidez titulável em maçãs ‘Imperial Gala’ e ‘Fuji Suprema’. Raese & Drake (1997) observaram que o teor de B nas folhas de macieira, que aumenta com o incremento das pulverizações com esse nutriente (Hanson, 1991), correlacionou negativamente com a qualidade dos frutos. Resultados diferentes, entretanto, foram obtidos por Asgharzade et al. (2012), onde a aplicação foliar de B em macieiras resultou no aumento do teor de sólidos solúveis, firmeza de polpa, peso seco dos frutos e redução da acidez. Lu et al. (2013) também constataram acréscimo no teor de sólidos solúveis e amido após aplicação foliar de B em maçãs. No Brasil, os resultados de pesquisa com o uso de B em macieiras não são ainda conclusivos, nem em termos de incremento no rendimento nem no tocante à qualidade e

capacidade de conservação dos frutos.

Assim, um amplo entendimento do comportamento e ação do B sobre a qualidade de maçãs é fundamental para a possível utilização desse nutriente em propósitos ainda não explorados. O objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito de pulverizações foliares com B na antecipação da colheita dos frutos da cultivar Galaxy, assim como quantificar o efeito desses tratamentos na qualidade e capacidade de armazenamento das maçãs.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi conduzido no município de Vacaria, RS (latitude 28°33'00''S, longitude 50°57''W, 955 m de altitude), num pomar comercial instalado sobre um Latossolo Bruno que possui 550 g kg⁻¹ de argila, pH 6,3, 47 g kg⁻¹ de matéria orgânica, 8,0 mg kg⁻¹ de P, e 190 mg kg⁻¹ de K disponíveis. O experimento foi conduzido com a cultivar Galaxy em área plantada em 2008, no espaçamento de 1,0 x 4,0 m, perfazendo uma densidade de 2500 plantas por hectare, e tem como polinizadoras plantas da cultivar Fuji. Todas mudas foram produzidas sobre porta-enxerto anão (EM-9). Antes da implantação, foi aplicado calcário na dose necessária para elevar o pH até 6,0, e fertilizantes contendo P, K, B e Zn, de modo a elevar a fertilidade do solo a níveis satisfatórios. Durante os dois anos iniciais de crescimento das árvores, foram aplicados somente adubos nitrogenados.

O experimento teve início em dezembro de 2011 e foi conduzido por três safras colhidas em 2012, 2013 e 2014. Os tratamentos foram constituídos por número crescente de aplicações foliares com ácido bórico, em pré-colheita, além de uma testemunha onde foi pulverizado apenas água. Foram utilizadas 1, 2 e 4 pulverizações em cada safra, sempre na concentração de 0,3% de ácido bórico e com volume de 1.000

L ha⁻¹. Todos os tratamentos foram aplicados entre 45 e 15 dias antes da data prevista para a colheita comercial, sendo o número de pulverizações equidistantemente espaçado entre essas datas.

Foi utilizado o delineamento experimental de blocos ao acaso, com quatro repetições. Cada unidade experimental foi constituída por doze plantas, distribuídas ao longo de uma fila de plantio, das quais somente as dez centrais foram utilizadas para as avaliações. Os tratos culturais, incluindo poda de inverno, aplicação de fungicidas, inseticidas e herbicidas, raleio dos frutos, e de óleo mineral mais Cianamida Hidrogenada para superação de dormência, foram os mesmos utilizados no pomar comercial, e fazem parte das recomendações técnicas para a produção integrada da macieira.

Amostras de folhas foram coletadas nas duas primeiras safras após o término das pulverizações, tomando-se dez folhas por planta, com pecíolo, da parte mediana dos ramos emitidos no ano. As folhas foram secas em estufa (65 °C) até massa constante. Determinou-se B pelo método de azometina H, após incineração de 0,3 g de amostra em forno mufla a 550°C.

Na safra 2012 foram realizadas duas colheitas espaçadas em 11 dias, sendo em cada colheita coletados frutos aleatoriamente nas plantas de cada unidade experimental. Na safra 2013 foi realizada somente uma colheita, da mesma forma que na safra anterior. Já na safra 2014 foram realizadas três colheitas espaçadas de sete dias, coletando-se todos os frutos de uma única planta de cada tratamento, e posteriormente foram retiradas subamostras para compor as quatro repetições. Nesta última safra os frutos destinados ao armazenamento também foram provenientes da coleta de todos os frutos de outra planta de cada tratamento.

Em todas as safras, foram coletadas amostras de cada unidade experimental, com 200 frutos, as quais foram acondicionadas em caixas plásticas e destinadas ao armazenamento para posterior avaliação dos parâmetros

relacionados com a qualidade e capacidade de conservação, conforme descrito a seguir. Na safra 2012, os frutos que foram destinados ao armazenamento foram coletados junto com a segunda colheita, entretanto, na safra 2013 houve somente uma colheita incluindo os frutos destinados ao armazenamento. Já na safra 2014, os frutos foram coletados na primeira colheita e destinados ao armazenamento. Nas duas primeiras safras os frutos foram armazenados em câmaras frigoríficas com $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e 90-95 % de umidade relativa (UR) e avaliados a cada dois meses de armazenamento, durante seis meses. Na safra 2014 os frutos foram armazenados em câmaras frigoríficas com as mesmas temperatura e UR e com atmosfera controlada ($1\text{-}3\%$ de O_2 + $0\text{-}3\%$ de CO_2) e avaliados somente após nove meses de armazenamento.

Em todas as safras, as avaliações de qualidade dos frutos foram realizadas três dias após a colheita. Foram amostrados aleatoriamente 20 frutos de cada unidade experimental para a determinação da cor de fundo e intensidade de cor vermelha da epiderme, firmeza da polpa, atributos de textura (força para ruptura da casca e penetração da polpa), sólidos solúveis, acidez titulável e índice de amido. Essas avaliações também foram realizadas após cada saída do armazenamento, com exceção da determinação da cor de fundo, intensidade de cor vermelha da epiderme e o índice de amido. Somente na safra 2013/2014 determinada a produção de etileno e a taxa respiratória dos frutos na colheita, além da determinação da porcentagem de cor vermelha da epiderme na segunda colheita.

A firmeza da polpa foi medida com o uso de penetrômetro modelo Effegi, munido de ponteira de 11,1 mm. Os atributos de textura (forças necessárias para a ruptura da casca e penetração da polpa) foram analisados com um texturômetro eletrônico TAXT-Plus[®]. Para a quantificação da força necessária para o rompimento da epiderme e para a penetração na polpa, foi utilizada ponteira modelo PS2, 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, 5 e 30 mm s⁻¹, respectivamente. O teor de sólidos solúveis (° Brix) foi quantificado com o uso de refratômetro de mesa. A acidez total foi determinada em amostras de suco compostas, extraídas dos vinte frutos de cada parcela, através de titulometria de neutralização com NaOH 0,1 mol L⁻¹ até pH 8,1. O teste de iodo-amido foi avaliado em uma escala de 1 (toda a superfície corada com iodo, correspondendo à predominância de amido e fruto imaturo) a 5 (toda a superfície não corada com iodo, correspondendo à predominância de açúcares solúveis e fruto totalmente maduro). O desaparecimento progressivo do amido da polpa permite acompanhar a evolução da maturação. A cor de fundo e a intensidade de cor vermelha da epiderme foram determinadas utilizando-se um colorímetro eletrônico Minolta, modelo CR 400, que efetua a leitura da cor em escala tridimensional e expressa o resultado no atributo *h*°. O *h*° (ângulo *hue*) define a coloração básica, sendo que 0° = vermelho, 90° = amarelo e 180° = verde. Essas leituras foram efetuadas, respectivamente, em áreas com menor (cor de fundo) e com maior presença de coloração vermelha (lado vermelho), na região equatorial de cada fruto.

A porcentagem de cor vermelha da epiderme foi determinada por meio da análise subjetiva, avaliando-se a área dos frutos recoberta com coloração vermelha, sendo atribuídos os seguintes valores (índices): 0-25%, 26-50%, 51-75% e 76-100% da superfície do fruto pigmentada de vermelho. Como esse parâmetro só foi avaliado na última safra, todos os frutos coletados de uma única árvore de cada tratamento foram avaliados, e dessa forma o resultado obtido não foi submetido à análise de variância devido à obtenção de valores absolutos, sem repetição dentro de cada tratamento.

As taxas respiratória e de produção de etileno foram quantificadas, colocando-se 15 frutos de cada amostra em um

recipiente de plástico, com o volume de 4.100 mL, que permite fechamento hermético. A taxa respiratória foi obtida pela diferença da concentração de CO₂ no interior do recipiente, imediatamente após o seu fechamento e depois de meia hora. Alíquotas de gás (1 mL) foram retiradas dos recipientes através de um septo e injetadas em um cromatógrafo a gás Varian®, modelo CP-3800, equipado com uma coluna Porapak N® de 3m de comprimento (80-100 mesh), metanador e detector de ionização de chama. As temperaturas da coluna, do detector, do metanador e do injetor foram de 70; 250; 380 e 130°C, respectivamente. Os fluxos de nitrogênio, hidrogênio e ar sintético foram de 70; 30 e 300 mL min⁻¹, respectivamente. Os valores da atividade respiratória e da taxa de produção de etileno foram expressos em nmol de CO₂ kg⁻¹ s⁻¹ e nmol de C₂H₄ kg⁻¹ s⁻¹, respectivamente. A temperatura dos frutos, no momento das análises de taxas respiratória e de produção de etileno, era de 20±2 °C.

Outros vinte frutos foram utilizados para a avaliação da concentração de B na polpa. No laboratório, os frutos foram lavados com água destilada. As subamostras foram constituídas de duas frações longitudinais triangulares, na forma de cunha, com aproximadamente 1,0 cm de largura na parte externa do fruto, incluindo a epiderme, que foram processadas em uma multiprocessadora, coletando-se o suco. Em seguida, polpa, casca e suco foram homogeneizados em um misturador elétrico. O B foi determinado pelo método de azometina H, após incineração de 20 g de polpa fresca em forno mufla a 550°C, segundo a metodologia descrita por Suzuki e Argenta (1994).

Os dados de todas as safras foram submetidos à análise de variância (SAS Institute, Inc.) e os efeitos do número de pulverizações com B foram analisados por contrastes ortogonais.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.3.1 Safra 2012

Na safra 2011/2012, na avaliação realizada na primeira colheita, somente a força para ruptura da casca aumentou linearmente ($P<0,05$) à medida aumentou o número de pulverizações com B (Tabela 1), passando de 13,6 N na testemunha para 14,2 Newton (N) no tratamento que recebeu 4 pulverizações com B.

Já na segunda colheita, o aumento do número de pulverizações com B promoveu aumento quadrático do teor de SS ($P<0,05$), aumento linear no índice de amido ($P<0,05$) e redução linear do h° da cor de fundo ($P<0,05$) (Tabelas 2 e 3). O teor de SS aumentou de 11,1 °Brix na testemunha para 11,7 °Brix no tratamento que recebeu o maior número de pulverizações com B, e o índice de amido aumentou de 3,2 para 3,8, também da testemunha para o tratamento com 4 aplicações. A redução do h° da cor de fundo foi de 100,2 na testemunha para 93,9 no tratamento que recebeu 4 aplicações foliares com B.

O efeito do B sobre a antecipação da maturação das maçãs ‘Galaxy’ na safra 2012 foi observado somente na segunda colheita, através do aumento do índice de amido, do teor de SS e da cor amarela na epiderme dos frutos. No entanto, foi possível observar que esse efeito foi menor que o esperado porque os frutos eram pequenos, com massa média de 110 g, nas duas colheitas, devido à ausência de raleio dos frutos.

Após 2 meses de armazenamento dos frutos da safra 2012, o aumento do número de aplicações foliares com B proporcionou redução dos valores de força para penetração da polpa ($P<0,01$) e firmeza de polpa ($P<0,05$), com efeitos linear e quadrático, respectivamente (Tabela 1). No entanto, o teor de SS teve acréscimo linear ($P<0,05$) à medida que aumentou o número de pulverizações com B (Tabela 2). Nas avaliações

realizadas após quatro meses de armazenamento, a força para ruptura da casca ($P<0,05$), a força para a penetração da polpa ($P<0,001$), a firmeza de polpa ($P<0,01$), o teor de SS ($P<0,05$) e a percentagem de acidez ($P<0,001$) aumentaram linearmente com o aumento do número de pulverizações com B (Tabelas 1 e 2). Após seis meses de armazenamento, o incremento do número de pulverizações com B aumentou linearmente a força para penetração da polpa ($P<0,01$), a firmeza de polpa ($P<0,01$) e o teor de SS ($P<0,01$), e de maneira quadrática a acidez ($P<0,05$) (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1 - Atributos de textura e firmeza de polpa após a colheita e o armazenamento em maçãs ‘Galaxy’, na safra 2012, em função do número de pulverizações com B. Média de 4 repetições.

Número de pulverizações com B	1ª Colheita	2ª Colheita	Após armazenamento		
			2 meses	4 meses	6 meses
Força para ruptura da casca (N)					
0	13,60	13,75	14,60	14,38	14,98
1	14,01	13,83	13,87	14,50	14,31
2	14,25	14,33	13,68	14,92	15,09
4	14,21	13,99	14,19	14,87	14,89
Linear	*	ns	ns	*	ns
Quadrático	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	2,47	2,06	2,63	2,00	1,80
Força para penetração da polpa (N)					
0	4,56	3,86	3,38	3,05	3,23
1	4,63	3,79	3,18	3,17	2,91
2	4,72	3,97	3,13	3,36	3,19
4	4,59	3,82	3,17	3,37	3,33
Linear	ns	ns	**	***	**
Quadrático	ns	ns	**	ns	***
C.V. (%)	4,21	4,97	2,30	3,06	2,13
Firmeza de polpa (N)					
0	96,35	87,06	82,17	76,09	78,87
1	99,57	85,28	78,10	77,99	70,09
2	99,30	87,72	74,29	79,05	76,19
4	100,03	85,88	77,30	81,22	80,57
Linear	ns	ns	ns	**	**
Quadrático	ns	ns	*	ns	***
C.V. (%)	3,15	2,66	4,04	2,72	2,04

Efeito linear e/ou quadrático dos tratamentos analisado através de contrastes ortogonais polinomiais: ns = não significativo; * = significativo a 5%; ** = significativo a 1%; *** = significativo a 0,1%.

Fonte: produção do próprio autor, 2015.

Tabela 2 - Teor de sólidos solúveis (SS) e acidez titulável após a colheita e o armazenamento, em maçãs ‘Galaxy’ na safra 2012, em função do número de pulverizações com B. Média de 4 repetições.

Número de pulverizações com B	1ª Colheita	2ª Colheita	Após armazenamento		
			2 meses	4 meses	6 meses
SS (°Brix)					
0	10,65	11,12	12,82	12,37	13,07
1	10,72	11,40	12,30	12,55	12,77
2	10,25	10,57	12,25	11,90	12,70
4	10,82	11,72	13,27	13,55	13,92
Linear	ns	ns	*	*	**
Quadrático	ns	*	***	ns	**
C.V. (%)	4,38	3,80	2,35	5,12	2,75
Acidez (% de ácido málico)					
0	0,19	0,15	0,17	0,15	0,19
1	0,19	0,15	0,17	0,14	0,17
2	0,19	0,16	0,16	0,15	0,17
4	0,21	0,16	0,18	0,19	0,20
Linear	ns	ns	ns	***	ns
Quadrático	ns	ns	ns	**	*
C.V. (%)	8,23	5,80	6,14	6,02	7,21

Efeito linear e/ou quadrático dos tratamentos analisado através de contrastes ortogonais polinomiais: ns = não significativo; * = significativo a 5%; ** = significativo a 1%; ***= significativo a 0,1%.

Fonte: produção do próprio autor, 2015.

Tabela 3 - Índice de amido e coloração da epiderme após a colheita em maçãs ‘Galaxy’, na safra 2012, em função do número de pulverizações com B. Média de 4 repetições.

Número de pulverizações com B	1ª Colheita	2ª Colheita
Índice de amido ¹ (1-5)		
0	2,35	3,26
1	2,58	3,46
2	2,21	3,16
4	2,47	3,83
Linear	ns	*
Quadrático	ns	ns
C.V. (%)	16,38	9,15
Coloração da epiderme ² - Lado vermelho (h°)		
0	53,14	30,78
1	43,49	27,14
2	48,53	33,11
4	42,35	30,94
Linear	ns	ns
Quadrático	ns	ns
C.V. (%)	12,32	9,68
Coloração da epiderme ² - Cor de fundo (h°)		
0	105,83	100,24
1	105,56	98,23
2	107,63	102,75
4	107,63	93,93
Linear	ns	*
Quadrático	ns	*
C.V. (%)	1,60	3,11

¹ = numa escala de 1 a 5, onde 1 indica o teor máximo de amido e 5 representa o amido totalmente hidrolisado. ² = numa escala de 0° a 180°, onde 0° = vermelho, 90° = amarelo e 180° = verde. Efeito linear e/ou quadrático dos tratamentos analisado através de contrastes ortogonais polinomiais: ns = não significativo; * = significativo a 5%; ** = significativo a 1%; *** = significativo a 0,1%.

Fonte: produção do próprio autor, 2015.

2.3.2 Safra 2013

Na colheita da safra 2013 foi verificado que as pulverizações com B foram eficientes para promover a antecipação da maturação dos frutos. O aumento do número de pulverizações com B promoveu a redução dos valores de força para ruptura da casca ($P<0,01$), força para penetração da polpa ($P<0,05$) e firmeza de polpa ($P<0,05$), com comportamento quadrático para o primeiro parâmetro e linear para os outros dois (Tabela 4). A firmeza de polpa reduziu de 75,1 N na testemunha para 69,5 N quando foi aplicado 4 pulverizações com B. Da mesma forma, foi observado aumento do teor de SS ($P<0,05$) e do índice de amido ($P<0,01$) logo após a colheita, com efeito quadrático e linear respectivamente (Tabela 5). O índice de amido aumentou de 3,9 na testemunha para 4,6 no tratamento que recebeu o maior número de pulverizações. No entanto, a aplicação foliar com B não foi eficiente para influenciar a coloração da epiderme do fruto. A massa média de todos os frutos na colheita da safra 2013 foi de 133 g.

Tanto nas avaliações realizadas após 2 meses de armazenamento como nas realizadas após 4 meses, o aumento do número de pulverizações com B ocasionou redução linear da força para penetração de polpa ($P<0,01$) e da firmeza de polpa ($P<0,01$ na avaliação após 2 meses e $P<0,05$ na avaliação após 4 meses de armazenamento) (Tabela 4). Após 6 meses de armazenamento, o aumento do número de pulverizações com B reduziu linearmente a força para ruptura da casca ($P<0,05$), a força para penetração da polpa ($P<0,05$) e a firmeza de polpa ($P<0,01$) (Tabela 4), e de forma quadrática o teor de SS ($P<0,05$) (Tabela 5).

Tabela 4 - Atributos de textura e firmeza de polpa após a colheita e o armazenamento em maçãs ‘Galaxy’, na safra 2013, em função do número de pulverizações com B. Média de 4 repetições.

Número de pulverizações com B	Colheita	Após armazenamento		
		2 meses	4 meses	6 meses
Força para ruptura da casca (N)				
0	13,01	13,29	13,04	12,69
1	13,44	13,36	12,65	12,28
2	13,37	12,89	12,58	12,28
4	12,85	13,11	12,56	12,12
Linear	ns	ns	ns	*
Quadrático	**	ns	ns	ns
C.V. (%)	1,85	1,34	2,49	2,55
Força para penetração da polpa (N)				
0	3,32	2,83	2,68	2,54
1	3,52	2,84	2,55	2,44
2	3,38	2,55	2,40	2,31
4	3,07	2,58	2,41	2,33
Linear	*	**	**	*
Quadrático	ns	ns	*	ns
C.V. (%)	5,69	4,22	3,99	5,13
Firmeza de polpa (N)				
0	75,14	68,31	63,47	63,50
1	78,73	70,76	61,32	60,40
2	76,49	63,29	59,44	58,47
4	69,47	63,77	59,40	57,53
Linear	*	**	*	**
Quadrático	*	ns	ns	ns
C.V. (%)	4,82	3,91	2,94	3,56

Efeito linear e/ou quadrático dos tratamentos analisado através de contrastes ortogonais polinomiais: ns = não significativo; * = significativo a 5%; ** = significativo a 1%; *** = significativo a 0,1%.

Fonte: produção do próprio autor, 2015.

Tabela 5 - Teor de sólidos solúveis (SS) e acidez titulável após a colheita e o armazenamento, em maçãs ‘Galaxy’ na safra 2013, em função do número de pulverizações com B. Média de 4 repetições.

Número de pulverizações com B	Colheita	Após armazenamento		
		2 meses	4 meses	6 meses
SS (°Brix)				
0	12,85	13,80	13,27	13,25
1	13,07	14,10	13,82	13,15
2	12,25	13,32	13,27	12,62
4	12,97	13,77	13,62	13,12
Linear	ns	ns	ns	ns
Quadrático	*	ns	ns	*
C.V. (%)	1,93	2,99	1,71	2,51
Acidez (% de ácido málico)				
0	0,20	0,18	0,16	0,14
1	0,22	0,19	0,19	0,15
2	0,21	0,18	0,17	0,14
4	0,21	0,18	0,17	0,13
Linear	ns	ns	ns	ns
Quadrático	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	3,94	6,86	7,04	8,91

Efeito linear e/ou quadrático dos tratamentos analisado através de contrastes ortogonais polinomiais: ns = não significativo; * = significativo a 5%; ** = significativo a 1%; *** = significativo a 0,1%.

Fonte: produção do próprio autor, 2015.

Tabela 6 - Índice de amido e coloração da epiderme após a colheita em maçãs ‘Galaxy’, na safra 2013, em função do número de pulverizações com B. Média de 4 repetições.

Número de pulverizações com B	Colheita
	Índice de amido ¹ (1-5)
0	3,92
1	4,02
2	4,11
4	4,61
Linear	**
Quadrático	ns
C.V. (%)	6,96
	Coloração da epiderme ² - Lado vermelho (h°)
0	23,44
1	24,20
2	24,13
4	23,91
Linear	ns
Quadrático	ns
C.V. (%)	3,79
	Coloração da epiderme ² - Cor de fundo (h°)
0	73,24
1	68,69
2	71,37
4	70,74
Linear	ns
Quadrático	ns
C.V. (%)	6,79

¹ = numa escala de 1 a 5, onde 1 indica o teor máximo de amido e 5 representa o amido totalmente hidrolisado. ² = numa escala de 0° a 180°, onde 0° = vermelho, 90° = amarelo e 180° = verde. Efeito linear e/ou quadrático dos tratamentos analisado através de contrastes ortogonais polinomiais: ns = não significativo; * = significativo a 5%; ** = significativo a 1%; *** = significativo a 0,1%.

Fonte: produção do próprio autor, 2015.

2.3.3 Safra 2014

Na primeira colheita da safra 2014, o aumento do número de pulverizações com B promoveu a redução linear dos seguintes parâmetros: força para ruptura da casca ($P<0,05$), passando de 14,5 N na testemunha para 12,9 no tratamento com 4 aplicações foliares com B (Tabela 7) e coloração da epiderme, que no lado vermelho, reduziu ($P<0,01$) de 40 para 35 °hue e a cor de fundo passou de 101,7 para 96,2 °hue ($P<0,01$) (Tabela 9); também reduziu de maneira quadrática o teor de sólidos solúveis ($P<0,01$) e a acidez ($P<0,01$) (Tabela 8). Somente a força para penetração da polpa é que aumentou linearmente ($P<0,05$) com o número de aplicações foliares com B no momento da colheita (Tabela 7).

Na segunda colheita, o incremento do número de pulverizações com B proporcionou redução linear da força para penetração da polpa ($P<0,001$), da firmeza de polpa ($P<0,05$) (Tabela 7), e aumento da coloração vermelha da epiderme (redução de 18% do h°) no lado mais vermelho ($P<0,001$) e redução na cor de fundo verde (redução no h°) ($P<0,001$) que passou de 99,7 h° para 91 h° (Tabela 9).

Além disso, o aumento das pulverizações com B também promoveu aumento linear do teor de sólidos solúveis ($P<0,01$) (Tabela 8) e do índice de amido ($P<0,01$), que aumentou de 4,06 na testemunha para 4,72 com a aplicação de 4 pulverizações com B (Tabela 9). Nessa segunda colheita da safra 2014, ficou evidenciado o efeito do B na antecipação do estágio de maturação dos frutos devido ao aumento da cor vermelha da epiderme, à redução da firmeza de polpa e ao aumento do índice de amido.

Na terceira colheita realizada na safra 2014, o aumento do número de aplicações de B provocou aumento linear na coloração vermelha da epiderme (redução no h°) no lado mais vermelho ($P<0,05$) e redução linear na cor de fundo verde (redução no h°) ($P<0,001$) (Tabelas 7 e 9), e também reduziu

de maneira quadrática a força para penetração da polpa ($P<0,001$) e a firmeza de polpa ($P<0,01$) (Tabela 7), além de promover aumento linear do teor de sólidos solúveis ($P<0,05$) e da acidez ($P<0,05$) (Tabela 8). Apesar dos parâmetros terem sido influenciados pelas pulverizações com B, não podemos concluir que o B antecipou o estágio de maturação nessa colheita porque os frutos já estavam em um grau elevado de maturação. A massa média dos frutos foi de 110 g considerando as três colheitas.

Após o armazenamento, o aumento do número de pulverizações com B promoveu decréscimo de comportamento quadrático na força para ruptura da casca ($P<0,05$), porém provocou aumento linear da força para penetração da polpa ($P<0,001$) (Tabela 7). A firmeza de polpa das maçãs após 9 meses de armazenamento não foi influenciada pelo número de pulverizações com B (Tabela 7).

Tabela 7 - Atributos de textura (força para ruptura da casca e força para penetração da polpa) e firmeza de polpa após a colheita e o armazenamento, em maçãs ‘Galaxy’ na safra 2014, em função do número de pulverizações com B. Média de 4 repetições.

Número de pulverizações com B	1 ^a Colheita	2 ^a Colheita	3 ^a Colheita	Após armazenamento
Força para ruptura da casca (N)				
0	14,51	14,06	12,78	15,08
1	13,31	13,80	11,77	15,00
2	12,21	14,15	11,79	15,51
4	12,94	13,92	11,70	14,98
Linear	*	ns	ns	ns
Quadrático	*	ns	ns	*
C.V. (%)	6,67	2,06	5,39	1,43
Força para penetração da polpa (N)				
0	3,95	3,59	3,09	3,09
1	4,56	3,68	3,45	3,26
2	4,37	3,57	3,63	3,34
4	4,38	3,29	3,22	3,42
Linear	*	***	ns	***
Quadrático	**	**	***	ns
C.V. (%)	3,96	2,41	2,99	2,87
Firmeza de polpa (N)				
0	87,60	78,79	69,75	76,62
1	91,57	80,80	74,70	74,73
2	86,38	78,23	75,84	79,22
4	89,14	75,49	70,98	76,26
Linear	ns	*	ns	ns
Quadrático	ns	ns	***	ns
C.V. (%)	2,67	2,85	2,98	1,84

Efeito linear e/ou quadrático dos tratamentos analisado através de contrastes ortogonais polinomiais: ns = não significativo; * = significativo a 5%; ** = significativo a 1%; ***= significativo a 0,1%.

Fonte: produção do próprio autor, 2015.

Tabela 8 - Teor de sólidos solúveis (SS) e acidez titulável após a colheita e o armazenamento, em maçãs ‘Galaxy’ na safra 2014, em função do número de pulverizações com B. Média de 4 repetições.

Número de pulverizações com B	1 ^a Colheita	2 ^a Colheita	3 ^a Colheita	Após armazenamento
SS (°Brix)				
0	10,87	10,90	11,90	12,42
1	10,77	11,32	11,62	12,22
2	11,57	11,80	11,32	12,17
4	10,75	11,62	12,25	12,57
Linear	ns	**	*	ns
Quadrático	**	*	***	ns
C.V. (%)	2,61	2,67	2,14	2,74
Acidez (% de ácido málico)				
0	0,18	0,13	0,15	0,17
1	0,16	0,15	0,15	0,17
2	0,20	0,14	0,13	0,16
4	0,16	0,14	0,17	0,17
Linear	ns	ns	ns	ns
Quadrático	**	ns	*	ns
C.V. (%)	4,24	6,24	11,18	5,80

Efeito linear e/ou quadrático dos tratamentos analisado através de contrastes ortogonais polinomiais: ns = não significativo; * = significativo a 5%; ** = significativo a 1%; *** = significativo a 0,1%.

Fonte: produção do próprio autor, 2015.

Tabela 9 - Índice de amido e coloração da epiderme (lado vermelho e cor de fundo) após a colheita em maçãs ‘Galaxy’ na safra 2014, em função do número de pulverizações com B. Média de 4 repetições.

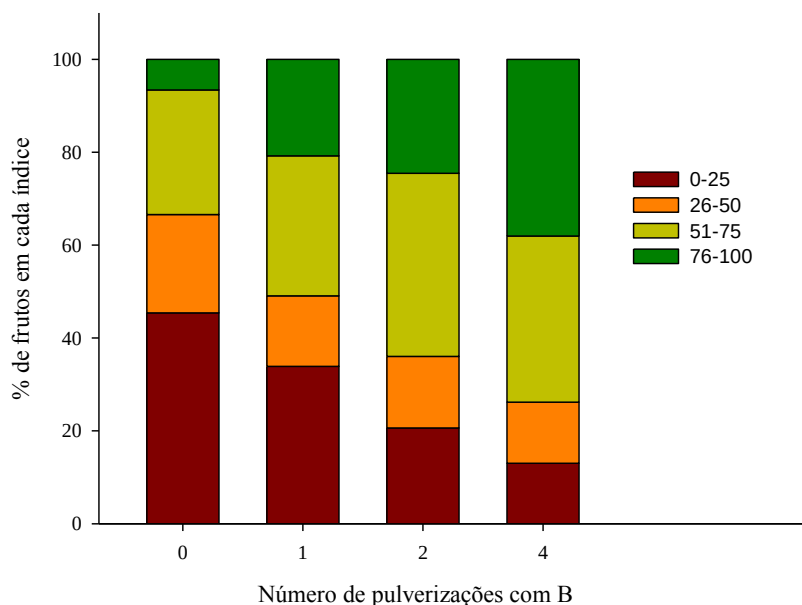
Número de pulverizações com B	1ª Colheita	2ª Colheita	3ª Colheita
Índice de amido ¹ (1-5)			
0	2,88	4,06	4,90
1	1,86	4,25	4,80
2	2,64	4,50	4,76
4	2,19	4,72	4,87
Linear	ns	**	ns
Quadrático	ns	ns	ns
C.V. (%)	14,32	5,83	0,77
Coloração da epiderme ² - Lado vermelho (h°)			
0	40,04	38,65	32,38
1	33,51	33,09	27,46
2	34,40	33,10	30,50
4	35,67	32,57	29,41
Linear	**	***	*
Quadrático	***	***	**
C.V. (%)	3,61	3,42	3,20
Coloração da epiderme ² - Cor de fundo (h°)			
0	101,70	99,74	89,61
1	98,06	100,75	86,69
2	99,01	93,39	88,45
4	96,22	91,06	79,43
Linear	**	***	***
Quadrático	ns	ns	ns
C.V. (%)	1,97	1,51	2,81

¹ = numa escala de 1 a 5, onde 1 indica o teor máximo de amido e 5 representa o amido totalmente hidrolisado. ² = numa escala de 0° a 180°, onde 0° = vermelho, 90° = amarelo e 180° = verde. Efeito linear e/ou quadrático dos tratamentos analisado através de contrastes ortogonais polinomiais: ns = não significativo; * = significativo a 5%; ** = significativo a 1%; *** = significativo a 0,1%.

Fonte: produção do próprio autor, 2015.

O aumento do número de pulverizações com B aumentou a porcentagem de cor vermelha da epiderme de maçãs ‘Galaxy’ na safra 2014 (Figura 1). É importante salientar que a avaliação da porcentagem de cor vermelha dos frutos foi realizada em todos os frutos da árvore representativa de cada tratamento.

Figura 1 - Relação entre o número de pulverizações com B e a quantidade de frutos pertencentes a cada índice de cor vermelha em maçãs ‘Galaxy’ na safra 2014. Frutos coletados na 2ª colheita.



Fonte: produção do próprio autor, 2015.

O aumento do número de pulverizações com B aumentou de forma linear a taxa respiratória na primeira

colheita ($P < 0,001$), e reduziu essa mesma taxa na segunda e terceira colheita, de maneira quadrática ($P < 0,001$) e linear ($P < 0,001$) respectivamente (Tabela 10). Fonseca et al. (2002) citam que o estágio de maturação normalmente influencia a atividade respiratória. No entanto, pode ser possível observar atividade respiratória semelhante entre frutos de diferentes estádios de maturação (Steffens, 2003).

O acréscimo das aplicações foliares com B aumentou a produção de etileno de maneira linear ($P < 0,001$), mas somente na segunda colheita (Tabela 10). O etileno é o hormônio responsável pelo desencadeamento de vários processos bioquímicos e fisiológicos, que culminam com o amadurecimento de frutos climatéricos, como maçãs.

Tabela 10 - Taxa respiratória e produção de etileno após a colheita em maçãs ‘Galaxy’ na safra 2014, em função do número de pulverizações com B. Média de 4 repetições.

Número de pulverizações com B	1ª Colheita	2ª Colheita	3ª Colheita
Respiração (nmol CO ₂ kg ⁻¹ s ⁻¹)			
0	79,10	131,03	162,64
1	96,08	106,91	142,66
2	99,47	107,68	126,77
4	104,86	123,75	132,87
Linear	**	ns	***
Quadrático	ns	**	**
C.V. (%)	6,37	7,96	5,28
Etileno (nmol kg ⁻¹ s ⁻¹)			
0	0,47	0,35	1,29
1	0,14	0,15	2,25
2	0,40	0,57	0,66
4	0,08	1,12	1,72
Linear	ns	***	ns
Quadrático	ns	ns	ns
C.V. (%)	79,53	35,60	40,05

Efeito linear e/ou quadrático dos tratamentos analisado através de contrastes ortogonais polinomiais: ns = não significativo; * = significativo a 5%; ** = significativo a 1%; *** = significativo a 0,1%.

Fonte: produção do próprio autor, 2015.

A qualidade dos frutos de maçãs ‘Galaxy’ foi influenciada pela aplicação foliar de B, contudo, a ação do B é variável de ano para ano.

Os parâmetros relacionados com a textura do fruto (força para ruptura da casca, força para penetração da polpa e firmeza de polpa) nas avaliações realizadas na colheita, mostram que, na maioria das safras, houve decréscimo de seus

valores à medida que aumenta o número de aplicações foliares com B. O amolecimento dos tecidos aumenta à medida que a maturação do fruto evolui. Esse comportamento também foi observado por Nachtigall e Czermainski (2014), onde a aplicação de 0,8% de bórax reduziu a firmeza de polpa de maçãs ‘Gala’ em uma das safras avaliadas. Sá et al. (2014) verificaram que a aplicação foliar de B na floração (0,3% de ácido bórico) e em pós-colheita (0,6% de ácido bórico) reduziu a força para a penetração da polpa na ‘Imperial Gala’, mas não afetou esse atributo na ‘Fuji Suprema’.

No entanto, esses resultados diferem dos encontrados por Asgharzade et al. (2012), onde a aplicação foliar de 0,51 g de ácido bórico por árvore em pré-colheita foi capaz de aumentar a textura de maçãs em 9,16% se comparado ao controle. Sen et al. (2010) também mostrou que a aplicação foliar de ácido bórico na dose de 2,47 kg/ha em pós-colheita aumentou a firmeza de polpa em maçãs ‘Starkin Delicious’. Contudo, Wojcik e Treder (2006) verificaram que o fornecimento de B através da fertirrigação por gotejamento não afetou a firmeza de polpa de maçãs ‘Jonagold’.

O efeito do número de pulverizações foliares com B no teor de SS, no momento da colheita, se comportou de maneira similar em todas as safras, com exceção da primeira colheita da safra 2014. O teor de SS aumentou à medida que incrementou o número de pulverizações com B. Conforme a maturação avança, ocorre o aumento nos teores de açúcares, devido à transformação do amido em açúcares simples. Os resultados corroboram os dados encontrados por Wojcik e Treder (2006), onde a fertirrigação de B aumentou o teor de SS em maçãs ‘Jonagold’. Estes autores descrevem que o efeito do B no teor de SS é provavelmente devido a um aumento da taxa fotossintética. Essa mesma justificativa foi descrita por Lu et al. (2013), que verificaram que a aplicação foliar de 2 g/L de bórax aos 80, 120 e 148 dias após a plena floração foi eficiente para aumentar o teor de SS em maçãs ‘Fuji’. Nachtigall e

Czermainski (2014) também observaram o aumento do teor de SS em maçãs ‘Gala’ após o fornecimento de B via foliar na forma de bórax. Asgharzade et al. (2012), observaram que a aplicação foliar de 0,51 g de ácido bórico por árvore em pré-colheita foi eficiente para aumentar o teor de SS em maçãs.

No entanto, Sá et al. (2014) observaram que as aplicações foliares com B, independente da época aplicada, não foram eficientes para afetar o teor de SS e a firmeza de polpa tanto em maçãs da cultivar ‘Imperial Gala’ como da cultivar ‘Fuji Suprema’. Da mesma forma, Wojcik et al. (2008) também verificaram que aplicações foliares com B não foram eficientes para influenciar o teor de SS em maçãs ‘Jonagold’. Peryea e Drake (1991) também não observaram efeito da aplicação foliar de B no verão sobre o teor de SS em maçãs ‘Delicious’. Na cultura do pêssego, Nava et al. (2009) não observaram efeito da aplicação foliar de ácido bórico sobre a firmeza de polpa e o teor de SS, independentemente da época de aplicação.

A acidez dos frutos no momento da colheita foi influenciada pelo número de pulverizações com B somente na safra 2014. Durante o crescimento e diferenciação da fruta, ocorre um acúmulo de ácidos, sendo o málico o principal ácido encontrado na maçã. Com o processo de maturação, o seu conteúdo começa a diminuir, continuando durante o armazenamento. A acidez é um importante teste para determinar a qualidade interna da fruta durante o armazenamento, especialmente em cultivares com baixa acidez, sendo que frutas mantidas por longos períodos armazenadas podem ficar doces e insípidas. Wojcik e Treder (2006) verificaram que a fertirrigação de B não afetou a acidez titulável em maçãs ‘Jonagold’.

O índice de amido avaliado no momento da colheita aumentou linearmente (em pelo menos uma das colheitas realizadas em todas as safras) à medida que aumentou o número de pulverizações com B, ou seja, a maturação dos

frutos foi acelerada com a aplicação de B. Durante a maturação, o amido armazenado na polpa é degradado em açúcares solúveis, e dessa forma, quanto mais madura a fruta, menor o conteúdo de amido e maior o de açúcar. Nachtigall e Czermainski (2014) também verificaram que a aplicação foliar de B promoveu a antecipação da maturação através do teste de iodo-amido em maçãs ‘Gala’ e ‘Fuji’. Sá et al. (2014) verificaram que a aplicação foliar de ácido bórico (0,3%) na floração foi eficiente para aumentar o índice de amido em maçãs da cultivar ‘Imperial Gala’. Lu et al. (2013) verificaram que a aplicação foliar de 2 g/L de bórax aos 80 e 120 dias após a plena floração foi eficiente para aumentar o índice de iodo-amido em maçãs ‘Orin’ e ‘Fuji’. Peryea e Drake (1991) não observaram efeito da aplicação foliar de B no índice de iodo-amido em maçãs do grupo ‘Delicious’.

A coloração da epiderme avaliada na colheita não foi influenciada somente na safra 2013; nas demais safras as pulverizações com B favoreceram o aumento da cor vermelha assim como a redução da cor de fundo verde. A cor vermelha da epiderme é decorrente das antocianinas, pigmentos que são sintetizados nas frutas com a evolução da maturação. Já a cor de fundo, que evolui do verde para o amarelo, é decorrente da degradação das clorofilas presentes nos cloroplastos, surgindo carotenóides responsáveis pela cor amarela. Essas modificações na pigmentação da epiderme são o principal critério prático de colheita. Os resultados encontrados corroboram com os descobertos por Nachtigall e Czermainski (2014) que observaram aumento dos índices de intensidade de cor vermelha e cobertura do fruto após aplicações foliares de bórax em maçãs ‘Gala’ e ‘Fuji’. Peryea e Drake (1991) também observaram aumento da coloração vermelha do fruto na colheita com a aplicação foliar de B em maçãs ‘Delicious’. A adubação do solo com B também favoreceu o aumento da coloração vermelha da epiderme em maçãs ‘Jonagold’ (Wojcik et al., 2008), porém, nesse mesmo experimento, não foi

observada influência da aplicação foliar de B na coloração dos frutos. Wojcik e Treder (2006) verificaram que a fertirrigação com B não influenciou a coloração vermelha de maçãs ‘Jonagold’.

A qualidade e capacidade de armazenamento das maçãs foi influenciada pelo estágio de maturação que esses frutos encontravam-se no momento da colheita, ou seja, os frutos que foram armazenados em estágio avançado de maturação tiveram pior qualidade após o armazenamento. No entanto, houve diferença entre as safras para a qualidade dos frutos após o armazenamento.

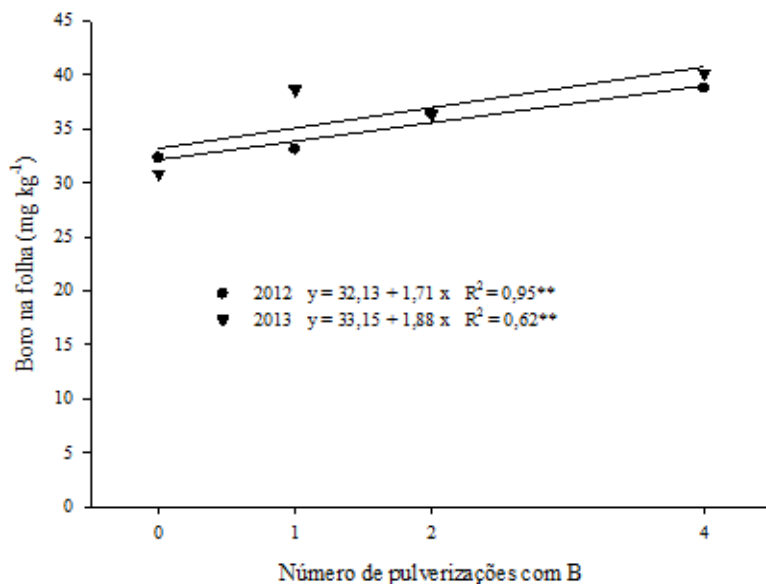
A capacidade de conservação dos frutos variou entre as safras. Na safra 2012, as pulverizações com B favoreceram o aumento da qualidade dos frutos avaliados após 6 meses de armazenamento, pois favoreceu o aumento da força para penetração da polpa e firmeza de polpa. Já na safra 2013, o aumento do número de pulverizações com B favoreceu o decréscimo da textura e firmeza de polpa dos frutos armazenados por 6 meses. No entanto, esse mesmo comportamento foi verificado no momento da colheita, e como a qualidade e a capacidade de armazenamento dependem do estágio de maturação na colheita, o efeito dos tratamentos pode ter sido ocultado pela diferença de maturação existente entre os frutos antes mesmo do armazenamento. Dessa forma, fica evidenciado que ao aplicar B com a intenção de antecipar a colheita, o produtor deve colher a área que foi pulverizada com B antes das demais, pois o atraso na data de colheita resulta em rápida evolução do amadurecimento dos frutos (Kader, 2002) e dessa forma eles diminuem a capacidade de armazenamento.

A influência do B na qualidade das maçãs após o armazenamento foi menos intensa quando esses frutos foram armazenados em atmosfera controlada, como na safra 2014, onde somente a força para ruptura da casca e a força para penetração da polpa foram influenciados pelas pulverizações com B. O aumento observado no teor de SS durante o

armazenamento em todas as safras ocorreu provavelmente devido à conversão do amido em açúcares solúveis. Nachtigall e Czermainski (2014) verificaram que pulverizações com bórax até dosagem de 0,8% não afetaram o teor de SS e a firmeza de polpa de maçãs ‘Gala’ após 3 meses de armazenamento. No entanto, estes mesmos autores observaram redução da firmeza de polpa e dos SS após 3 meses de armazenamento em maçãs ‘Fuji’ em uma das safras avaliadas. Sen et al. (2010) observaram que a aplicação foliar de ácido bórico na dose de 2,47 kg/ha, em pós-colheita, não afetou significativamente a firmeza de polpa, o teor de SS e a acidez titulável após 6 meses de armazenamento de maçãs ‘Starkin Delicious’.

As aplicações foliares com B foram eficientes para aumentar de maneira linear a concentração desse nutriente nas folhas, nas duas safras avaliadas (Figura 2). Os valores encontrados estão dentro da faixa tida como normal para a cultura (25 a 50 mg kg⁻¹) de acordo com Basso et al. (1986). Wojcik e Treder (2006) também verificaram que a fertirrigação com 0,5 a 1,5 g de B/árvore aumentou o teor de B nas folhas de maçãs ‘Jonagold’. Khalifa et al. (2009) observaram que duas pulverizações anuais de ácido bórico (0,1%) em pomar de macieira irrigado por gotejamento incrementaram os teores foliares de B na cultivar ‘Anna’. Wojcik (2002) apurou que aplicações foliares com B aumentaram o teor foliar de B em maçãs ‘Jonagold’.

Figura 2 - Relação entre o número de pulverizações com B e o teor de B na folha de maçãs ‘Galaxy’ nas safras 2012 e 2013. Média de 4 repetições.

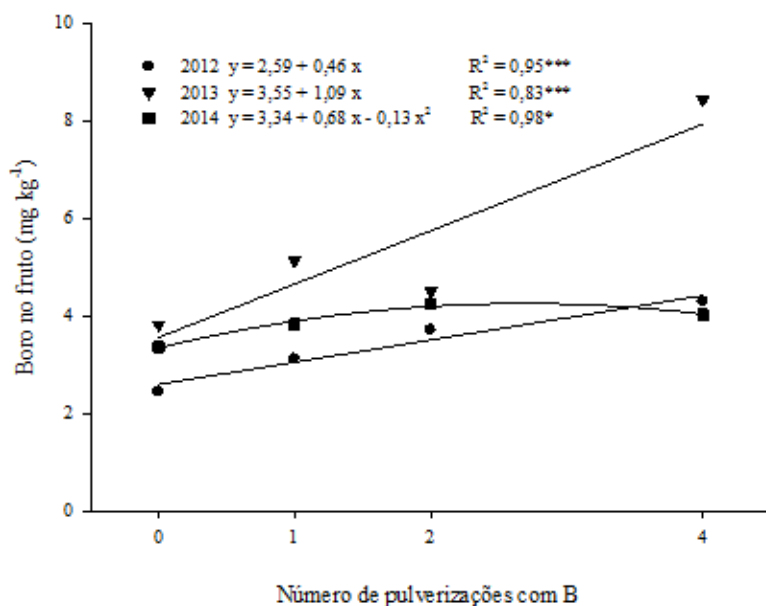


Fonte: produção do próprio autor, 2015.

A concentração de B na polpa dos frutos aumentou com o número de pulverizações com B nas três safras avaliadas (Figura 3), tendo comportamento linear nas safras 2012 e 2014 e comportamento quadrático na safra 2013. Nachtigall e Czermainski (2014) também observaram efeito de aplicações foliares com bórxax sobre as concentrações de B nos frutos de ‘Gala’ e ‘Fuji’. Asgharzade et al. (2012) observaram que a aplicação foliar de 0,51 g de ácido bórico por árvore em pré-colheita aumentou a concentração de B na polpa de maçãs. Sen et al. (2010) também mostraram que a aplicação foliar de ácido bórico na dose de 2,47 kg/ha em pós-colheita aumentou a concentração de B em maçãs ‘Starkin Delicious’. Peryea

(2005) verificou que pulverizações com B no início da estação aumentou substancialmente a concentração de B em maçãs ‘Fuji’. Wojcik e Treder (2006) também observaram que a fertirrigação de 0,5 – 1,5 g de B/árvore aumentou a concentração de B na polpa de maçãs ‘Jonagold’. No entanto, Lu et al. (2013) verificaram que a aplicação foliar de 2 g/L de bórax não afetou a concentração de B em maçãs ‘Fuji’.

Figura 3 - Relação entre o número de pulverizações com B e as concentrações de B na polpa de maçãs ‘Galaxy’ nas safras 2012, 2013 e 2014. Média de 4 repetições.



Fonte: produção do próprio autor, 2015.

2.4 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos nas safras 2012, 2013 e 2014, mostram que a intensidade do efeito da aplicação foliar com B na qualidade de maçãs ‘Galaxy’ varia entre as safras.

Quatro pulverizações com B em pré-colheita antecipa o estágio de maturação de maçãs ‘Galaxy’, e dessa forma pode ser uma boa alternativa para escalonar a colheita.

REFERÊNCIAS

- ASGHARZADE, A.; VALIZADE, G. A.; BABAEIAN, M. **Investigating the effect of boron spray on yield nutrient content, texture and brix index of apple (Sheikh Amir Variety) in Shirvan region.** African Journal of Microbiology Research, 6: 2682-2685, 2012.
- AWASTHI, P.; LAL, S. **Effect of calcium, boron and zinc foliar sprays on the yield and quality of guava (Psidium guajava L.).** Pantnagar J Res 7: 223–225, 2009.
- BASSO, C.; WILMS, F. W. W.; SUZUKI, A. **Fertilidade do solo e nutrição de plantas.** In: MANUAL da cultura da macieira. Florianópolis: EMPASC-DID, 1986. p. 236-265. Cary: SAS Institute, 2002. 200p.
- FONSECA, S.C.; OLIVEIRA, F.A.R.; BRECHT, J.K. **Modelling respiration rate of fresh fruits and vegetables for modified atmosphere packages: a review.** Journal of Food Engineering. 52: 99-119, 2002.
- HANSON, E.J. **Movement of boron out of tree fruit leaves.** HortScience. 26 (3): 271-273, 1991.
- KADER, A.A. **Postharvest technology of horticultural products.** 3rd ed. Los Angeles: University of California, Division of Agriculture and Natural Resources, 2002. 535 p. (Publication, 3311).
- KAR, P.L.; SEMA, A.; MAITI C.S.; SINGH, AK. **Effects of zinc and boron on fruit and quality traits in pineapple [Ananas comosus (L.)].** South Indian Hortic. 50: 44–49, 2002.

KHALIFA, K. R. M.; HAFEZ, O. M. and ABD-EL-KHAIR, H. **Influence of foliar spraying with boron and calcium on productivity, fruit quality, nutritional status and controlling of blossom end rot disease of anna apple trees.** World Journal of Agricultural Sciences. 5: 237-249, 2009.

Li, L. M.; Wu, Y. H.; Zhao, XX. **Effect of boron on sucrose accumulation in watermelon and boron—induce resistance to cucumber green mottle mosaic virus.** J China Agric. Univ. 15: 57–62, 2010.

LU, Y. Q. et al. **Synergistic roles of leaf boron and calcium during the growing season in affecting sugar and starch accumulation in ripening apple fruit.** Acta physiologiae plantarum. 35 (8): 2483-2492, 2013.

NACHTIGALL, G. R.; CZERMAINSKI, A. B. C. **Efeito da aplicação de boro via foliar na qualidade e na colheita de frutos de macieira.** Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 8 p., 2014. (Comunicado Técnico, 164).

NAVA, G.A.; DALMAGO, G.A.; BERGAMASCHI, H.; PANIZ, R.; DOS SANTOS, R.P.; MARODIN, G.A.B. **Effect of high temperatures in the pre-blooming and blooming periods on ovule formation, pollen grains and yield of Granada peach.** Scientia Horticulturae. Amsterdam. 122: 37-44, 2009.

PERYEA, F. J.; and DRAKE, S.R. **Influence of mid-summer boron sprays on boron content and quality indices of ‘Delicious’ apple.** Journal of Plant Nutrition. 14: 825–840, 1991.

PERYEA, F. J. **Comparison of commercial boron spray products applied at the pink flowering stage on ‘Fuji’ apple.** HortSci. 40: 1487-1492, 2005.

RAESE, J. T.; DRAKE S. R. **Nitrogen Fertilization and Elemental Composition Affects Fruit Quality of ‘Fuji’ Apples.** Journal of Plant Nutrition, Philadelphia. 20: 1797- 1809, 1997.

SÁ, A. A., ERNANI, P. R., NAVA, G., DO AMARANTE, C. V. T., & PEREIRA, A. J. **Influência de formas de aplicação de boro na qualidade e no rendimento de maçãs (*Malus domestica*).** Revista Brasileira de Fruticultura. 36 (2): 487-494, 2014.

SAS INSTITUTE. **Getting started with the SAS learning edition.**

SEN, F.; et al. **A new strategy to enrich calcium nutrition of fruit: synergistic effects of postharvest foliar calcium and boron sprays.** Journal of Plant Nutrition. 33 (2): 175-184, 2010.

SUZUKI, A.; ARGENTA, L.C. **Teores minerais na polpa das cvs. Gala, Golden Delicious e Fuji.** Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal. 16 (1): 92-104, 1994.

STEFFENS, C. A. **Madureza e qualidade pós-colheita de maçãs, ‘Gala’ e ‘Fuji’, com a aplicação pré-colheita de aminoetoxivinilglicina e ethephon.** 2003. 85p. Dissertação (Mestre em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

WOJCIK, P.; **Yield and 'Jonagold' apple fruit quality as influenced by spring sprays with commercial rosatop material containing calcium and boron.** Journal of plant nutrition. 25 (5): 999-1010, 2002.

WOJCIK, P.; TREDER, W. **Effect of drip boron fertigation on yield and fruit quality in a high-density apple orchard.** Journal of plant nutrition. 29 (12): 2199-2213, 2006.

WOJCIK, P.; WOJCIK, M.; KLAMKOWSKI, K. **Response of apple trees to boron fertilization under conditions of low soil boron availability.** Scientia Horticulturae. 116 (1): 58-64, 2008.

3 ARTIGO II

APLICAÇÃO DE BORO NA ANTECIPAÇÃO DA COLHEITA EM MAÇÃS ‘PINK LADY’

RESUMO

O sabor e a conservação dos frutos são influenciados pelo estágio de maturação e pela composição química dos mesmos, dentre outros fatores. Dessa forma, o objetivo do trabalho foi avaliar a influência de pulverizações com boro (B) na antecipação da maturação e na qualidade e capacidade de conservação de maçãs ‘Pink Lady’. O experimento foi conduzido em Vacaria/RS, durante as safras colhidas em 2012, 2013 e 2014. Os tratamentos foram constituídos por pulverizações com B em pré-colheita, em número de 0, 1, 2 e 4 pulverizações com ácido bórico (0,3%). Todos os tratamentos iniciaram 45 dias antes da data prevista para a colheita comercial e terminaram 15 dias antes da mesma, cujo número de pulverizações, em cada tratamento, foi equidistantemente espaçado entre essas datas. Foi utilizado o delineamento experimental de blocos ao acaso, com quatro repetições. Tanto na colheita como após ao armazenamento foram avaliados atributos relacionados com a qualidade e capacidade de conservação (coloração da epiderme, textura, firmeza de polpa, teor de sólidos solúveis, acidez, índice de amido e concentração de B na polpa e na folha). Na última safra foram determinadas a taxa respiratória, a produção de etileno e a atividade da enzima oxidase do ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC) no momento da colheita. Os resultados foram submetidos à análise de variância e os efeitos do número de pulverizações com B foram analisados por contrastes ortogonais. A intensidade do efeito das pulverizações com B na qualidade das frutas variou entre as safras. As aplicações com

B influenciaram os atributos relacionados com a maturação dos frutos na colheita. A aplicação de 4 pulverizações com B em pré-colheita antecipa a maturação de maçãs ‘Pink Lady’ e pode ser uma alternativa para o escalonamento da colheita.

Palavras-chave: Boro, ‘Pink Lady’, qualidade de frutas.

3.1 INTRODUÇÃO

A cultivar de maçã Pink Lady foi desenvolvida na década de 70, na Austrália, a partir do cruzamento das cultivares Golden Delicious e Lady Williams, buscando-se a combinação da boa firmeza de polpa, bom potencial de armazenamento e baixa suscetibilidade ao ‘bitter pit’ da cultivar Lady Williams, com a boa qualidade organoléptica e baixa ocorrência de escaldadura da cultivar Golden Delicious (Kellerhals & Rapillard, 2002). Porém, há poucos anos iniciaram-se os cultivos comerciais em diversos países como Austrália, França, Itália, Áustria, Suíça, Brasil e outros. Conforme a produção aumenta, cresce o interesse em aumentar a qualidade da fruta e assegurar a manutenção dessa qualidade durante o armazenamento.

Por qualidade, entende-se a apresentação visual das frutas, o sabor, e a capacidade de conservação das mesmas. Uma fruta com boa aparência deve ser isenta de quaisquer manchas ou lesões, deve ter formato, tamanho e cor característicos da cultivar, e deve apresentar boa hidratação e adequada pressão interna da polpa. O sabor e a conservação dos frutos são influenciados pelo estágio de maturação e pela composição química dos mesmos, dentre outros fatores. Na macieira, assim como em várias frutíferas, os atributos que determinam a qualidade geral dos frutos são afetados pelas condições climáticas e por diversas práticas agrícolas, que incluem o tipo de poda, a intensidade do raleio dos frutos, o

porta-enxerto e principalmente a nutrição das plantas.

Além da disponibilidade dos nutrientes às plantas, a relação quantitativa entre alguns deles tem grande influência na produtividade e na qualidade dos frutos de várias espécies. Para a macieira, as relações entre N, K, Ca, Mg e B são as que mais afetam a qualidade dos frutos (Amarante et al., 2011), principalmente quando ocorrem deficiências ou excessos de alguns deles.

Aplicações foliares de B podem afetar a qualidade dos frutos e a capacidade de conservação dos mesmos, porém os resultados até o momento são inconsistentes. Wojcik et al. (1999) verificaram que pulverizações com B aumentaram a frutificação efetiva de macieiras, não afetaram o tamanho dos frutos, porém quando foram feitas após a floração, diminuíram o peso e a firmeza dos frutos, e aumentaram a susceptibilidade dos mesmos à incidência de distúrbios fisiológicos. Peryea & Drake (1991) pulverizaram B durante o verão e não verificaram efeito do nutriente sobre a cor, sólidos solúveis, acidez e teor de amido das maçãs. Granelli et al. (1989) aplicaram B a pomares de macieira e constataram diminuição na incidência de ‘bitter pit’ e melhorias na qualidade das frutas. O mesmo foi verificado no Egito, onde pulverizações foliares com B aumentaram a qualidade dos frutos e o estado nutricional das plantas (Khalifa et al., 2009). Por isso, torna-se necessário determinar o número adequado e a época das pulverizações a fim de maximizar o efeito do B na antecipação da colheita bem como na capacidade de conservação dos frutos, na medida em que variam as condições climáticas.

O presente trabalho tem por objetivo avaliar a influência de aplicações foliares com B em pré-colheita na qualidade e capacidade de armazenamento de maçãs da cultivar Pink Lady.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi conduzido no município de Vacaria, RS (latitude 28°33'00''S, longitude 50°57''W, 955 m de altitude), num pomar comercial instalado sobre um Latossolo Bruno que possui 55% de argila, pH 6,3, 4,7% de matéria orgânica, $P = 8,0 \text{ mg kg}^{-1}$, e $K = 190 \text{ mg kg}^{-1}$. O experimento foi conduzido com a cultivar Pink Lady. A área experimental foi plantada em 2008, no espaçamento de 1,0 x 4,0 m, perfazendo uma densidade de 2500 plantas por hectare, e têm como polinizadoras plantas das cultivares Fuji. Todas mudas foram produzidas sobre porta-enxerto anão (EM-9). Antes da implantação, foi aplicado calcário, na dose necessária para elevar o pH até 6,0, e fertilizantes contendo P, K, B e Zn, de modo a elevar a fertilidade do solo a níveis satisfatórios. Durante os dois anos iniciais de crescimento das árvores, foram aplicados somente adubos nitrogenados.

O experimento teve início em dezembro de 2011 e foi conduzido por três safras (2011/2012, 2012/2013 e 2013/2014). Os tratamentos foram constituídos por um número crescente de aplicações foliares com ácido bórico, em pré-colheita, além de uma testemunha onde foi pulverizado apenas água. Foram utilizadas 1, 2 e 4 pulverizações em cada safra, sempre na concentração de 0,3% de ácido bórico e no volume de 1.000 L ha^{-1} . Todos os tratamentos iniciaram 45 dias antes da data prevista para a colheita comercial e terminaram 15 dias antes da mesma, cujo número de pulverizações, em cada tratamento, foi equidistantemente espaçado entre essas datas.

Foi utilizado o delineamento experimental de blocos ao acaso, com quatro repetições. Cada unidade experimental foi constituída por doze plantas, distribuídas ao longo da fila de plantio, das quais somente as dez centrais foram utilizadas para as avaliações. Os tratos culturais, incluindo poda de inverno, aplicação de fungicidas, inseticidas e herbicidas, e de óleo mineral mais Cianamida Hidrogenada para superação de

dormência, além do raleio dos frutos, foram os mesmos utilizados no pomar comercial, e fazem parte das recomendações técnicas para a produção integrada da macieira.

Amostras de folhas foram coletadas nas duas primeiras safras após o término das pulverizações. Foram coletadas dez folhas por planta, com pecíolo, da parte mediana dos ramos emitidos no ano. As folhas foram secadas em estufa (65 °C) até massa constante. Nelas, determinou-se B pelo método de azometina H, após incineração de 0,3 g de amostra em forno mufla, a 550°C.

A colheita dos frutos foi realizada da seguinte maneira: na safra 2011/2012 foi realizada somente uma colheita. Na safra 2012/2013 foram realizadas duas colheitas espaçadas em 8 dias. Em ambas as safras, em cada colheita, foram coletados frutos aleatoriamente nas plantas no decorrer de cada unidade experimental. Na safra 2013/2014 foram realizadas 3 colheitas, espaçadas a cada 7 dias. Nesta safra foi realizada a coleta de todos os frutos de uma única árvore de cada tratamento, e posteriormente foram retiradas sub-amostras para compor as 4 repetições. Nesta última safra os frutos que foram destinados ao armazenamento também foram provenientes da coleta de todos os frutos de outra planta de cada tratamento.

Em todas as safras foram coletadas amostras de cada unidade experimental, com 200 frutos, as quais foram acondicionadas em caixas plásticas e destinadas ao armazenamento para posterior avaliação dos parâmetros relacionados com a qualidade e capacidade de conservação dos frutos. Na safra 2012, como houve somente uma colheita, os frutos que foram destinados ao armazenamento foram coletados nessa mesma colheita. Na safra 2013 os frutos que foram destinados ao armazenamento foram coletados junto com a 1ª colheita. Já na safra 2014, os frutos coletados no mesmo dia que a 2ª colheita é que foram destinados ao armazenamento. Nas duas primeiras safras os frutos foram armazenados em câmaras frigoríficas convencionais (-1 °C e

90-95 % de umidade relativa) e avaliados a cada dois meses de armazenamento durante seis meses. Na safra 2013/2014 os frutos foram armazenados em câmaras frigoríficas com atmosfera controlada (1-3% de O₂ + 0-3% de CO₂) e avaliados após oito meses de armazenamento.

Em todas as safras, as avaliações foram feitas três dias após a colheita. Foram utilizados 20 frutos para a determinação da cor de fundo e intensidade de cor vermelha da epiderme, firmeza da polpa, atributos de textura (força para ruptura da casca e penetração da polpa), sólidos solúveis, acidez total e índice de amido. A coloração da epiderme (cor de fundo e intensidade de cor vermelha) não foi determinada na safra 2012/2013 porque o aparelho encontrava-se estragado.

Todas essas avaliações também foram feitas após cada saída dos frutos das câmaras de armazenamento, com exceção da determinação da coloração da epiderme e do índice de amido. Na safra 2011/2012 não foi possível determinar os parâmetros de textura após 2 meses de armazenamento e na safra 2013/2014 não foi determinado a coloração da epiderme na colheita e a firmeza de polpa após 2 meses de armazenamento. Na safra 2013/2014 foram também determinadas a produção de etileno, a taxa respiratória e a atividade da enzima oxidase do ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC oxidase) dos frutos na colheita. A determinação da atividade da ACC oxidase foi realizada na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), com os frutos obtidos na segunda colheita.

Todas as avaliações fisiológicas, tanto na ocasião da colheita como após o armazenamento, foram realizadas da mesma maneira que na cultivar Galaxy, e seguem a mesma metodologia descrita no capítulo anterior.

Além das avaliações fisiológicas determinadas na colheita e após o armazenamento, outros vinte frutos foram utilizados para a avaliação da concentração de B na polpa. No laboratório, os frutos foram lavados com água destilada. As

subamostras foram constituídas de duas frações longitudinais triangulares, na forma de cunha, com aproximadamente 1 cm de largura na parte externa do fruto, incluindo a epiderme, que foram processadas em uma multiprocessadora, coletando-se o suco. Em seguida, polpa, casca e suco foram homogeneizados em um misturador elétrico. O B foi determinado pelo método de azometina H, após incineração de 20 g de polpa fresca em forno mufla a 550°C, segundo a metodologia descrita por Suzuki e Argenta (1994).

Para avaliar a atividade da enzima ACC oxidase, foram retiradas amostras de casca da região equatorial dos frutos de cada unidade experimental, totalizando 3 g. Estas foram imediatamente incubadas em solução contendo 0,1mM de ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC) em 10mM do tampão MES (ácido 2 (N-morfolino) etanossulfônico) em pH 6,0. Após 30 minutos, as amostras foram acondicionadas em seringas herméticas de 50 mL, nas quais se adicionou 1 mL de CO₂. Depois de 30 minutos, a concentração de etileno presente nas seringas foi determinada através da leitura em um cromatógrafo a gás, sendo os dados expressos em $\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ (Bufler, 1986).

Os dados de todas as safras foram submetidos à análise de variância (SAS Institute, Inc.) e os efeitos do número de pulverizações com B foram analisados por contrastes ortogonais.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1 Safra 2012

Na colheita da safra 2011/2012, as pulverizações com B influenciaram somente a força para penetração da polpa ($P<0,05$), firmeza de polpa ($P<0,05$) e índice de iodo-amido ($P<0,01$), onde o aumento do número de pulverizações com B

proporcionou decréscimo linear nos dois primeiros parâmetros, e aumento também linear no último parâmetro (Tabelas 1, 2 e 3). Apesar da coloração da epiderme não ter sido afetada, a redução tanto da força para penetração da polpa, passando de 3,30 na testemunha para 3,19 N no tratamento com 4 pulverizações, como da firmeza de polpa, de 83 para 80 N e o aumento do índice de amido de 3,9 para 4,5, mostram antecipação do estágio de maturação de maçãs ‘Pink Lady’ na colheita. À medida que a maturação do fruto evolui o amolecimento dos tecidos aumenta. O peso médio dos frutos em todos os tratamentos na colheita foi de 163 g.

Após 2 meses de armazenamento, foi possível observar que o aumento das aplicações foliares com B manteve a redução linear da firmeza de polpa ($P<0,05$), no entanto não afetou outros atributos avaliados, apesar que os parâmetros de texturas não foram determinados nessa época (Tabelas 1 e 2). A firmeza de polpa passou de 72 N na testemunha para 69 N no tratamento com maior número de pulverizações. Após 4 meses de armazenamento, além da firmeza de polpa, a acidez também foi influenciada pelo número de pulverizações com B, mantendo decréscimo linear na firmeza de polpa ($P<0,05$) e aumento da acidez titulável ($P<0,05$) de 0,28 na testemunha para 0,31 quando foram aplicadas 4 pulverizações com B (Tabelas 1 e 2). Quando as maçãs foram armazenadas por 6 meses, somente a força para penetração da polpa reduziu de maneira linear à medida que aumentou o número de pulverizações com B ($P<0,05$), passando de 2,25 N na testemunha para 2,13 N no tratamento com 4 aplicações com B (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1 - Atributos de textura (força para ruptura da casca e força para penetração da polpa) e firmeza de polpa após a colheita e o armazenamento, em maçãs ‘Pink Lady’ na safra 2012, em função do número de pulverizações com B. Média de 4 repetições.

Número de pulverizações com B	Colheita	Após armazenamento		
		2 meses	4 meses	6 meses
Força para ruptura da casca (N)				
0	12,89	-	12,38	12,01
1	12,97	-	12,47	12,09
2	12,76	-	12,28	11,77
4	12,75	-	12,34	11,68
Linear	ns		ns	ns
Quadrático	ns		ns	ns
C.V. (%)	1,45		1,48	2,28
Força para penetração da polpa (N)				
0	3,31	-	2,36	2,25
1	3,34	-	2,36	2,23
2	3,18	-	2,32	2,17
4	3,19	-	2,31	2,13
Linear	*		ns	*
Quadrático	ns		ns	ns
C.V. (%)	2,40		3,32	3,41
Firmeza de polpa (N)				
0	83,14	72,35	59,74	56,06
1	84,09	72,28	60,90	56,15
2	82,61	68,00	58,78	54,74
4	80,13	69,31	57,76	52,54
Linear	*	*	*	ns
Quadrático	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	2,07	3,22	2,12	4,55

Efeito linear e/ou quadrático dos tratamentos analisado através de contrastes ortogonais polinomiais: ns = não significativo; * = significativo a 5%; ** = significativo a 1%; *** = significativo a 0,1%.

Fonte: produção do próprio autor, 2015.

Tabela 2 - Teor de sólidos solúveis (SS) e acidez titulável após a colheita e o armazenamento, em maçãs ‘Pink Lady’ na safra 2012, em função do número de pulverizações com B. Média de 4 repetições.

Número de pulverizações com B	Colheita	Após armazenamento		
		2 meses	4 meses	6 meses
SS (°Brix)				
0	16,15	16,22	16,37	15,92
1	16,10	16,35	16,55	15,90
2	15,77	16,47	16,15	15,87
4	15,80	16,52	16,47	15,92
Linear	ns	ns	ns	ns
Quadrático	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	4,22	1,63	1,46	1,65
Acidez (% de ácido málico)				
0	0,41	0,32	0,28	0,22
1	0,45	0,30	0,28	0,24
2	0,41	0,29	0,28	0,22
4	0,45	0,32	0,31	0,24
Linear	ns	ns	*	ns
Quadrático	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	7,85	6,45	5,91	3,09

Efeito linear e/ou quadrático dos tratamentos analisado através de contrastes ortogonais polinomiais: ns = não significativo; * = significativo a 5%; ** = significativo a 1%; *** = significativo a 0,1%.

Fonte: produção do próprio autor, 2015

Tabela 3 - Índice de amido e coloração da epiderme (lado vermelho e cor de fundo) após a colheita em maçãs ‘Pink Lady’ na safra de 2012, em função do número de pulverizações com B. Média de 4 repetições.

Número de pulverizações com B	Colheita
	Índice de amido ¹ (1-5)
0	3,88
1	4,20
2	4,34
4	4,53
Linear	**
Quadrático	ns
C.V. (%)	5,71
	Coloração da epiderme ² - Lado vermelho (h°)
0	28,17
1	27,97
2	28,66
4	28,48
Linear	ns
Quadrático	ns
C.V. (%)	5,03
	Coloração da epiderme ² - Cor de fundo (h°)
0	90,73
1	89,91
2	90,89
4	90,18
Linear	ns
Quadrático	ns
C.V. (%)	4,80

¹ = numa escala de 1 a 5, onde 1 indica o teor máximo de amido e 5 representa o amido totalmente hidrolisado. ² = numa escala de 0° a 180°, onde 0° = vermelho, 90° = amarelo e 180° = verde. Efeito linear e/ou quadrático dos tratamentos analisado através de contrastes ortogonais polinomiais: ns = não significativo; * = significativo a 5%; ** = significativo a 1%; *** = significativo a 0,1%.

Fonte: produção do próprio autor, 2015.

3.3.2 Safra 2013

Tanto na primeira como na segunda colheita da safra 2013, o aumento do número de pulverizações com B reduziu linearmente ($P<0,001$ e $P<0,01$ na primeira e segunda colheitas, respectivamente) a força para penetração da polpa, sendo que reduziu 11% na primeira colheita e 7% na segunda colheita (Tabela 4). A firmeza de polpa também teve comportamento semelhante nas duas colheitas, com valores reduzidos linearmente ($P<0,05$ e $P<0,01$ na primeira e segunda colheitas, respectivamente) à medida que aumentou o número de pulverizações com B. A firmeza de polpa variou de 75,6 N na testemunha para 72,2 N no tratamento que recebeu 4 aplicações com B na primeira colheita e reduziu de 75,0 N para 70,2 N na segunda colheita.

Além disso, o índice de amido também foi influenciado nas duas colheitas, sendo que o aumento das pulverizações com B aumentou o índice de amido de maneira quadrática ($P<0,001$) na primeira colheita e linear ($P<0,01$) na segunda colheita (Tabela 6). O índice de amido na primeira colheita passou de 3,4 na testemunha para 3,9 no tratamento com maior número de pulverizações com B, e na segunda colheita aumentou de 3,7 para 4,4. Durante a maturação, o amido armazenado na polpa é degradado em açúcares solúveis, e dessa forma, quanto mais madura a fruta, menor o conteúdo de amido e maior o de açúcar. A massa média dos frutos no momento da colheita foi de 152 g, não sendo influenciado pelos tratamentos.

Apesar da coloração de epiderme não ter sido avaliado na colheita desta safra, a redução da força para penetração da polpa e firmeza de polpa e o aumento do índice de amido confirmam o avanço do estágio de maturação na colheita à medida que aumenta o número de pulverizações com B.

Após 2 meses de armazenamento, somente a força de penetração da polpa sofreu redução de maneira linear

($P < 0,001$) à medida que aumentou o número de pulverizações com B, passando de 3,18 N na testemunha para 2,93 N no tratamento com 4 aplicações foliares com B (Tabela 4). Após 4 meses de armazenamento nenhum atributo avaliado foi influenciado pelo número de pulverizações com B (Tabelas 4, 5 e 6). No entanto, quando os frutos foram avaliados após 6 meses de armazenamento, observou-se que as aplicações foliares com B promoveram aumento linear da firmeza de polpa ($P < 0,05$), que passou de 68,8 N na testemunha para 73,2 N no tratamento que recebeu 4 aplicações foliares com B, também houve a redução quadrática do teor de sólidos solúveis ($P < 0,01$), que passou de 15,6 na testemunha para 14,7 no tratamento que recebeu 2 pulverizações com B (Tabelas 4 e 5).

Tabela 4 - Atributos de textura (força para ruptura da casca e força para penetração da polpa) e firmeza de polpa após a colheita e o armazenamento, em maçãs ‘Pink Lady’ na safra 2013, em função do número de pulverizações com B. Média de 4 repetições.

Número de pulverizações com B	1ª Colheita	2ª Colheita	Após armazenamento		
			2 meses	4 meses	6 meses
Força para ruptura da casca (N)					
0	11,47	11,36	11,97	11,65	11,55
1	11,87	11,74	12,21	11,85	12,01
2	11,52	11,18	11,54	11,03	11,35
4	11,45	11,47	11,83	11,41	12,02
Linear	ns	ns	ns	ns	ns
Quadrático	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	2,14	1,94	2,44	1,83	2,46
Força para penetração da polpa (N)					
0	3,42	3,34	3,18	2,97	2,79
1	3,26	3,28	3,09	3,04	2,88
2	3,23	3,14	2,94	2,83	2,73
4	3,08	3,12	2,93	2,90	2,95
Linear	***	**	***	ns	ns
Quadrático	ns	ns	*	ns	ns
C.V. (%)	2,78	2,97	2,17	4,12	3,68
Firmeza de polpa (N)					
0	75,62	75,04	-	72,26	68,86
1	72,52	71,99	-	72,88	70,15
2	70,07	71,61	-	68,90	66,81
4	72,21	70,52	-	71,90	73,23
Linear	*	**		ns	*
Quadrático	**	**		ns	*
C.V. (%)	2,50	1,52		1,86	2,93

Efeito linear e/ou quadrático dos tratamentos analisado através de contrastes ortogonais polinomiais: ns = não significativo; * = significativo a 5%; ** = significativo a 1%; ***= significativo a 0,1%.

Fonte: produção do próprio autor, 2015.

Tabela 5 - Teor de sólidos solúveis (SS) e acidez titulável após a colheita e o armazenamento, em maçãs ‘Pink Lady’ na safra 2013, em função do número de pulverizações com B. Média de 4 repetições.

Número de pulverizações com B	1ª Colheita	2ª Colheita	Após armazenamento		
			2 meses	4 meses	6 meses
SS (°Brix)					
0	15,15	15,10	16,30	14,55	15,62
1	14,60	14,47	15,50	14,40	15,05
2	15,07	14,97	15,82	14,75	14,77
4	15,15	15,32	15,77	14,37	15,15
Linear	ns	ns	ns	ns	ns
Quadrático	ns	ns	ns	ns	**
C.V. (%)	2,05	2,14	2,04	2,14	2,09
Acidez (% de ácido málico)					
0	0,37	0,33	0,33	0,24	0,24
1	0,33	0,31	0,32	0,24	0,25
2	0,33	0,29	0,30	0,21	0,24
4	0,35	0,33	0,31	0,21	0,27
Linear	ns	ns	ns	ns	ns
Quadrático	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	6,71	7,60	7,15	6,28	5,93

Efeito linear e/ou quadrático dos tratamentos analisado através de contrastes ortogonais polinomiais: ns = não significativo; * = significativo a 5%; ** = significativo a 1%; *** = significativo a 0,1%.

Fonte: produção do próprio autor, 2015.

Tabela 6 - Índice de amido e coloração da epiderme (lado vermelho e cor de fundo) após a colheita em maçãs ‘Pink Lady’ na safra 2013, em função do número de pulverizações com B. Média de 4 repetições.

Número de pulverizações com B	1ª Colheita	2ª Colheita
Índice de amido ¹ (1-5)		
0	3,38	3,70
1	3,64	3,86
2	3,49	4,21
4	3,88	4,43
Linear	ns	**
Quadrático	***	ns
C.V. (%)	3,20	6,68
Coloração da epiderme ² - Lado vermelho (h°)		
0	-	-
1	-	-
2	-	-
4	-	-
Linear		
Quadrático		
C.V. (%)		
Coloração da epiderme ² - Cor de fundo (h°)		
0	-	-
1	-	-
2	-	-
4	-	-
Linear		
Quadrático		
C.V. (%)		

¹ = numa escala de 1 a 5, onde 1 indica o teor máximo de amido e 5 representa o amido totalmente hidrolisado. Efeito linear e/ou quadrático dos tratamentos analisado através de contrastes ortogonais polinomiais: ns = não significativo; * = significativo a 5%; ** = significativo a 1%; ***= significativo a 0,1%.

Fonte: produção do próprio autor, 2015.

3.3.3 Safra 2014

Na safra 2013/2014 foram realizadas três colheitas. As pulverizações com B afetaram a qualidade das maçãs da primeira colheita e influenciaram no avanço do estágio de maturação das frutas. A força para ruptura da casca e a firmeza de polpa reduziram à medida que aumentou o número de pulverizações com B, tendo comportamento quadrático ($P<0,05$) e linear ($P<0,001$) respectivamente (Tabela 7). A força para ruptura da casca reduziu de 12,1 N na testemunha para 11,4 N no tratamento com 2 pulverizações com B, e a firmeza de polpa reduziu de 78,5 N para 75,3 N. As aplicações foliares com B também afetou de maneira quadrática o teor de sólidos solúveis ($P<0,001$), sendo que passou de 14,2 °Brix na testemunha e alcançou o maior valor de 14,5 °Brix no tratamento com 4 pulverizações (Tabela 8). O índice de amido aumentou linearmente ($P<0,001$) com o aumento do número de pulverizações com B, onde passou de 3,5 para 4,1, o que representa um aumento de 15% (Tabela 9).

Na segunda colheita as pulverizações com B também promoveram a antecipação do estágio de maturação das maçãs, através da influência significativa nos parâmetros avaliados. A força para ruptura da casca e a força para penetração da polpa reduziram com o aumento do número de pulverizações com B ($P<0,01$ e $P<0,001$ respectivamente). A força para ruptura da casca reduziu de 11,8 N na testemunha para 11,1 N no tratamento que recebeu 4 aplicações, e a força para penetração da polpa reduziu de 3,6 N para 3,3 N (Tabela 7). O número de pulverizações com B também aumentou linearmente o teor de sólidos solúveis ($P<0,001$), que passou de 13,2 °Brix na testemunha para 14,6 °Brix no tratamento que recebeu o maior número de pulverizações, e de maneira quadrática o teor de acidez titulável ($P<0,05$), que passou de 0,30 % na testemunha e alcançou o maior valor de 0,34 % no tratamento que recebeu apenas 1 pulverização com B (Tabela 8).

Ainda na segunda colheita, foi observado que o acréscimo das pulverizações com B aumentou linearmente o índice de amido ($P < 0,001$), que passou de 3,6 para 4,1 (Tabela 9). A coloração da epiderme também foi afetada pelos tratamentos, sendo que houve redução de maneira linear dos valores do ângulo *hue* (h°), tanto no lado vermelho ($P < 0,01$) como a cor de fundo ($P < 0,001$), o que indica que os frutos apresentavam-se mais vermelhos e mais amarelos, ou seja, com avançado estágio de maturação (Tabela 9). A cor vermelha da epiderme é decorrente das antocianinas, pigmentos que são sintetizados nas frutas com a evolução da maturação. Já a cor de fundo, que evolui do verde para o amarelo, é decorrente da degradação das clorofilas presentes nos cloroplastos, surgindo carotenóides responsáveis pela cor amarela. Essas modificações na pigmentação da epiderme são o principal critério prático de colheita.

Na terceira colheita ainda houve influência dos tratamentos na qualidade das maçãs, no entanto, de maneira geral, os frutos já encontravam-se em estágio avançado de maturação, mesmo no tratamento que não recebeu B. Nessa colheita, a força para ruptura da casca foi afetada de maneira quadrática ($P < 0,05$) com as aplicações foliares com B, onde a testemunha apresentou valor de 11,6 N e o menor valor (11,2 N) foi encontrado no tratamento com 2 aplicações foliares com B (Tabela 7). A força para penetração da polpa reduziu ($P < 0,05$) de maneira linear à medida que aumentou o número de pulverizações com B, passando de 3,27 N na testemunha para 3,17 N no tratamento que recebeu 4 aplicações. No entanto, a firmeza de polpa aumentou ($P < 0,05$) de maneira quadrática, passando de 73,5 N na testemunha e obtendo maior valor (75,7 N) no tratamento de 2 pulverizações com B (Tabela 7).

O teor de sólidos solúveis e a acidez titulável foram influenciados pelo aumento do número de aplicações foliares com B na terceira colheita, sendo que o teor de sólidos solúveis

aumentou de maneira quadrática ($P<0,05$) e a acidez diminuiu de maneira linear ($P<0,05$) (Tabela 8). O teor de SS na testemunha foi de 13,9 °Brix e alcançou o maior valor de 14,6 °Brix no tratamento que recebeu apenas 1 aplicação foliar com B. A acidez titulável reduziu de 0,35 % na testemunha para 0,33 % no tratamento com maior número de pulverizações com B. O aumento do número de pulverizações com B também aumentou de maneira linear o índice de amido ($P<0,001$), passando de 4,2 na testemunha para 4,5 no tratamento que recebeu 4 aplicações foliares com B, e reduziu também de maneira linear o valor do h° da cor de fundo ($P<0,01$), reduzindo de 109,2 h° na testemunha para 106,5 h° no tratamento que recebeu o maior número de pulverizações com B (Tabela 9). A massa média dos frutos nas três colheitas foi de 147 g e não foi influenciado pelos tratamentos.

Após oito meses de armazenamento foi possível observar que as aplicações foliares com B promoveram redução quadrática da força para ruptura da casca ($P<0,01$) e da firmeza de polpa ($P<0,001$) e aumento linear do teor de acidez ($P<0,001$) (Tabelas 7 e 8).

Tabela 7 - Atributos de textura (força para ruptura da casca e força para penetração da polpa) e firmeza de polpa após a colheita e o armazenamento, em maçãs ‘Pink Lady’ na safra 2014, em função do número de pulverizações com B. Média de 4 repetições.

Número de pulverizações com B	1ª Colheita	2ª Colheita	3ª Colheita	Após armazenamento
Força para ruptura da casca (N)				
0	12,12	11,82	11,60	11,87
1	11,79	11,88	11,59	11,15
2	11,47	11,63	11,26	11,33
4	11,75	11,15	11,84	11,41
Linear	ns	**	ns	ns
Quadrático	*	ns	*	**
C.V. (%)	2,43	2,22	2,03	1,96
Força para penetração da polpa (N)				
0	3,67	3,68	3,27	3,29
1	3,80	3,77	3,37	3,22
2	3,51	3,44	3,18	3,23
4	3,58	3,39	3,17	3,20
Linear	ns	***	*	ns
Quadrático	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	2,81	2,50	2,58	2,01
Firmeza de polpa (N)				
0	78,57	76,11	73,54	75,38
1	78,72	77,82	75,71	69,78
2	74,46	76,31	75,78	71,74
4	75,36	76,45	75,00	72,16
Linear	***	ns	ns	ns
Quadrático	*	ns	*	***
C.V. (%)	1,12	1,64	1,49	1,77

Efeito linear e/ou quadrático dos tratamentos analisado através de contrastes ortogonais polinomiais: ns = não significativo; * = significativo a 5%; ** = significativo a 1%; *** = significativo a 0,1%.

Fonte: produção do próprio autor, 2015.

Tabela 8 - Teor de sólidos solúveis (SS) e acidez titulável após a colheita e o armazenamento, em maçãs 'Pink Lady' na safra 2014, em função do número de pulverizações com B. Média de 4 repetições.

Número de pulverizações com B	1ª Colheita	2ª Colheita	3ª Colheita	Após armazenamento
SS (°Brix)				
0	14,27	13,20	13,90	15,15
1	13,82	13,42	14,62	14,90
2	13,42	14,47	14,37	15,22
4	14,57	14,62	13,95	14,82
Linear	ns	***	ns	ns
Quadrático	***	ns	*	ns
C.V. (%)	1,85	2,97	2,88	1,49
Acidez (% de ácido málico)				
0	0,35	0,30	0,35	0,28
1	0,34	0,34	0,37	0,27
2	0,33	0,33	0,29	0,30
4	0,34	0,32	0,33	0,31
Linear	ns	ns	*	***
Quadrático	ns	*	ns	ns
C.V. (%)	3,50	4,67	5,93	4,55

Efeito linear e/ou quadrático dos tratamentos analisado através de contrastes ortogonais polinomiais: ns = não significativo; * = significativo a 5%; ** = significativo a 1%; ***= significativo a 0,1%.

Fonte: produção do próprio autor, 2015.

Tabela 9 - Índice de amido e coloração da epiderme (lado vermelho e cor de fundo) após a colheita em maçãs ‘Pink Lady’ na safra 2014, em função do número de pulverizações com B. Média de 4 repetições.

Número de pulverizações com B	1ª Colheita	2ª Colheita	3ª Colheita
Índice de amido ¹ (1-5)			
0	3,56	3,60	4,24
1	3,69	3,72	4,28
2	3,81	3,82	4,40
4	4,13	4,15	4,57
Linear	***	***	***
Quadrático	ns	ns	ns
C.V. (%)	3,81	4,56	2,09
Coloração da epiderme ² - Lado vermelho (h°)			
0	32,10	33,41	30,38
1	34,23	32,61	29,07
2	35,73	31,32	29,78
4	35,55	29,85	29,58
Linear	ns	**	ns
Quadrático	ns	ns	ns
C.V. (%)	9,07	4,67	4,06
Coloração da epiderme ² - Cor de fundo (h°)			
0	106,80	109,26	107,49
1	109,07	109,39	105,79
2	110,44	104,80	103,93
4	107,83	106,52	104,21
Linear	ns	***	**
Quadrático	ns	**	ns
C.V. (%)	4,40	0,83	1,38

¹ = numa escala de 1 a 5, onde 1 indica o teor máximo de amido e 5 representa o amido totalmente hidrolisado. ² = numa escala de 0° a 180°, onde 0° = vermelho, 90° = amarelo e 180° = verde. Efeito linear e/ou quadrático dos tratamentos analisado através de contrastes ortogonais polinomiais: ns = não significativo; * = significativo a 5%; ** = significativo a 1%; ***= significativo a 0,1%.

Fonte: produção do próprio autor, 2015.

Nos frutos da primeira colheita da safra 2014, à medida que aumentou o número de pulverizações com B, a taxa respiratória aumentou de maneira quadrática ($P<0,01$) e a produção de etileno teve aumento linear ($P<0,05$). Já na segunda colheita, a taxa respiratória aumentou de maneira linear ($P<0,05$) e a produção de etileno teve aumento linear bem significativo ($P<0,001$) à medida que aumentaram as aplicações foliares com B (Tabela 10).

Também nessa segunda colheita foi determinada a atividade da enzima ACC oxidase, onde foi possível observar que à medida que aumentou o número de pulverizações com B a sua atividade aumentou de maneira linear ($P<0,01$), o que justifica o aumento de produção de etileno nessa mesma colheita (Tabela 10). O provável efeito do B na atividade da ACC oxidase se deve ao fato de que esse nutriente é precursor de ascorbato (Liu & Yang, 2000), que por fim é necessário para a atividade da ACC oxidase (Taiz & Zeiger, 2009). No entanto, na terceira colheita da safra 2014, somente a taxa respiratória foi influenciada pelas pulverizações com B, sendo que houve redução linear ($P<0,05$) à medida que aumentou o número de aplicações foliares.

Tabela 10 - Taxa respiratória, produção de etileno e atividade da ACC oxidase após a colheita em maçãs 'Pink Lady' na safra 2014, em função do número de pulverizações com B. Média de 4 repetições.

Número de pulverizações com B	1ª Colheita	2ª Colheita	3ª Colheita
Respiração (nmol CO ₂ kg ⁻¹ s ⁻¹)			
0	232,67	196,25	192,70
1	210,98	179,37	172,94
2	200,85	174,83	159,85
4	230,13	203,08	167,29
Linear	ns	*	*
Quadrático	**	***	**
C.V. (%)	6,07	2,93	6,51
Etileno (nmol kg ⁻¹ s ⁻¹)			
0	0,013	0,325	5,199
1	0,028	0,935	5,975
2	0,016	1,115	5,585
4	0,045	1,337	4,716
Linear	*	***	ns
Quadrático	ns	**	ns
C.V. (%)	63,92	16,32	12,03
Atividade da ACC oxidase (nL C ₂ H ₄ kg ⁻¹ h ⁻¹)			
0		2,783	
1		3,130	
2		5,176	
4		6,686	
Linear		**	
Quadrático		ns	
C.V. (%)		45,30	

Efeito linear e/ou quadrático dos tratamentos analisado através de contrastes ortogonais polinomiais: ns = não significativo; * = significativo a 5%; ** = significativo a 1%; *** = significativo a 0,1%.

Fonte: produção do próprio autor, 2015.

A influência de B na qualidade de maçãs ‘Pink Lady’ varia de safra para safra. Porém, ressalta-se que em geral a aplicação foliar de B antecipou o estágio de maturação das maçãs e, dessa forma pode ser uma boa alternativa para a utilização com a intenção de antecipação da colheita.

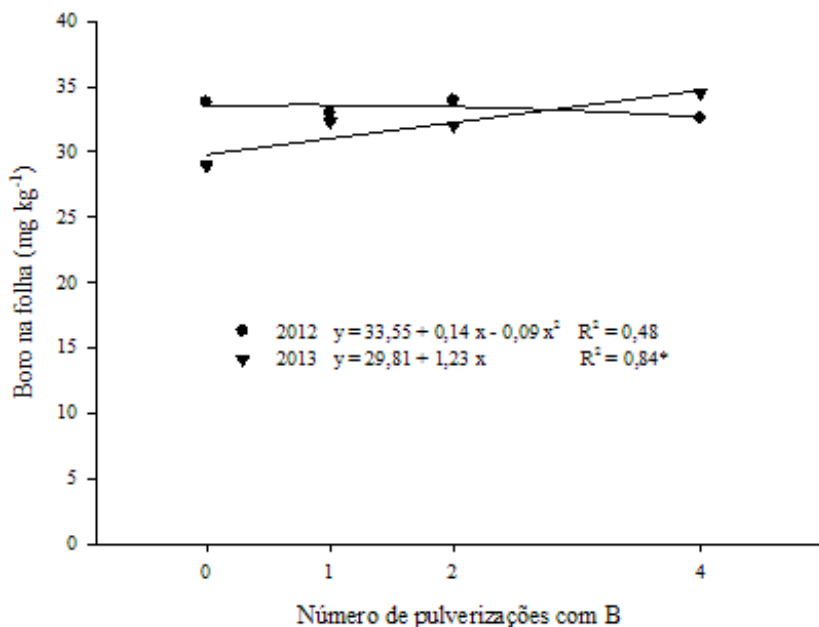
Diversos trabalhos mostram que a aplicação de B afeta a qualidade de maçãs, Nachtigall e Czermainski (2014), por exemplo, concluíram que a aplicação de bórax via foliar em até 0,8% antecipou a maturação, aumentou a coloração vermelha da película, principalmente na cultivar ‘Gala’, e aumentou a concentração de B nos frutos de ‘Gala’ e ‘Fuji’. Asgharzade et al. (2012), verificaram que aplicações foliares na dose de 0,51 g de ácido bórico por árvore em pré-colheita aumentou a textura, o teor de sólidos solúveis, a concentração de B na polpa e o peso das maçãs, além disso, reduziu a acidez dos frutos. Lu et al. (2013), verificaram que a aplicação foliar de 2 g/L de bórax aos 80, 120 e 148 dias após a plena floração foi eficiente para aumentar o teor de SS e índice de amido em maçãs ‘Fuji’.

No entanto, Sen et al. (2010), trabalhando com maçãs ‘Starkin Delicious’, verificaram que a aplicação foliar de ácido bórico na dose de 2,47 kg/ha em pós-colheita aumentou a firmeza de polpa. Wojcik e Treder (2006) verificaram que o fornecimento de B através da fertirrigação por gotejamento em solos com baixa disponibilidade desse nutriente, não afetou a firmeza de polpa e a coloração de maçãs ‘Jonagold’, no entanto, aumentou o teor de sólidos solúveis das frutas. Peryea e Drake (1991) não observaram efeito da aplicação foliar de B no verão sobre a firmeza de polpa, o teor de sólidos solúveis, a acidez titulável e o índice de amido em maçãs ‘Delicious’. Da mesma forma, Wojcik et al. (2008) verificaram que aplicações foliares com B não influenciaram a firmeza de polpa, o teor de SS, a acidez titulável e a coloração da epiderme em maçãs ‘Jonagold’ cultivadas em solos com baixo teor de B.

As pulverizações com B em maçãs ‘Pink Lady’

afetaram o teor de B na folha somente na safra 2013, onde o aumento do número de aplicações foliares aumentou linearmente o teor de B na folha (Figura 1). Provavelmente o efeito do B só foi observado na safra 2013 porque os valores iniciais do teor foliar de B eram menores, no entanto, ainda estavam dentro da faixa tida como normal (25 a 50 mg kg⁻¹) de acordo com Basso et al. (1986). Sá et al. (2014) verificaram que pulverizações foliares com ácido bórico na floração (0,3%) e em pós-colheita (0,6%) aumentaram o teor foliar de B. Canesin & Buzetti (2007) constataram que quatro pulverizações foliares de ácido bórico na dose de 110 g ha⁻¹ de B elevaram os teores de B nas folhas de pereira, o mesmo não ocorrendo em pinheira (*Annona squamosa* L.).

Figura 1 - Relação entre o número de pulverizações com B e o teor de B na folha de maçãs ‘Pink Lady’ nas safras 2012 e 2013. Média de 4 repetições.

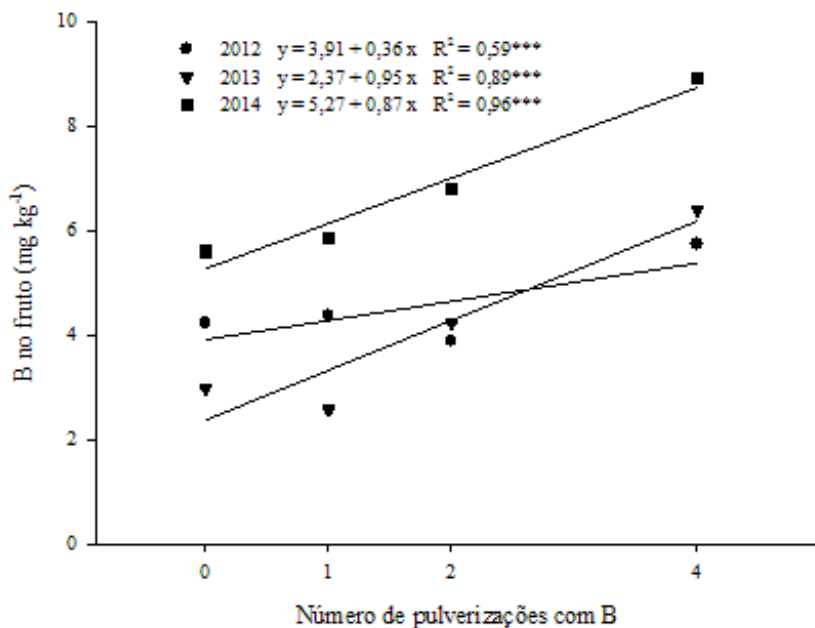


Fonte: produção do próprio autor, 2015.

As aplicações foliares com B afetaram a concentração de B na polpa de maçãs ‘Pink Lady’ nas três safras avaliadas (Figura 2). Foi possível observar que à medida que aumentou o número de pulverizações com B, a concentração de B na polpa aumentou linearmente em todas as safras, obtendo valor máximo de 8,2 mg kg⁻¹. Efeito positivo das aplicações foliares com bórex na concentração de B na polpa de maçãs ‘Gala’ e ‘Fuji’ também foi observado por Nachtigall e Czermainski (2014).

Da mesma forma, Asgharzade et al. (2012) também observaram que a aplicação foliar de 0,51 g de ácido bórico por árvore em pré-colheita foi eficiente para aumentar a concentração de B na polpa de maçãs. Sen et al. (2010), trabalhando com maçãs ‘Starkin Delicious’ verificaram que a aplicação foliar de ácido bórico na dose de 2,47 kg/ha em pós-colheita foi eficiente para aumentar a concentração de B na polpa dos frutos. Wojcik e Treder (2006) também observaram que a fertirrigação de 0,5 – 1,5 g de B/árvore foi eficiente para aumentar a concentração de B na polpa de maçãs ‘Jonagold’. Contudo, Lu et al. (2013) verificaram que a aplicação foliar de 2 g/L de bórax não foi eficiente para aumentar a concentração de B em maçãs ‘Fuji’. Sá et al. (2014) constataram que as pulverizações com B (0,3% - 0,6% de ácido bórico) não foram eficientes para influenciar a concentração de B na polpa de maçãs ‘Imperial Gala’, independente da época de aplicação.

Figura 2 - Relação entre o número de pulverizações com B e as concentrações de B na polpa de maçãs ‘Pink Lady’ nas safras 2012, 2013 e 2014. Média de 4 repetições.



Fonte: produção do próprio autor, 2015.

3.4 CONCLUSÃO

O efeito das pulverizações com B sobre a maturação e qualidade das maçãs ‘Pink Lady’ variou entre as safras.

A maturação de maçãs ‘Pink Lady’ antecipa-se à medida que aumenta o número de pulverizações com B em pré-colheita, podendo ser uma alternativa para o escalonamento da colheita.

O aumento da atividade da enzima ACC oxidase pode

ser a justificativa da aceleração da maturação das maçãs a medida que aumenta o número de pulverizações com B.

REFERÊNCIAS

- AMARANTE, C.V.T.; ERNANI, P.R.; STEFFENS, C.A. & ARGENTA, L.C. **O teor de cálcio na casca é indicativo da suscetibilidade ao ‘bitter pit’ em maçãs ‘Fuji’**. Revista Brasileira de Fruticultura, 33:180-186, 2011.
- ASGHARZADE, A.; VALIZADE, G. A.; BABAEIAN, M. **Investigating the effect of boron spray on yield nutrient content, texture and brix index of apple (Sheikh Amir Variety) in Shirvan region**. African Journal of Microbiology Research, 6: 2682-2685, 2012.
- BASSO, C.; WILMS, F. W. W.; SUZUKI, A. **Fertilidade do solo e nutrição de plantas**. In: MANUAL da cultura da macieira. Florianópolis: EMPASC-DID, 1986. p. 236-265.
- BUFLER, G. **Ethylene-promoted conversion of 1-aminocyclopropene-1-carboxylic acid to ethylene in peel of apple at various stages of fruit development**. Plant Physiology, Rockville. 80: 539-543, 1986.
- CANESIN, R C. F. S. & BUZETTI, S. Efeito da aplicação foliar de boro e zinco sobre a produção e os teores de SST e ATT dos frutos da Pereira- Japonesa e da pinheira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 2, p. 143-155, 2007.
- GRANELLI, G., MINGUZZI, A. AND UGHINI, V. **Harvest and postharvest apple quality influenced by boron application**. Acta Horticulture, 258: 405-420, 1989.
- KELLERHALS, M.; RAPILLARD, C. Sortenbewertung Tafeläpfel 2002. **Obstbau**, Wädenswil, v.9, p.1-9, 2002.

KHALIFA, K. R. M.; HAFEZ, O. M. and ABD-EL-KHAIR, H. **Influence of foliar spraying with boron and calcium on productivity, fruit quality, nutritional status and controlling of blossom end rot disease of anna apple trees.** World Journal of Agricultural Sciences. 5: 237-249, 2009.

LIU, P; YANG, Y. A. **Effects of molybdenum and boron on membrane lipid peroxidation and endogenous protective systems of soybean leaves.** Acta Botanica Sinica. 42 (5): 461-466, 2000.

LU, Y. Q. et al. **Synergistic roles of leaf boron and calcium during the growing season in affecting sugar and starch accumulation in ripening apple fruit.** Acta physiologiae plantarum. 35 (8): 2483-2492, 2013.

NACHTIGALL, G. R.; CZERMAINSKI, A. B. C. **Efeito da aplicação de boro via foliar na qualidade e na colheita de frutos de macieira.** Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 8 p., 2014. (Comunicado Técnico, 164).

PERYEA, F. J.; and DRAKE, S.R. **Influence of mid-summer boron sprays on boron content and quality indices of ‘Delicious’ apple.** Journal of Plant Nutrition. 14: 825–840, 1991.

SÁ, A. A., ERNANI, P. R., NAVA, G., DO AMARANTE, C. V. T., & PEREIRA, A. J. **Influência de formas de aplicação de boro na qualidade e no rendimento de maçãs (*Malus domestica*).** Revista Brasileira de Fruticultura. 36 (2): 487-494, 2014.

SAS INSTITUTE. **Getting started with the SAS learning edition.**

SEN, F.; et al. **A new strategy to enrich calcium nutrition of fruit: synergistic effects of postharvest foliar calcium and boron sprays.** Journal of Plant Nutrition. 33 (2): 175-184, 2010.

SUZUKI, A.; ARGENTA, L.C. **Teores minerais na polpa das cvs. Gala, Golden Delicious e Fuji.** Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal. 16 (1): 92-104, 1994.

TAIZ, L; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal.** Universitat Jaume I, 2006.

WOJCIK, P.; CIESLINSKI, G. & MIKA, A. **Apple yield and fruit quality as influenced by boron applications.** Journal of Plant Nutrition, 22: 1365-1377, 1999.

WOJCIK, P.; TREDER, W. **Effect of drip boron fertigation on yield and fruit quality in a high-density apple orchard.** Journal of Plant Nutrition. 29 (12): 2199-2213, 2006.

WOJCIK, P.; WOJCIK, M.; KLAMKOWSKI, K. **Response of apple trees to boron fertilization under conditions of low soil boron availability.** Scientia Horticulturae. 116 (1): 58-64, 2008.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

1- A utilização da prática de 4 aplicações foliares com B em pré-colheita acelera a maturação dos frutos, e dessa forma, pode ser uma alternativa viável para a antecipação da colheita de maçãs das cultivares Galaxy e Pink Lady em torno de 7 dias.

2- Quando for aplicado B com a intenção de antecipar a maturação em uma determinada área, o produtor deve estar ciente que deve colher essa área antes das demais onde não foi aplicado B, pois o atraso da colheita na área com a maturação antecipada pode prejudicar a qualidade do fruto por excesso de maturação.

3- Como as aplicações foliares com B aceleram a maturação dos frutos, aqueles destinados ao armazenamento devem ser colhidos em estágio ideal de maturação, ou seja, não devem ser colhidos tardiamente para não afetar a capacidade de armazenamento dos mesmos.