

**APLICAÇÃO FOLIAR DE BORO E ETEPHON EM PRÉ-COLHEITA NA
MATURAÇÃO E CONSERVAÇÃO DE MAÇÃS 'GALAXY' SOB
REFRIGERAÇÃO**

Eliton Dines Ribeiro de Andrade

Urupema, SC

2021

Eliton Dines Ribeiro de Andrade

**APLICAÇÃO FOLIAR DE BORO E ETEPHON EM PRÉ-COLHEITA NA
MATURAÇÃO E CONSERVAÇÃO DE MAÇÃS 'GALAXY' SOB REFRIGERAÇÃO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto Federal de Santa Catarina, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Fruticultura de Clima Temperado.

Orientador: Dr. Rogerio de Oliveira Anese

Urupema, SC

2021

INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA, CAMPUS URUPEMA -
BIBLIOTECA

Andrade, Eliton Dines Ribeiro de

Aplicação Foliar de Boro e Etephon em Pré-Colheita na
Maturação e Conservação de Maçãs 'Galaxy' Sob Refrigeração /
orientador Rogerio de Oliveira Anese. --
-Urupema, 2021. 27 f.

Monografia (Especialização) - Instituto Federal de Santa
Catarina, Campus Urupema. Especialização em Fruticultura de
Clima Temperado, 2021.

1. Ácido Bórico. 2. Etileno; 3. Macieira.

I. Anese, Rogerio de Oliveira, orient. II. Título.

CDD 23.ed. 634

Catlogação Elaborada por Paola Ávila Soares - CRB14/1730

Eliton Dines Ribeiro de Andrade

**APLICAÇÃO FOLIAR DE BORO E ETEPHON EM PRÉ-COLHEITA NA
MATURAÇÃO E CONSERVAÇÃO DE MAÇÃS 'GALAXY' SOB REFRIGERAÇÃO**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao Instituto Federal de
Santa Catarina, como requisito parcial à
obtenção do título de Especialista em
Fruticultura de Clima Temperado.

Aprovado em 16 de dezembro de 2021

Rogério de Oliveira Anese Dr. (IFSC-Urupema)
(Presidente/Orientador)

Roberto Akitoshi Komatsu. Dr. (IFSC - Lages)

Fabio Rodrigo Thewes. Dr. (UFSM)

Urupema, SC
2021

RESUMO

APLICAÇÃO FOLIAR DE BORO E ETEPHON EM PRÉ-COLHEITA NA MATURAÇÃO E CONSERVAÇÃO DE MAÇÃS 'GALAXY' SOB REFRIGERAÇÃO

AUTOR: Eliton Dines Ribeiro de Andrade

ORIENTADOR: Rogerio de Oliveira Anese

O boro (B) e o etephon têm sido utilizados em pulverizações foliares na pré-colheita para antecipar a maturação de maçãs, contudo alguns pesquisadores relatam efeitos negativos destes produtos na conservação pós-colheita dos frutos. Neste contexto o objetivo do presente estudo foi avaliar os efeitos da aplicação foliar de boro e etephon em pré-colheita sobre a maturação e capacidade de conservação de maçãs 'Galaxy' em armazenamento refrigerado por quatro meses mais sete dias de vida de prateleira a 15 °C. O experimento foi conduzido em pomar comercial, no município de Urupema - SC, durante a safra 2020/2021. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, sendo quatro tratamentos com três repetições. Os tratamentos foram aplicados via foliar em pré-colheita da seguinte forma: controle (sem aplicação); boro 3 g L⁻¹ (4 aplicações); boro 3 g L⁻¹ + etephon 300 mg L⁻¹ e etephon 300 mg L⁻¹. Foram determinados os atributos relacionados com a qualidade e conservação dos frutos na colheita (firmeza de polpa, índice de iodo amido, índice de Streif, sólidos solúveis, acidez titulável, cor de fundo e intensidade de cor vermelha da epiderme), sendo que esta foi realizada em duas etapas com intervalo de dez dias, e após o armazenamento (escurecimento de polpa, polpa farinácea, incidência de podridões, sólidos solúveis, firmeza de polpa, acidez titulável e taxa respiratória). A maturação dos frutos foi antecipada pela aplicação foliar de boro e etephon em pré-colheita, sem alterar a cor de fundo e a intensidade de cor vermelha da epiderme, e a redução da firmeza de polpa foi acelerada em função dos tratamentos com boro e etephon após o armazenamento refrigerado por quatro meses. Dessa forma, ambos os produtos confirmam-se como alternativas para o escalonamento da colheita, porém a comercialização dos frutos tratados e acondicionados em armazenamento refrigerado deve ser realizada anteriormente em virtude da redução de firmeza de polpa.

Palavras-chaves: ácido bórico; etileno; macieira.

ABSTRACT

FOLIAR BORON AND ETEPHON APPLICATION IN PRE-HARVEST IN RIPENING AND CONSERVATION OF 'GALAXY' APPLES UNDER COLD STORAGE

AUTHOR: Eliton Dines Ribeiro de Andrade

ADVISOR: Rogerio de Oliveira Anese

Boron (B) and ethephon have been used in pre-harvest foliar sprays to anticipate apple maturation, however some researchers report negative effects of these products on postharvest fruit conservation. In this context, the objective of the present study was to evaluate the effects of pre-harvest foliar application of boron and ethephon on the maturation and conservation capacity of 'Galaxy' apples in cold storage for four months plus seven days of shelf life at 15 °C. The experiment was carried out in a commercial orchard, in the municipality of Urupema-SC, during the 2020/2021 season. The experimental design used was randomized blocks, with four treatments with three replications. The treatments were applied pre-harvest foliar as follows: control (no application); 3 g L⁻¹ boron (4 applications); boron 3 g L⁻¹ + ethephon 300 mg L⁻¹ and ethephon 300 mg L⁻¹. The attributes related to the quality and conservation of the fruits at harvest were determined (flesh firmness, starch iodine index, Streif index, soluble solids, titratable acidity, background and red color intensity of the epidermis), which was carried out in two periods with an interval of ten days, and after storage (pulp browning, farinaceous pulp, incidence of rot, soluble solids, pulp firmness, titratable acidity and respiratory rate). Fruit maturation was anticipated by foliar application of boron and ethephon in pre-harvest, without changing the background color and red intensity of the epidermis, and the reduction in flesh firmness was accelerated as a function of treatments with boron and ethephon after cold storage for four months. In this way, both compounds are confirmed as alternatives for the staggering of the harvest, but the commercialization of treated fruits and placed in refrigerated storage must be carried out beforehand due to the reduction of pulp firmness.

Keywords: boric acid; ethylene; apple tree.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
2 MATERIAL E MÉTODOS	9
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	12
3.1 Características dos frutos no momento da colheita.....	12
3.2 Características dos frutos após quatro meses de armazenamento refrigerado...	17
4 CONCLUSÕES	21
REFERÊNCIAS	22

1 INTRODUÇÃO

A cadeia produtiva da maçã já tem um lugar de destaque na fruticultura nacional, com repercussão internacional, graças a um sistema produtivo moderno, com a oferta de frutas de grande aceitação e qualificação durante o ano todo (ANUÁRIO BRASILEIRO DA MAÇÃ; 2019). A qualidade e o potencial de armazenagem de maçãs podem ser influenciados pelo estágio de maturação dos frutos no momento da colheita e também por métodos de manejo das plantas (ARGENTA et al., 2013). Por ser um fruto climatérico a maçã, apresenta uma pronunciada elevação na taxa respiratória durante o amadurecimento, a qual é incitada pelo etileno (KLUGE, 1997). Maçãs do grupo 'Gala' possuem alta taxa metabólica comparadas a Cv. Fuji, sendo recomendado que os produtores empreguem medidas para evitar a maturação uniforme e desta forma possam escalonar a colheita dos frutos.

O escalonamento da colheita previne perdas de produção por queda pré-colheita e deterioração pós-colheita relacionada à colheita de frutas sobremaduras (SEZERINO, 2018). Com o escalonamento é possível ampliar o período da colheita, possibilitando otimizar a mão de obra disponível, considerando que esta é uma das etapas mais onerosas e que mais pesa no custo total de produção, especialmente pelo custo e dificuldade de contratação de mão-de-obra qualificada, além disso, escalonar o período de colheita proporciona maior flexibilidade de armazenamento e comercialização dos frutos. De acordo com Petri et al. (2016) antecipar a colheita mediante o adiantamento da maturação é uma excelente oportunidade para os produtores obterem melhor preço na comercialização de suas frutas, visto que durante a época de colheita há um aumento considerável da oferta de maçãs no mercado interno, ocasionando redução dos preços, principalmente no período de fevereiro a abril (BRDE, 2005).

Com esse objetivo, a aplicação pré-colheita de produtos que liberam etileno é uma prática que vem sendo adotada na fruticultura, sendo o ethephon o regulador de crescimento utilizado para essa finalidade. O etileno é o hormônio responsável pelo desencadeamento de vários processos bioquímicos e fisiológicos, que culminam com o amadurecimento de frutos climatéricos, como maçãs (LELIÈVRE et al., 1997). A aplicação de ethephon em macieiras pode aumentar o índice de cor vermelha nos frutos e permitir a antecipação da colheita (LOONEY, 2004). Macedo et al. (2015),

verificaram aumento na coloração dos frutos e maior índice de iodo-amido, sem interferências na firmeza de polpa e no teor de sólidos solúveis de maçãs 'Pink Lady' submetidas a aplicações de etephon em pré-colheita.

Entretanto o etephon pode induzir os demais atributos relacionados ao amadurecimento, como a redução da firmeza de polpa, redução da acidez, proporcionar a ocorrência de distúrbios fisiológicos e assim, reduzir a vida pós-colheita dos frutos (STEFFENS et al., 2006).

Resultados de pesquisa também demonstraram que aplicações foliares de boro podem acelerar a maturação de maçãs na planta (NACHTIGALL; CZERMAINSKI, 2014; BRACKMANN et al., 2016). O B é um nutriente essencial e age no desenvolvimento das plantas, atua na formação da parede celular e divisão celular (DECHEN et al., 1991), na alongação celular e no metabolismo e transporte de carboidratos, na organização e funcionamento de membranas (TANADA, 1983). Conforme Malavolta (2006), o processo de absorção de Boro ainda não é bem explicado, mas até agora o consenso que se tem é que o processo se dê por difusão através da plasmalema, sendo que o contato do elemento com as raízes ocorre por fluxo de massa.

De acordo com Brown e Shelp (1997), o movimento do boro se dá por corrente transpiratória via xilema, mas apresenta pouca mobilidade no floema, havendo redistribuição somente em algumas espécies. Este elemento foi considerado imóvel no floema nas plantas em geral, por muitos anos, entretanto, pesquisas recentes, demonstraram que esta afirmativa não deve ser generalizada, pois verificou-se que este micronutriente é móvel no tecido do floema em algumas espécies de plantas, tais como: macieira, ameixeira, cerejeira (BROWN; HU, 1998).

Nachtigall e Czermainski (2014) verificaram a antecipação da maturação dos frutos de macieiras submetidas a aplicações foliares de boro, mais acentuada na cultivar 'Gala' de sete a doze dias, enquanto que, para a cultivar 'Fuji', foi de três a cinco dias, antecipando assim a colheita. Brackmann et al. (2016) constataram maior síntese de etileno, aumento da taxa respiratória e redução da firmeza de polpa em maçãs 'Galaxy' tratadas com boro em pré-colheita.

No entanto a antecipação da maturação pode afetar tanto a qualidade, quanto a capacidade de conservação de maçãs (NACHTIGALL; CZERMAINSKI, 2014; BRACKMANN et al., 2016), porém os pomicultores da região da serra catarinense ainda dispõem de poucas informações técnicas a respeito desta possibilidade. De

acordo com Picchioni et al. (1995), como na cultura da macieira o boro apresenta translocação rápida, o aumento da concentração desse nutriente nos frutos pode influenciar negativamente a capacidade de conservação dos mesmos. Dessa forma, é importante averiguar o efeito da aplicação de ácido bórico e etephon em pré-colheita na maturação dos frutos, bem como seus efeitos na qualidade pós-colheita dos frutos.

Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da aplicação foliar de boro e etephon, isolados ou combinados, em pré-colheita sobre a maturação e capacidade de conservação de maçãs 'Galaxy' em armazenamento refrigerado por quatro meses mais sete dias de vida de prateleira.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no município de Urupema-SC durante a safra 2020/2021 em pomar comercial de maçãs (*Mallus domestica*) com seis anos de idade, cultivar Galaxy, porta-enxerto Marubakaido, com espaçamento de 5 x 2,5m conduzidas no sistema de líder central, cujo as coordenadas são 28°03'29.47"S e 49°54'16.11"W, 1.328m de altitude. O manejo do pomar, bem como tratamentos fitossanitários e adubações foram realizados conforme as recomendações técnicas para produção integrada de maçãs. O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, sendo quatro tratamentos com três repetições. Cada unidade experimental foi constituída por cinco plantas, distribuídas ao longo de uma fila de plantio, das quais somente as quatro primeiras foram utilizadas para as avaliações, sendo uma planta considerada como bordadura.

Os tratamentos constituíram-se em aplicações foliares de boro e etephon em pré-colheita, sendo: 1) controle (sem aplicação); 2) boro 3 g L⁻¹ (4 aplicações); 3) boro 3 g L⁻¹ + etephon 300 mg L⁻¹; 4) etephon 300 mg L⁻¹. Como fonte de ethephon, foi utilizado o produto Ethrel[®] contendo 24% de ingrediente ativo e como fonte do boro, o produto comercial utilizado foi o ácido bórico com 17% de concentração de boro. Os tratamentos foram realizados da seguinte forma: boro 3g L⁻¹ em quatro aplicações realizadas entre 40 e 10 dias antes da data prevista para a primeira colheita, sendo o número de pulverizações equidistantemente espaçado entre essas datas. Os demais tratamentos foram realizados 20 dias antes da data prevista para a primeira colheita.

A aplicação dos produtos nas macieiras foi realizada mecanicamente com atomizador costal motorizado Stihl SR-450 (pressão de trabalho de 40 psi). O volume de calda utilizado foi de 1.000 L ha⁻¹.

As colheitas foram realizadas em duas épocas, a primeira (em 01/02/2021) antecipada em aproximadamente dez dias, para avaliar a antecipação da maturação fisiológica dos frutos possivelmente ocasionada pela aplicação do boro e do ethephon, e a segunda (em 11/02/2021) no momento da maturação comercial dos frutos do tratamento controle, dez dias após a primeira. A previsão da data de colheita comercial foi realizada com base na data da plena floração e considerando que o ponto de colheita comercial de maçãs 'Gala' normalmente ocorre 117 dias após a plena floração (ARGENTA; MONDARDO, 1994). Em cada colheita, foram coletados 40 frutos aleatoriamente no decorrer de cada unidade experimental.

As variáveis analisadas em cada data de colheita foram: firmeza de polpa, índice de iodo amido, sólidos solúveis, acidez titulável, cor de fundo e intensidade de cor vermelha da epiderme e taxa respiratória. Foram amostrados ao acaso 20 frutos de cada unidade experimental em cada colheita para análise de cada variável, exceto taxa respiratória. As avaliações foram realizadas no mesmo dia de cada colheita. Na segunda colheita foram amostrados aleatoriamente mais 20 frutos de cada unidade experimental para avaliação da conservação dos frutos em armazenamento refrigerado, que teve início no mesmo dia da realização da colheita, durando quatro meses em temperatura de 1°C e UR de 94%.

As análises foram realizadas da seguinte forma: a) *Firmeza da polpa (lb)*: determinada com o auxílio de penetrômetro portátil manual, equipado com ponteira de 11 mm de diâmetro, em duas regiões opostas, na porção equatorial dos frutos, após remoção de uma fina camada da casca; b) *Índice iodo-amido*: foi determinado pela reação do amido com uma solução com 12g de iodo metálico e 24g de iodeto de potássio em 1L de água destilada. Após um corte na região equatorial dos frutos, foi aplicada a solução de iodo na superfície cortada da metade peduncular do fruto, a cor da qual foi comparada (reação do iodo com o amido) com a tabela de fotografias desenvolvida por STREIF (1984), onde o índice 01 indica o teor máximo de amido (fruto imaturo), e o índice 10 representa o amido totalmente hidrolisado (predominância de açúcares solúveis e fruto totalmente maduro); c) *Índice de Streif*: expresso pelo coeficiente $S = \frac{\text{Firmeza (kg/cm}^2\text{)}}{\text{Índice de regressão do amido (1 - 10).IR(}^\circ\text{Brix)}}$

$$S = \frac{\text{Firmeza (kg/cm}^2\text{)}}{\text{Índice de regressão do amido (1 - 10).IR(}^\circ\text{Brix)}}$$

d) *Teor de sólidos solúveis (SS)*: por refratometria, através da leitura direta com refratômetro digital de bancada Edutec modelo EQQ-9001. O aparelho foi calibrado com água destilada, em seguida o suco foi distribuído sobre o prisma, a leitura ocorreu diretamente em °Brix; e) *Acidez titulável*: foi determinada através de titulometria de neutralização com NaOH 0,1 mol L⁻¹ até pH 8,1 expressa em mEq 100 ml⁻¹, por meio de amostras compostas de suco contendo 10 mL, extraídas em centrífuga de alimentos; f) *Cor de fundo e intensidade de cor vermelha da epiderme*: foram determinadas em termos de valores de ângulo hue (h°), utilizando-se um colorímetro eletrônico Delta Color, 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; g) *Taxa Respiratória*: aproximadamente 1.000 g de frutos foram colocados em recipientes herméticos de 2.900 mL e ficaram armazenados assim por aproximadamente uma hora. A taxa respiratória foi obtida considerando o peso dos frutos, a densidade, o volume de ar dentro do recipiente e pelo tempo fechamento hermético. Posteriormente, a taxa respiratória foi determinada pela quantificação da produção de CO₂ no interior do recipiente, através de um analisador eletrônico Félix, modelo F-920. Os resultados foram expressos em ug CO₂ kg⁻¹ h⁻¹.

Para avaliação da conservação dos frutos na pós-colheita as variáveis analisadas foram: escurecimento de polpa, polpa farinácea, incidência de podridões, sólidos solúveis, firmeza de polpa, acidez titulável e taxa respiratória, sendo que os frutos permaneceram em armazenamento refrigerado na temperatura de 1°C e UR de 94%, durante quatro meses mais sete dias de vida de prateleira a 15 °C. Para as variáveis que foram analisadas nas colheitas e repetidas após o armazenamento utilizou-se a mesma metodologia descrita anteriormente, sendo que sólidos solúveis, firmeza de polpa, e acidez titulável foram avaliadas transcorridos sete dias de vida de prateleira a 15 °C após a saída do armazenamento refrigerado, e a taxa respiratória foi avaliada na saída do armazenamento e após os sete dias. Para as demais procedeu-se da seguinte maneira: a) *Escurecimento de polpa e Polpa Farinácea*: avaliadas por meio da contagem dos frutos que apresentavam sintomas visuais de escurecimento de polpa e aspecto farináceo, após sete dias de vida de prateleira. b) *Incidência de Podridões*: avaliada pela contagem dos frutos que

apresentavam lesões apodrecidas (>5mm de diâmetro), avaliada na saída da câmara e após os sete dias de vida prateleira.

Os resultados foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk, utilizando-se o software Sisvar. Quando detectado anormalidade, foram transformados pela fórmula $\text{arc.sen}(\text{raiz}(x+0,5)/100)$. Uma análise de variância (ANOVA) foi realizada para cada característica avaliada, sendo que posteriormente as médias com significância foram submetidas ao teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Características dos frutos no momento da colheita

Não houve diferenças estatísticas entre os tratamentos para as variáveis cor de fundo e intensidade de cor vermelha da epiderme (Tabela 1). Esses resultados discordam de Ernani et al. (2010) e Nachtigall e Czermainski (2014) que verificaram aumento da intensidade de cor vermelha com aplicação de boro algumas semanas antes da colheita, e corroboram com Macedo et al. (2016) que também não observou mudanças na coloração de maçãs 'Pink Lady' com aplicações de ácido bórico em pré colheita. Fortes (1984) e Vargas et al. (2019) também não observaram efeito do ethephon sobre a coloração de maçãs, embora, este tenha sido efetivo na antecipação da maturação dos frutos. Conforme Monselise (1974), o efeito do ethephon sobre a cor vermelha da maçã está relacionado à liberação de etileno pelo produto, sendo seu efeito maior em cultivares precoces. Segundo Turnbull et al. (1999), a absorção de etefon pelos tecidos vegetais é influenciada pela temperatura, umidade relativa e pH da superfície na qual as gotículas são depositadas.

A formação de cor vermelha na epiderme de maçãs depende de uma complexa relação entre fatores genéticos e ambientais, além dos manejos realizados (MUSACCHI; SERRA, 2018). Quando algum fator está ausente, a síntese de antocianinas não acontece, por exemplo, se as condições climáticas não forem favoráveis, a aplicação de ethephon acelerará a maturação fisiológica sem o desenvolvimento de antocianinas (WANG; DILLEY, 2001). A luz é o fator ambiental mais importante que afeta o desenvolvimento da cor vermelha nas maçãs, sendo

responsável por regular a expressão dos genes das principais enzimas envolvidas na biossíntese de antocianinas (SAURE, 1990; UBI, 2004).

Observou-se que houve antecipação da maturação, avaliada através do teste iodo-amido, com a aplicação foliar de boro e etephon (Tabela 1). Essa influência na maturação dos frutos foi mais acentuada na primeira colheita e na média das duas colheitas, onde todos os tratamentos diferiram estatisticamente do tratamento controle, mas não diferiram entre si. Nachtigall e Czermainski (2014) também observaram aumento do índice iodo-amido e a antecipação da maturação de maçãs 'Gala' e 'Fuji' tratadas em pré-colheita com boro. Sá et al. (2014) constataram 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'. Fernandes et al. (2018), também verificaram aumento do índice de iodo-amido em maçãs 'Maxi Gala' tratadas com etephon em pré-colheita. De acordo com Wang & Dilley (2001), a degradação do amido é consequência direta da indução causada pelo etileno.

Valores de índices físico-químicos ou fisiológicos para o ponto ideal de colheita de maçãs podem variar em função de condições climáticas entre regiões e safras, além das variações de solo e métodos de cultivo entre os pomares (ARGENTA, 2006). Embora existam vários métodos, nenhum teste único provou ser adequado isoladamente para avaliar a fisiologia e maturidade dos frutos, deve-se ponderar sempre mais de um método para avaliar a maturação e assim obter resultados mais confiáveis e expressivos (DELONG et al., 1999). Por isso, o Índice Streif também tem sido utilizado para estimar o ponto ideal de colheita de maçãs, resultando da ponderação dos valores de firmeza da polpa, índice de degradação do amido e teor de sólidos solúveis (DELONG et al., 1999).

Segundo Alexandre (2001) este índice, permite avaliar mais corretamente o estágio de maturação do fruto visto esses três parâmetros serem aqueles que mais drasticamente variam durante o período de maturação. Os valores do índice Streif apresentam redução proporcional ao avanço da maturação e amadurecimento dos frutos. Os resultados do índice Streif avaliados neste estudo demonstram que houve antecipação da maturação com a aplicação foliar de boro e etephon. Na primeira colheita todos os tratamentos diferiram estatisticamente do tratamento controle. Já na segunda colheita e na média de ambas, o mesmo comportamento foi observado, sendo que todos os tratamentos diferiram estatisticamente do tratamento controle, os tratamentos com boro e a combinação de boro e etephon não diferiram entre si,

diferindo dos demais, o tratamento com etephon foi o que apresentou redução mais significativa do índice Streif, demonstrando dessa forma maior antecipação na maturação dos frutos.

Tabela 1 - Coloração da epiderme (lado vermelho e cor de fundo) e índice de amido de maçãs 'Galaxy' após a colheita em função dos tratamentos com Boro e Etephon em pré-colheita.

Tratamento	1ª colheita	2ª colheita	Média
Coloração da epiderme¹ - lado vermelho (h°)			
1) controle	22,86 ^{ns}	25,73 ^{ns}	24,30 ^{ns}
2) boro 3 g L ⁻¹ (4 x)	24,06	26,94	25,50
3) boro 3 g L ⁻¹ + etephon 300 mg L ⁻¹	23,10	24,98	24,04
4) etephon 300 mg L ⁻¹	24,00	28,58	26,09
C.V. (%)	4,05	9,19	6,93
Coloração da epiderme¹ - cor de fundo (h°)			
1) controle	58,55 ^{ns}	78,18 ^{ns}	68,37 ^{ns}
2) boro 3 g L ⁻¹ (4 x)	63,70	71,36	67,53
3) boro 3 g L ⁻¹ + etephon 300 mg L ⁻¹	61,63	68,80	65,22
4) etephon 300 mg L ⁻¹	68,43	73,78	71,11
C.V. (%)	9,22	7,62	9,03
Índice iodo-amido² (1-10)			
1) controle	3,80 a	4,80 a	4,30 a
2) boro 3 g L ⁻¹ (4 x)	5,83 b	6,30 ab	6,06 b
3) boro 3 g L ⁻¹ + etephon 300 mg L ⁻¹	6,36 b	6,43 ab	6,40 b
4) etephon 300 mg L ⁻¹	6,10 b	7,63 b	6,86 b
C.V. (%)	4,44	13,21	5,2
Índice Streif			
1) controle	0,192 a	0,153 a	0,171 a
2) boro 3 g L ⁻¹ (4 x)	0,105 b	0,100 b	0,102 b
3) boro 3 g L ⁻¹ + etephon 300 mg L ⁻¹	0,097 b	0,095 b	0,096 b
4) etephon 300 mg L ⁻¹	0,104 b	0,077 c	0,089 c
C.V. (%)	0	0	0

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade de erro. ¹ = escala de 0° a 180°, onde 0° = vermelho, 90° = amarelo e 180° = verde. ² = escala de 1 a 10, onde 1 representa o teor máximo de amido e 10 indica o amido totalmente hidrolisado. ns = não significativo (p>0,05).

A acidez titulável não apresentou diferença estatística entre os tratamentos na primeira colheita (Tabela 2). Waclawovsky (2001) também não verificou efeito do

etephon sobre a acidez titulável da maçã 'Gala'. Na segunda colheita todos os tratamentos diferiram estatisticamente do tratamento controle e considerando a média das duas colheitas os tratamentos com boro e o tratamento de boro associado ao etephon foram mais eficientes na antecipação da maturação em relação ao tratamento de etephon, pois diferiram estatisticamente do tratamento controle. Nunes (2016) observou redução quadrática na acidez de maçãs 'Galaxy' tratadas com aplicações foliares de boro na safra 2014. O tratamento com etephon não apresentou diferença estatística em relação ao tratamento controle e aos demais na redução da acidez titulável.

Tabela 2 - Características físico-químicas de maçãs 'Galaxy' após a colheita em função dos tratamentos com Boro e Ethepon em pré-colheita.

Tratamento	1ª colheita	2ª colheita	Média
Acidez titulável - mEq 100 mL⁻¹			
1) controle	5,83 ^{ns}	5,56 a	5,70 a
2) boro 3 g L ⁻¹ (4 x)	4,86	4,50 b	4,68 b
3) boro 3 g L ⁻¹ + etephon 300 mg L ⁻¹	5,06	4,50 b	4,78 b
4) etephon 300 mg L ⁻¹	5,30	4,63 b	4,96 ab
C.V. (%)	11,44	6,85	9,01
Teor de sólidos solúveis (SS) ° Brix			
1) controle	10,60 ^{ns}	10,86 a	10,73 a
2) boro 3 g L ⁻¹ (4 x)	11,48	11,40 ab	11,44 b
3) boro 3 g L ⁻¹ + etephon 300 mg L ⁻¹	11,40	11,53 bc	11,46 b
4) etephon 300 mg L ⁻¹	11,26	12,13 c	11,70 b
C.V. (%)	5,25	1,93	3,77
Firmeza de polpa (lb)			
1) controle	17,06 a	17,63 ^{ns}	17,35 a
2) boro 3 g L ⁻¹ (4 x)	15,43 b	15,80	15,61 b
3) boro 3 g L ⁻¹ + etephon 300 mg L ⁻¹	15,53 b	15,56	15,55 b
4) etephon 300 mg L ⁻¹	15,80 b	15,73	15,76 b
C.V. (%)	1,57	5,99	3,9
Taxa respiratória (mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹)			
1) controle	11,17 ^{ns}	6,94 ^{ns}	9,05 ^{ns}
2) boro 3 g L ⁻¹ (4 x)	12,25	7,48	9,87
3) boro 3 g L ⁻¹ + etephon 300 mg L ⁻¹	11,56	7,61	9,58
4) etephon 300 mg L ⁻¹	11,81	8,03	9,92
C.V. (%)	4,47	7,95	9,00

* Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade de erro. ns = não significativo ($p > 0,05$).

Na primeira colheita o teor de sólidos solúveis não apresentou diferenças estatísticas entre os tratamentos (Tabela 2). Macedo et al. (2016) e Magrin et al. (2016) também não verificaram efeito do ácido bórico aplicado em pré-colheita sobre os sólidos solúveis de maçãs 'Pink Lady'.

Observou-se na segunda colheita aumento do teor de sólidos solúveis com as aplicações de boro e etephon (Tabela 2), o tratamento com etephon foi o que apresentou maior teor de sólidos solúveis, porém não diferiu do tratamento combinado de boro e etephon. O ethephon libera etileno no fruto e acelera sua maturação, desta maneira, maçãs tratadas com ethephon apresentam maior teor de açúcares (LI et al., 2017; PESTEANU, 2017).

O tratamento com boro não apresentou diferenças entre o tratamento controle e o tratamento combinado. Na média das duas colheitas todos os tratamentos diferiram estatisticamente em relação ao tratamento controle e não diferiram entre si. Esses resultados corroboram com os resultados encontrados por Drösemeyer et al. (2018) que observaram aumento do teor de sólidos solúveis de maçãs cv. Imperial Gala com aplicações de ácido bórico em pré-colheita.

Nachtigall e Czermainski (2014) também constataram aumento de sólidos solúveis e a antecipação da maturação de maçãs 'Gala' tratadas em pré-colheita com boro. Também foi verificado aumento no teor de sólidos solúveis em maçãs 'Maxi Gala' tratadas com etephon conforme Fernandes et al. (2018). Whale et al. (2005) também observaram este mesmo resultado sobre a cultivar 'Cripps Pink' tratada em pré-colheita com ethephon.

Todos os tratamentos apresentaram redução de firmeza de polpa comparados ao tratamento controle na primeira colheita (Tabela 2). Na segunda colheita não houve diferenças estatísticas entre os tratamentos. Macedo et al. (2016) e Magrin et al. (2016) também não observaram redução na firmeza de polpa de maçãs 'Pink Ladie' tratadas com ácido bórico em pré colheita.

Na média das duas colheitas todos os tratamentos diferiram estatisticamente em relação ao tratamento controle e não diferiram entre si. Esses resultados concordam com os obtidos por Brighenti et al. (2017) que também verificaram que maçãs 'Gala' tratadas com ethephon apresentaram valores mais baixos para firmeza de polpa, quando comparadas ao tratamento controle.

De acordo com os resultados de Johnston et al. (2001) e Majumder & Mazumdar (2002), a presença de etileno é necessária para a atividade das enzimas

responsáveis pela redução de firmeza de polpa. Wang & Dilley (2001) também observaram maior perda de firmeza de polpa com o tratamento de etephon em maçãs. Drösemeyer et al. (2018) também observaram redução de firmeza de polpa em maçãs cv. Imperial Gala com aplicações de ácido bórico em pré-colheita. Brackmann et al. (2016) também constataram tal comportamento na firmeza de polpa e a antecipação da maturação de maçãs 'Galaxy' tratadas com boro em pré-colheita.

As aplicações de Boro e etephon resultaram na redução da firmeza de polpa dos frutos na média das duas colheitas em todos os tratamentos, sendo essa uma das variáveis mais importantes para o armazenamento de frutos. Indicando assim possível redução no potencial de armazenamento de frutos que receberam aplicação foliar desses produtos. As aplicações de boro podem acelerar o metabolismo dos frutos, aumentando a produção de etileno, antecipando assim a maturação e ocasionando dessa forma a redução da firmeza de polpa. Conforme Payasi et al. (2009) a produção de etileno ativa enzimas que degradam a parede celular, diminuem a firmeza da polpa e aumentam a farinosidade dos frutos. Contudo esse efeito pode ser variável, conforme as condições climáticas de cada safra.

A taxa respiratória dos frutos por ocasião da colheita, não foi afetada por qualquer dos tratamentos aplicados (Tabela 2). A respiração é um processo complexo e sensível a vários fatores. Além da temperatura que regula a velocidade das reações, a respiração depende da disponibilidade de fósforo (KNOWLES et al., 2001) e do teor de água na planta ou no órgão (CASTELÓ et al., 2006). A concentração relativa de O₂ e CO₂ na atmosfera afeta as taxas de respiração desses vegetais (ANGÓS et al., 2008) e a atividade da PPO (polifenoloxidase) (EAST et al., 2009). De acordo com Steffens (2003) é possível observar atividade respiratória semelhante entre frutos de diferentes estádios de maturação.

3.2 Características dos frutos após quatro meses de armazenamento refrigerado

Com exceção da firmeza de polpa, os parâmetros físico-químicos dos frutos não apresentaram diferenças estatísticas com as aplicações de boro e etephon, após o armazenamento refrigerado por quatro meses, os distúrbios fisiológicos de pós-colheita, polpa farinácea e escurecimento de polpa também não apresentaram

resultados significativos após o armazenamento (Tabela 3).

Tabela 3 - Teor de sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), firmeza de polpa (FP), escurecimento de polpa (EP) e polpa farinácea (PF) de maçãs 'Galaxy' após 4 meses de armazenamento refrigerado, mais sete dias de vida útil a 15 °C, em função dos tratamentos com Boro e Etephon em pré-colheita.

Tratamento	SS (°Brix)	AT (mEq 100 mL ⁻¹)	FP (lb)	EP (%)	PF (%)
1) controle	11,83 ^{ns}	3,9 ^{ns}	11,38 a	0 ^{ns}	0 ^{ns}
2) boro 3 g L ⁻¹ (4 x)	11,83	4,0	10,14 b	1,07	1,07
3) boro 3 g L ⁻¹ + etephon 300 mg L ⁻¹	11,53	3,56	10,58 ab	0	2,22
4) etephon 300 mg L ⁻¹	11,53	3,56	10,43 b	0	0
C.V. (%)	4,8	3,59	2,78	43,6	73,7

* Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade de erro. ns = não significativo ($p > 0,05$).

Não houve também interação entre tratamento e dias após a armazenagem (dados não apresentados). A redução da firmeza de polpa foi antecipada pelos tratamentos, ficando próximo ao limite mínimo de comercialização estabelecido pela Instrução Normativa nº 5/2006 do MAPA que é de 9 lb para cultivar Gala e suas mutações. Dessa forma percebe-se que os frutos tratados com estes produtos, acondicionados em armazenamento refrigerado devem ser comercializados antecipadamente.

O tratamento com boro foi o que ocasionou maior redução de firmeza de polpa após o armazenamento, seguido pelo tratamento com etephon. O Tratamento combinado dos dois produtos não diferiu estatisticamente do tratamento controle e dos demais tratamentos. Esses resultados corroboram com os obtidos por Nunes (2016), que verificou tanto em avaliações realizadas após 2 meses de armazenamento como após 4 meses, que o aumento do número de pulverizações com B ocasionou redução linear da força para penetração de polpa e da firmeza de polpa em maçãs 'Galaxy'. De acordo com Picchioni et al. (1995), como na cultura da macieira o boro apresenta translocação rápida, o aumento da concentração desse nutriente nos frutos pode influenciar negativamente a capacidade de conservação dos mesmos, conforme foi observado no presente trabalho.

Singh; Shafiq (2008) não observaram diferenças entre os tratamentos com etephon quando comparados com o controle, sobre a firmeza de polpa, em frutos armazenados 190 dias em atmosfera controlada, diferindo dessa forma com os

resultados obtidos neste estudo. Segundo Chitarra; Chitarra (2005), o efeito potencial do ethephon sobre um determinado processo fisiológico depende de vários fatores, incluindo a concentração endógena de etileno, o estágio fisiológico do vegetal e a temperatura. Os resultados encontrados neste estudo também discordam com os resultados de Whale et al. (2008), que avaliou a aplicação de ethephon na qualidade de maçãs 'Cripps Pink', onde os valores de firmeza de polpa não diferiram dos frutos controle após o armazenamento em atmosfera controlada.

Segundo Lelièvre et al. (1997) maçãs do grupo 'Gala', em função de sua elevada taxa respiratória e alta produção de etileno, apresentam rápida perda de firmeza da polpa, redução da acidez titulável e amarelecimento da cor de fundo da epiderme durante o armazenamento e o período de comercialização. A aplicação exógena de etileno pode ocasionar uma aceleração destes processos. Dessa forma, fica evidenciado que ao aplicar boro e/ou ethephon com a intenção de antecipar a colheita, a área que foi pulverizada com estes produtos deve ser colhida antes das demais, pois o atraso na data de colheita resulta em rápida evolução do amadurecimento dos frutos (KADER, 2002) e dessa forma eles reduzem a capacidade de armazenamento.

A taxa respiratória e a incidência de podridões não diferiram estatisticamente com as aplicações de boro e ethephon, após o armazenamento refrigerado por quatro meses (Tabela 4). Segundo Sezerino (2018), as podridões pós-colheita podem ser causadas por infecções em ferimentos e lesões gerados durante a colheita e manuseio dos frutos ou por infecções quiescentes, contaminando os frutos ainda no campo, porém os sintomas se desenvolverão somente após o armazenamento. A aplicação exógena de etileno pode ocasionar aceleração destes sintomas, potencializando a velocidade de desenvolvimento das infecções.

Tabela 4 - Taxa respiratória (TR) e incidência de podridões (IP) de maçãs 'Galaxy' após 4 meses de armazenamento refrigerado, avaliadas na saída da câmara (SC) e após sete dias de vida útil a 15 °C (7 DVU), em função dos tratamentos com Boro e Etephon em pré-colheita.

Tratamento	TR - SC (mLCO ₂ kg ⁻¹ h ⁻¹)	TR - 7 DVU (mL CO ₂ kg ⁻¹ h ⁻¹)	IP - SC (%)	IP - 7 DVU (%)
1) controle	5,93 ^{ns}	8,37 ^{ns}	1,04 ^{ns}	1,04 ^{ns}
2) boro 3 g L ⁻¹ (4 x)	6,05	8,98	1,04	1,04
3) boro 3 g L ⁻¹ + etephon 300 mg L ⁻¹	5,96	9,09	1,04	1,04
4) etephon 300 mg L ⁻¹	6,52	9,28	2,08	2,08
C.V. (%)	7,48	6,8	64,03	64,03

* Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade de erro. ns = não significativo (p>0,05).

Quanto ao dano real que as podridões pós-colheita ocasionam em maçãs, trabalhos têm relatado perdas de até 35% por podridões desenvolvidas durante a armazenagem no Brasil (SANHUEZA, 2004), entretanto, trabalhos científicos que mostram as perdas econômicas ainda são escassos. O índice de podridões encontrado nesta pesquisa foi baixo, 1,3% na média dos tratamentos, não apresentando evoluções após sete dias de vida de prateleira. Essa diferença entre anos e pomares pode estar relacionado ao curto período de armazenagem, às condições climáticas da safra, ao manejo do pomar e aos demais tratamentos fitossanitários realizados para o controle de doenças.

Maçãs colhidas em estágio de maturação mais avançado, podem apresentar maior contaminação por fungos, além de apresentarem maior metabolismo e síntese de etileno que maçãs colhidas em estágio adequado de maturação. O armazenamento refrigerado em temperatura reduzida proporciona a redução das atividades metabólicas, como a taxa respiratória e a síntese e ação do hormônio etileno, principal responsável pela maturação e senescência dos frutos. Consequentemente, a redução da temperatura reduz também o crescimento e desenvolvimento de fungos patogênicos causadores de podridões, retardando assim a deterioração dos mesmos.

A incidência de podridões está diretamente correlacionada ao tempo de armazenagem, como o armazenamento refrigerado por quatro meses é considerado um período relativamente curto para maçãs, isto pode explicar os baixos índices de podridões demonstrados na Tabela 4, mesmo os frutos estando expostos a aplicações de boro e etephon em pré-colheita. Magrin et al. (2016), também não

observaram aumento de incidência de podridões em maçãs 'Pink Lady' tratadas em pré-colheita com ácido bórico e etephon, armazenadas em atmosfera controlada por dois meses. A taxa de deterioração (perecibilidade) de produtos após a colheita é geralmente proporcional a sua taxa respiratória. A respiração e o amadurecimento podem ser retardados pela redução da temperatura, quantidade de oxigênio, etileno e aumento da quantidade de CO₂ (VIEIRA, 2019). A taxa respiratória determina a quantidade de oxigênio que deve ser disponível por unidade de tempo. Uma taxa elevada reduz a vida de armazenamento dos produtos. Frutos colhidos na maturidade ideal respiram menos em relação aos colhidos precocemente.

Brackmann et al. (2016) relataram maiores taxas respiratórias, bem como maior incidência de podridões em maçãs 'Galaxy' tratadas em pré-colheita com boro e armazenadas por oito meses em atmosfera controlada, divergindo dos resultados apresentados na tabela 4. Dessa forma é possível observar que o tempo, ano de cultivar, condições do pomar e a forma de armazenagem podem influenciar diretamente na taxa respiratória e na incidência de podridões de maçãs tratadas com boro em pré-colheita.

4 CONCLUSÕES

1. A maturação de maçã 'Galaxy' cultivada em Urupema-SC, foi antecipada pela aplicação de boro e etephon, evidenciada principalmente pela firmeza de polpa, sem alterações da coloração vermelha e cor de fundo da epiderme dos frutos, sendo ambos os produtos uma alternativa viável no manejo e escalonamento da colheita em pomares de maçã.
2. A taxa respiratória e a coloração dos frutos, não foram afetadas pelos tratamentos com boro e etephon.
3. A redução da firmeza de polpa foi acelerada em função dos tratamentos com boro e etephon, após o armazenamento refrigerado por quatro meses, ficando próximo ao limite mínimo de comercialização.
4. Aplicações foliares de boro e etephon possibilitam o escalonamento da colheita, no entanto, novas pesquisas ainda são necessárias para avaliarem-se os efeitos da aplicação desses produtos em diferentes épocas e dosagens e em outras cultivares e regiões climáticas.

REFERÊNCIAS

- ALEXANDRE, J., (2001). Colheita da pera 'Rocha'. In: Alexandre, J., Silva, A., Soares, J., (Eds.), **O Livro da pera 'Rocha'**. Associação Nacional de Produtores de Pera 'Rocha'.
- ANGÓS, I.; VÍRSEDA, P.; FERNÁNDEZ, T. Control of respiration and color modification on minimally processed potatoes by means of low and high O₂/CO₂ atmospheres. *Postharvest Biology and Technology*, Amsterdam, v. 48, p. 422-430, 2008.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DA MAÇÃ 2019 / Benno Bernardo Kist... [et al.]. – Santa Cruz do Sul : Editora Gazeta Santa Cruz, 2019. 56 p. : il
- ARGENTA, L.C. et al. **Estádio de maturação para o período ideal de colheita de maçãs 'Daiane' destinadas à armazenagem**. *Revista Brasileira de Fruticultura*. 35 (4): 2013.
- ARGENTA, L. C. Fisiologia pós-colheita: maturação, colheita e armazenagem dos frutos. In: EPAGRI. **A cultura da macieira**. Florianópolis: EPAGRI, 2 ed., p. 691-732, 2006.
- ARGENTA, L.C.; MONDARDO, M. Maturação na colheita e qualidade de maçãs 'Gala' após a armazenagem. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, São Carlos, v.6, n.2, p.135-140, 1994.
- BANCO REGIONAL DE DESENVOLVIMENTO DO EXTREMO SUL. Agência de Porto Alegre. Superintendência de Planejamento. **Cadeia produtiva da maçã: produção, armazenagem, comercialização, industrialização e financiamentos do BRDE na região sul do Brasil**. Porto Alegre: BRDE, 2005. 65 p.
- BRACKMANN, A.; THEWES, F.R.; ANESE, R.O.; Linke, W. **Preharvest boron application and its relation with the quality of 'Galaxy' apples after harvest and controlled atmosphere storage**. *Ciência Rural*. 2016; 46: 585-589.
- BRIGHENTI, A. F. et al. **Plant growth regulators to enhance fruit color of 'Gala' apples**. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília , v. 52, n. 11, p. 1118-1122, Nov. 2017. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100204X2017001101118&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 27 Jun. 2021.
- BROWN, P. H.; HU, H. **Manejo do boro de acordo com sua mobilidade nas diferentes culturas**. Piracicaba POTAFOS. 1998. 4 p. (POTAFOS, Informações Agrônômicas, 84).
- BROWN, P. H.; SHELP, J. B. **Boron mobility in plants**. *Plant and Soil*, v.193, p. 85-101, 1997.

CASTELLÓ, M. L.; FITO, P. J.; CHIRALT, A. Effect of osmotic dehydration and vacuum impregnation on respiration rate of cut strawberries. *LWT - Food Science and Technology*, London, v. 39, p. 1171-1179, 2006.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A.B. Pós-colheita de frutos e hortaliças. Lavras, MG: Escola Superior de Agricultura de Lavras - FAEPE, 2005.

DECHEN, A. R.; HAAG, H. P.; CARMELLO, Q. A. de C. **Funções dos micronutrientes nas plantas**. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. (Ed.). *Micronutrientes na Agricultura*. Piracicaba: POTAFOS/CNPq, 1991. p. 65-97.

DELONG, J.M., PRANGE, R.K., HARRISON, P.A. (1999). **Using the Streif Index as a Final Harvest Window for Controlled-atmosphere Storage of Apples**. *HortScience* 34 (7): 1251-1255.

DRÖSEMAYER, G. K. et al. **Escalonamento da colheita utilizando ácido bórico como antecipador na maturação em maçãs**. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA; 2018, Lages.

EAST, A. R.; TREJO ARAYA, X. I.; HERTOOG, M. L. A. T. M.; NICHOLSON, S. E.; MAWSON, A. J. The effect of controlled atmospheres on respiration and rate of quality change in 'Unique' feijoa fruit. *Postharvest Biology and Technology*, Amsterdam, v. 53, p. 66–71, 2009.

ERNANI, P. R.; MORO, L.; MECABO JR, J.; LOURENÇO, K. S.; SA, A. A.; STEFFENS, C. A.; AMARANTE, C. V. T. Pulverizações com boro em pré-colheita antecipam o amadurecimento de maçãs. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 21., 2010, Natal. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2010. 1 CD-ROM.

FERNADES, R. C. et al. **Diferentes doses de ethephon para indução de cor vermelha e maturação de maçãs 'Maxi Gala'**. In: SIMPÓSIO DE INTEGRAÇÃO DA PÓS-GRADUAÇÃO, CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO; 2018, Lages.

FORTES, G.R. de L. Avaliação da coloração vermelha e antecipação da colheita dos frutos de macieira (*Malus domestica*, Bork.) cv. Fuji com o emprego de ethephon. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 7, 1983, Florianópolis, **Anais...**, Florianópolis:SBF/EMPASC, v.3, 1984. p.741-748.

JOHNSTON, J.W. et al. Temperature induces differential softening responses in apple cultivars. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.23, n.3, p.185-196, 2001.

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).

KLUGE, R. A. NACHTIGAL, J.C.; FACHINELLO, J.C.; BILHALVA, A. B. **Fisiologia e manejo pós-colheita de frutas de clima temperado**. Pelotas: Editora UFPEL, 24p,26p. 1997

KNOWLES, L.; TRIMBLE, M. R.; KNOWLES, N. R. Phosphorus status affects postharvest respiration, membrane permeability and lipid chemistry of European seedless cucumber fruit (*Cucumis sativus* L.). *Postharvest Biology and Technology*, Amsterdam, v. 21, p. 179-188, 2001.

LELIÈVRE, J.M. et al. Ethylene and fruit ripening. *Physiologia Plantarum*, Copenhagen, v.101, p.727-739, 1997.

LI, F.; MIN, D.; SONG, B.; SHAO, S.; ZHANG, X. Ethylene effects on apple fruit cuticular wax composition and content during cold storage. *Postharvest Biology and Technology*, v. 134, p. 98-105, 2017.

LOONEY, N. Plant growth regulators will still be needed. *Good Fruit Grower*, v. 55, p. 14-15, 2004.

MACEDO, C. K. B. et al. **Uso de ácido bórico para aumento da coloração da epiderme de maçãs 'Pink Lady'**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 24., 2016, São Luís.

MACEDO, C. K. B. et al. **Antecipação da colheita de maçãs 'Pink Lady' pelo uso de etefom e óleo mineral**. In: ENCONTRO NACIONAL DE FRUTICULTURA DE CLIMA TEMPERADO, 14., 2015, Fraiburgo.

MAGRIN, F.P. et al. **Aplicação pré-colheita de ácido bórico em maçãs 'Pink Lady' e suas implicações na pós-colheita dos frutos**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 24., 2016, São Luís.

MAJUMDER, K.; MAZUMDAR, B.C. Changes of pectic substances in developing fruits of cape-gooseberry (*Physalis peruviana* L.) in relation to the enzyme activity and evolution of ethylene. *Scientia Horticulturae*, Amsterdam, v.96, n.1-4, p.91-101, 2002.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2006. 638 p.

MONSELISE, S.P. A comparative evaluation of the effects of applied regulators and other factors on maturation and ripening of orange and apple fruits. In: **FACTEURS ET RÉGULATION DE LA MATURATION DES FRUITS**, 1974, Paris: Colloques Internationaux du Centre National de la Recherche Scientifique, n.238, 1975. p.97-104.

MUSACCHI, S.; SERRA, S. Apple fruit quality: Overview on pre-harvest factors. *Scientia Horticulturae*, v. 234, p. 409-430, 2018.

NACHTIGALL, G. R.; CZERMAINSKI, A. B. C.; BRACKMANN et al., 2016. **Efeito da aplicação de boro via foliar na qualidade e na colheita de frutos de macieira**. Comunicado Técnico, 164. ISSN 1516-8093, outubro, 2014, Bento Gonçalves, RS.

NUNES, A. A. S. **Aplicação foliar de boro: antecipação da colheita e conservação de maçãs 'Galaxy' e 'Pink Lady'**. Lages – 2016. 93 p.

PESTEANU, A. Effects of ethephon application on color development of 'Gala Must' apples. **Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Horticulture**, v. 74, n. 1, p. 26, 2017.

PETRI, J.L.; HAVERROTH, F.J.; LEITE, G.B.; SEZERINO, A.A.; COUTO, M. **Reguladores de crescimento para frutíferas de clima temperado**. Florianópolis: Epagri, 2016, 141p.

PICCHIONI, G. A., WEINBAUM, S. A.; BROWN, P.H. Retention and the kinetics of uptake and export of foliage-applied, labeled boron by apple, pear, prune and sweet cherry leaves. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 120, p. 28-35, 1995.

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.

SANHUEZA, R.M.V. Podridões de maçãs frigorificadas. In: GIRARDI CL (Ed.). **Frutas do Brasil, Maçã: pós-colheita**. Brasília DF. Embrapa Informação Tecnológica. pp. 35-44, 2004.

SAURE, M.C. **External control of anthocyanin formation in apple**. Scientia Horticulturae, v. 42, n. 3, p. 181-218, 1990

SEZERINO, A. A (Org.). **Sistema de produção para a cultura da macieira em Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, 2018. 136p. (Epagri. Sistema de Produção, 50).

SINGH, Z.; SHAFIQ, M. Training systems and pre-harvest ethrel application affect fruit colour development and quality of 'Pink Lady™' apple at harvest and uncontrolled atmosphere storage. Acta Hort. 774, ISHS 2008.

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

STEFFENS, C. A. **Maturação 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.

STREIF, J. Jod-Stärke-Test zur Beurteilung der Fruchtreife bei Äpfeln. **Obst und Garten**, Stuttgart, n.8, 1984.

TANADA, T. **Localization of boron in membranes**. Journal of Plant Nutrition. v.6, p.743-749, 1983.

TURNBULL,C.G., SINCLAIR,E.R., ANDERSON,K.L., NISSEN,R.J., SHORTER,A.J., AND LANHAM,T.E. **Routes of etefon uptake in pineapple (*Ananas comosus*) and reasons for failure of flower induction.** J.Plant Growth Regul. 18, 145–152. doi:10.1007/PL00007062. 1999.

UBI, B.E. **External stimulation of anthocyanin biosynthesis in apple fruit.** *Journal of Food Agriculture and Environment*, v. 2, n. 2, p. 65-70, 2004.

WACLAWOVSKY, A.J. **Controle da maturação de maçãs (*Malus domestica* Borkh.) cv. Gala, com aplicação précolheita de aminoetoxivinilglicina (AVG).** 2001. 134f. Dissertação (Mestre em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.

WANG, Z.; DILLEY, D.R. Aminoethoxyvinylglycine, combined with ethephon, can enhance red color development without over-ripening apples. *HortScience*, v. 36, n.2, p. 328-331, 2001.

VARGAS, M. B. et al. **Antecipação de colheita e coloração de maçãs ‘Cripps Pink’ em resposta ao uso de reguladores de crescimento e bioestimulantes.** In: ENCONTRO NACIONAL DE FRUTICULTURA DE CLIMA TEMPERADO, 16.; 2019, Fraiburgo.

VIEIRA, E.L. **Apontamentos e Práticas de Fisiologia Pós-colheita de Frutos e Hortaliças.** Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas – CCAAB. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB, 2019.

WHALE, S.K. 2005. Regulation of Apple Fruit Colour Development. Ph D Thesis, Muresk Institute, Curtin University of Technology, Perth, WA, Australia. pp. 331.