

CRISTINA SOETHE

**MATURAÇÃO, COMPOSTOS BIOATIVOS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE
MAÇÃS 'BAIGENT' EM FUNÇÃO DA FORMA DE APLICAÇÃO DE
AMINOETOXIVINILGLICINA E ETEFOM E DA DATA DE COLHEITA**

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de Doutora em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Cristiano André Steffens

**LAGES
2018**

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

Soethe, Cristina

Maturação, compostos bioativos e atividade
antioxidante de maçãs 'Baigent' em função da forma de
aplicação de aminoetoxivinilglicina e etefom e da
data de colheita / Cristina Soethe. - Lages , 2018.
115 p.

Orientador: Cristiano André Steffens

Tese (Doutorado) - Universidade do Estado de Santa
Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias,
Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Lages,
2018.

1. Malus domestica. 2. Reguladores de
crescimento. 3. Qualidade pós-colheita. 4. Compostos
funcionais. 5. Armazenamento. I. Steffens,
Cristiano André. II. Universidade do Estado de
Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação. III.
Título.

CRISTINA SOETHE

**MATURAÇÃO, COMPOSTOS BIOATIVOS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE
MAÇÃS 'BAIGENT' EM FUNÇÃO DA FORMA DE APLICAÇÃO DE
AMINOETOXIVINILGLICINA E ETEFOM E DA DATA DE COLHEITA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agroveterinárias, como requisito parcial para obtenção do título de Doutora em Produção Vegetal.

Banca Examinadora:

Orientador: _____
Prof. Dr. Cristiano André Steffens
Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC/CAV –
Lages, SC

Membro Interno: _____
Prof. PhD. Cassandro Vidal Talamini do Amarante
Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC/CAV –
Lages, SC

Membro Interno: _____
Prof. Dr. Marcelo Alves Moreira
Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC/CAV –
Lages, SC

Membro Externo: _____
Dr. Fernando José Hawerroth
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa
Uva e Vinho - Vacaria, RS

Membro Externo: _____
Prof. Dr. Rogerio de Oliveira Anese
Instituto Federal de Santa Catarina – IFSC - Urupema, SC

Lages, 31 de agosto de 2018.

AGRADECIMENTOS

À Deus pela vida e por me guiar no caminho do conhecimento.

Aos meus pais que sempre viram os estudos como uma área de progresso e me incentivaram neste caminho.

Ao meu Orientador, professor Cristiano André Steffens, pela orientação, dedicação, incentivo, disposição e por partilhar tão generosamente seu tempo e sabedoria.

Ao professor Cassandro Vidal Talamini do Amarante, pelos ensinamentos, pela disposição e contribuição em todos os trabalhos, sempre com muita dedicação e sabedoria.

Ao professor Marcelo Alves Moreira, por todos os ensinamentos, dedicação e paciência.

Ao Dr. Fernando José Hawerth pela implantação do experimento.

Às minhas amigas Angélica Schmitz Heinzen, Mayara Cristiana Stanger, Mariuccia Schlichting De Martin, pelo auxílio na realização dos trabalhos e pelos conhecimentos compartilhados.

Aos bolsistas, voluntários e colegas do laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-Colheita do CAV/UDESC, pela contribuição para a realização das análises deste trabalho.

Aos professores do Centro de Ciência Agroveterinárias – CAV/UDESC pela dedicação na transferência de conhecimento.

À Universidade do Estado de Santa Catarina pelo ensino, oportunidade e assistência necessária para a realização deste trabalho.

À empresa Schio pelo fornecimento dos frutos para os experimentos.

MUITO OBRIGADA!

RESUMO

SOETHE, Cristina. **Maturação, compostos bioativos e atividade antioxidante de maçãs 'Baigent' em função da forma de aplicação de aminoetoxivinilglicina e etefom e da data de colheita.** 2018. 115 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal – Área: Biologia e Tecnologia Pós-Colheita) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Lages, 2018.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da aplicação pré-colheita de aminoetoxivinilglicina (AVG), em dose única ou parcelada, combinado ou não com etefom, e da data de colheita, sobre a maturação, qualidade, compostos bioativos, atividade antioxidante e potencial de armazenamento dos frutos, em macieira 'Baigent' cultivada sob tela antigranizo, bem como sobre o teor de compostos bioativos, a atividade antioxidante e o potencial de armazenamento dos frutos. Foram realizados três experimentos, conduzidos em pomar comercial, no município de Vacaria/RS, nas safras 2014/15 e 2015/16. No primeiro experimento os tratamentos constituíram-se em pulverizações pré-colheita de soluções com AVG e/ou etefom sobre as plantas, sendo: controle (plantas pulverizadas com água); AVG (125 mg L^{-1}); etefom (120 mg L^{-1}); AVG parcelado ($62,5 \text{ mg L}^{-1} + 62,5 \text{ mg L}^{-1}$); AVG parcelado ($62,5 \text{ mg L}^{-1} + 62,5 \text{ mg L}^{-1}$) + etefom (120 mg L^{-1}). No segundo experimento os tratamentos foram: controle (plantas pulverizadas com água); AVG (125 mg L^{-1}); AVG parcelado ($62,5 \text{ mg L}^{-1} + 62,5 \text{ mg L}^{-1}$). No terceiro experimento os tratamentos foram os seguintes: controle (plantas pulverizadas com água); AVG (125 mg L^{-1}); AVG (125 mg L^{-1}) + etefom (120 mg L^{-1}); AVG parcelado ($62,5 \text{ mg L}^{-1} + 62,5 \text{ mg L}^{-1}$); AVG parcelado ($62,5 \text{ mg L}^{-1} + 62,5 \text{ mg L}^{-1}$) + etefom (120 mg L^{-1}); e AVG ($62,5 \text{ mg L}^{-1}$). Nos experimentos 1 e 2, os frutos foram avaliados na colheita e após quatro de meses de armazenamento refrigerado (AR; $0,5 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ e UR $92 \pm 5\%$). No terceiro experimento, os frutos foram avaliados após oito meses de armazenamento em atmosfera controlada (AC; $1,0 \text{ kPa}$ de O_2 e $2,0 \text{ kPa}$ de CO_2 ; $0,5 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ e UR $92 \pm 5\%$). Em todos os experimentos os tratamentos foram combinados com duas datas de colheita [colheitas 1 (colheita comercial) e 2 (14 dias após a colheita comercial)]. O delineamento utilizado foi em blocos casualizados, com quatro repetições, e unidade experimental composta por 20 frutos. Na colheita, o uso do AVG, independentemente da forma de aplicação, reduziu o amarelecimento da epiderme e manteve maiores valores de firmeza de polpa e acidez titulável. A intensidade e porcentagem de cor vermelha foi reduzida pelo tratamento com AVG (125 mg L^{-1}), porém os tratamentos com aplicação parcelada de AVG e de etefom não diferiram do controle. Aplicação de etefom proporcionou frutos com aspecto mais amarelecidos e com menor firmeza de polpa. Após o AR, o uso do AVG, independentemente da forma de aplicação, reduziu o amarelecimento da epiderme, incidência de polpa farinácea e escurecimento de polpa e manteve maiores valores de firmeza de polpa, enquanto que a aplicação de etefom proporcionou frutos com maior incidência de polpa farinácea, sendo que a firmeza de polpa não diferiu entre os tratamentos. A aplicação pré-colheita de AVG não influenciou o conteúdo de compostos fenólicos totais (CFT) e a atividade antioxidante (AAT) na polpa, na colheita e após o AR. Na casca, o AVG (125 mg L^{-1}) reduziu o teor de antocianinas, na colheita, e CFT e AAT, tanto na colheita como após o AR. A AAT na casca, na colheita e após AR, não diferiu entre AVG parcelado e controle, pelo método ABTS, e apresentou valores intermediários para o AVG parcelado pelo método DPPH. Na colheita, observou-se redução na concentração de ácido clorogênico e de

epicatequina na casca de maçãs que receberam aplicação de AVG em dose única (125 mg L^{-1}), enquanto que aplicação parcelada de AVG não diferiu do tratamento controle. Após o armazenamento em AC, os frutos tratados somente com AVG, independentemente da forma de aplicação, apresentaram menor acidez, incidência de rachaduras e amarelecimento da epiderme, mantendo maior firmeza de polpa e forças para ruptura da casca e penetração da polpa. A aplicação de AVG na dose de 125 mg L^{-1} e parcelada reduziu a incidência de polpa farinácea, o teor de CFT e a AAT na casca. O AVG, independente da forma de aplicação, ocasionou redução nos teores de ácido clorogênico, floridizina e epicatequina na primeira colheita. As aplicações pré-colheita de AVG, na dose de 125 mg L^{-1} e na forma parcelada, retardam a maturação e mantém a qualidade de maçãs 'Baigent' produzidas sob tela antigranizo armazenadas sob refrigeração por quatro meses. Aplicação de etefom aumenta a incidência de polpa farinácea e de podridões após o período de armazenamento. A aplicação parcelada de AVG não influencia ou apresenta efeito negativo menos pronunciado sobre o teor de antocianinas, compostos fenólicos totais e a atividade antioxidante total da casca. A aplicação de AVG proporciona frutos menos amarelecidos e com maiores valores de firmeza de polpa, porém, reduz a atividade antioxidante dos frutos armazenados em AC.

Palavras-chave: *Malus domestica*. Reguladores de crescimento. Qualidade pós-colheita. Compostos funcionais. Armazenamento.

ABSTRACT

SOETHE, Cristina. **Maturation, bioactive compounds and antioxidant activity of 'Baigent' apples depending on the way of application of aminoethoxyvinylglycine and ethephon and the date of harvest.** 2018. 115 f. Dissertation (Doctorate in Plant Science – Area: Postharvest Biology and Technology) – University of Santa Catarina State. Graduation Program in Vegetable Production, Lages, 2018.

The objective of this work was to evaluate the effect of the pre-harvest application of aminoethoxyvinylglycine (AVG) in single dose or instalment, combined or not with ethephon, and the date of harvest on maturation and the quality of 'Baigent' apples grown under as on the content of bioactive compounds, the antioxidant activity and the storage potential of the fruits. Three experiments were carried out in a commercial orchard in the city of Vacaria/RS, in the 2014/15 and 2015/16 seasons. In the first experiment the treatments consisted in pre-harvest spraying of AVG and/or ethephon solutions on the plants, being: control (plants sprayed with water); AVG (125 mg L^{-1}); ethephon (120 mg L^{-1}); AVG parceled ($62.5 \text{ mg L}^{-1} + 62.5 \text{ mg L}^{-1}$); AVG parceled ($62.5 \text{ mg L}^{-1} + 62.5 \text{ mg L}^{-1}$) + ethephon (120 mg L^{-1}). In the second experiment the treatments were: Control (plants sprayed with water); AVG (125 mg L^{-1}); AVG parceled ($62.5 \text{ mg L}^{-1} + 62.5 \text{ mg L}^{-1}$). In the third experiment the treatments were the following: Control (plants sprayed with water); AVG (125 mg L^{-1}); AVG (125 mg L^{-1}) + ethephon (120 mg L^{-1}); AVG parceled ($62.5 \text{ mg L}^{-1} + 62.5 \text{ mg L}^{-1}$); AVG parceled ($62.5 \text{ mg L}^{-1} + 62.5 \text{ mg L}^{-1}$) + ethephon (120 mg L^{-1}); and AVG (62.5 mg L^{-1}). In experiments 1 and 2, the fruits were evaluated at harvest and after four months of refrigerated storage (AR; $0.5 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ and UR $92 \pm 5\%$). In the third experiment, fruits were evaluated after eight months of storage under controlled atmosphere (AC; 1.0 kPa O_2 and 2.0 kPa CO_2 ; $0.5 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ and $92 \pm 5\%$ of UR). In all experiments the treatments were combined with two harvest dates [harvest 1 (commercial harvest) and 2 (14 days after commercial harvest)]. The design used was in randomized blocks, with four repetitions, and experimental unit consisting of 20 fruits. In the first experiment, at harvest, the use of AVG, independent of the application form, reduced the yellowing of the epidermis and maintained higher values of pulp firmness and titratable acidity. The intensity and percentage of red color were reduced by the treatment with AVG (125 mg L^{-1}), but the treatments with parceled application of AVG and ethephon did not differ the control. Ethephon application provided fruits with a more yellowish appearance and with less firmness of pulp. After the AR, the use of AVG, independent of the application form, reduced the yellowing of the epidermis, incidence of farinaceous pulp and darkening of pulp and maintained higher pulp firmness, while the application of ethephon provided fruits with a higher incidence of farinaceous pulp and pulp firmness did not differ between treatments. In the second experiment, in the pulp, the pre-harvest application of AVG did not influence the content of total phenolic compounds (TPC) and antioxidant activity (AAT), at harvest and after AR. In the peel, AVG (125 mg L^{-1}) reduced anthocyanin content at harvest, and TPC and AAT, both at harvest and after AR. AAT in the peel, at harvest and after AR, did not differ between application of AVG and control by the ABTS method and presented intermediate values for the parceled AVG by the DPPH method. At harvest, a reduction in the concentration of chlorogenic acid and of epicatechin was observed in apples that received AVG application in a single dose (125 mg L^{-1}), while in the application of AVG ($62.5 \text{ mg L}^{-1} + 62, 5 \text{ mg L}^{-1}$)

did not differ from the control treatment. In the third experiment, fruits treated only with AVG, independent of the application form, presented lower acidity, cracking incidence and yellowing of the epidermis, maintaining greater pulp firmness and forces for peel rupture and pulp penetration. The application of AVG at a dose of 125 mg L⁻¹ and parceled, reduced the incidence of farinaceous pulp, TPC content and AAT in the peel. AVG, independent of the application form, caused reduction of chlorogenic acid, floridizine and epicatechin in the first harvest. Pre-harvest applications of AVG, at a dose of 125 mg L⁻¹ and parceled, delay maturation and maintain the quality of 'Baigent' apples produced under anti-hail produced stored under refrigeration for four months. Application of ethephon increases the incidence of farinaceous pulp and decay after the storage period. The application of AVG does not influence or has a less pronounced negative effect on anthocyanin content, total phenolic compounds, total antioxidant activity of the peel. The application of AVG provides less yellow fruits with better values of pulp firmness, however, it reduces the antioxidant activity of fruits stored under CA.

Keywords: *Malus domestica*. Growth regulators. Maturation. Post-harvest quality. Functional compounds. Storage.

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Taxas de produção de etileno ($\text{pmol C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$) e de respiração ($\eta\text{mol de CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$) dos frutos, em macieiras 'Baigent' tratadas em pré-colheita com aminoetoxivinilglicina (AVG) e etefom, colhidos em duas datas...28
- Tabela 2 - Ângulo 'hue' (h°) avaliado na região mais e menos vermelha e índice de cor vermelha, em macieiras 'Baigent' tratadas em pré-colheita com aminoetoxivinilglicina (AVG) e etefom, colhidos em duas datas.31
- Tabela 3 - Firmeza de polpa e forças para ruptura da casca e penetração da polpa em macieiras 'Baigent' tratadas em pré-colheita com aminoetoxivinilglicina (AVG) e etefom, colhidos em duas datas.34
- Tabela 4 - Sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), relação SS/AT e índice de iodo-amido em macieiras 'Baigent' tratadas em pré-colheita com aminoetoxivinilglicina (AVG) e etefom, colhidos em duas datas.36
- Tabela 5 - Taxa de produção de etileno ($\text{pmol C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$) e taxa respiratória ($\eta\text{mol de CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$) em macieiras 'Baigent' tratadas em pré-colheita com aminoetoxivinilglicina (AVG) e etefom, colhidos em duas datas, avaliados na saída da câmara e após quatro meses de armazenamento refrigerado e mais sete dias em condição ambiente.....38
- Tabela 6 - Atributos de cor (ângulo 'hue' - h°) avaliados na região menos vermelha dos frutos em macieiras 'Baigent' tratadas em pré-colheita com aminoetoxivinilglicina (AVG) e etefom, colhidos em duas datas, após quatro meses de armazenamento refrigerado, avaliados na saída da câmara e após sete dias em condição ambiente.40
- Tabela 7 - Sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e relação SS/AT em macieiras 'Baigent' tratadas em pré-colheita com aminoetoxivinilglicina (AVG) e etefom, colhidos em duas datas, após quatro meses de armazenamento refrigerado e mais sete dias em condição ambiente.41
- Tabela 8 - Firmeza de polpa, força para ruptura da casca e força para penetração da polpa em macieiras 'Baigent' tratadas em pré-colheita com aminoetoxivinilglicina (AVG) e etefom, colhidos em duas datas, após quatro meses de armazenamento refrigerado e mais sete dias em condição ambiente.....43
- Tabela 9 - Incidência de polpa farinácea e de escurecimento de polpa em macieiras 'Baigent' tratadas em pré-colheita com aminoetoxivinilglicina (AVG) e etefom, colhidos em duas datas, após quatro meses de armazenamento refrigerado e mais sete dias e mais sete dias em condição ambiente.....45

Tabela 10 - Coeficientes de correlação de Pearson (r) entre compostos fenólicos totais (CFT) e atividade antioxidante total (AAT), quantificada pelos métodos ABTS e DPPH, e de antocianinas (ANT), nas porções casca e polpa, em maçãs 'Baigent', avaliados na colheita, nas safras 2014/15 e 2015/16. ...	55
Tabela 11 – Teores de compostos fenólicos totais (CFT; mg EAG 100 g ⁻¹ MF) e atividade antioxidante total [AAT; métodos DPPH (μMol trolox 100 g ⁻¹ MF) e ABTS (μMol trolox 100 g ⁻¹ MF)] da polpa de maçãs 'Baigent', em resposta a aplicação pré-colheita de aminoetoxivinilglicina (AVG) e duas datas de colheita.....	56
Tabela 12 – Teores de compostos fenólicos totais (CFT; mg EAG 100 g ⁻¹ MF), atividade antioxidante total [AAT; métodos DPPH (μMol trolox 100 g ⁻¹ MF) e ABTS (μMol trolox 100 g ⁻¹ MF)] e teores de antocianinas (ANT; mg cianidrina 3-glicosídeo 100 g ⁻¹ MF) da casca de maçãs 'Baigent', em resposta a aplicação pré-colheita de aminoetoxivinilglicina (AVG) e duas datas de colheita.....	58
Tabela 13 – Valores de perfil de compostos fenólicos (mg kg ⁻¹ MF) da casca de maçãs 'Baigent', em resposta a aplicação pré-colheita de aminoetoxivinilglicina (AVG) e duas datas de colheita, avaliadas na colheita da safra 2015/16.	61
Tabela 14 – Teores de compostos fenólicos totais (CFT; mg EAG 100 g ⁻¹ MF) e atividade antioxidante total [AAT; métodos DPPH (μMol trolox 100 g ⁻¹ MF) e ABTS (μMol trolox 100 g ⁻¹ MF)] na polpa de maçãs 'Baigent', em resposta a aplicação pré-colheita de aminoetoxivinilglicina (AVG) e duas datas de colheita, avaliados após quatro meses de armazenamento refrigerado, seguidos por mais sete dias em condição ambiente (20±1 °C e 65±5% de UR).	64
Tabela 15 – Teores de compostos fenólicos totais (CFT; mg EAG 100 g ⁻¹ MF) e atividade antioxidante total [AAT; métodos DPPH (μMol trolox 100 g ⁻¹ MF) e ABTS (μMol trolox 100 g ⁻¹ MF)] na casca de maçãs 'Baigent', em resposta a aplicação pré-colheita de aminoetoxivinilglicina (AVG) e duas datas de colheita, avaliados após quatro meses de armazenamento refrigerado, seguidos por mais sete dias em condição ambiente (20±1 °C e 65±5% de UR).	65
Tabela 16 – Valores de perfil de compostos fenólicos (mg kg ⁻¹ MF) da casca de maçãs 'Baigent', em resposta a aplicação pré-colheita de aminoetoxivinilglicina (AVG) e duas datas de colheita, avaliados após quatro meses de armazenamento refrigerado, seguidos por mais sete dias em condição ambiente (20±1 °C e 65±5% de UR), safra 2015/16.....	67

Tabela 17 - Taxas respiratórias ($\eta\text{mol de CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$) e de produção de etileno ($\rho\text{mol C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$), em maçãs 'Baigent' em resposta a aplicação pré-colheita de aminoetoxivinilglicina (AVG) e de etefom e duas datas de colheita, avaliadas após oito meses de armazenamento em atmosfera controlada (1,0 kPa O_2 + 2,0 kPa $\text{CO}_2/0,5^\circ\text{C}/92\%$ de UR), na saída da câmara e após sete dias em condição ambiente ($20\pm1^\circ\text{C}$ e $65\pm5\%$ de UR).....	79
Tabela 18 – Ângulo 'hue' (h° ; cor de fundo) em maçãs 'Baigent' em resposta a aplicação pré-colheita de aminoetoxivinilglicina (AVG) e de etefom e duas datas de colheita, avaliadas após oito meses de armazenamento em atmosfera controlada (1,0 kPa O_2 + 2,0 kPa $\text{CO}_2/0,5^\circ\text{C}/92\%$ de UR), na saída da câmara e seguidos por mais sete dias em condição ambiente ($20\pm1^\circ\text{C}$ e $65\pm5\%$ de UR).....	81
Tabela 19 – Teor de sólidos solúveis (SS; °Brix), acidez titulável (AT; %) e relação SS/AT em maçãs 'Baigent' em resposta a aplicação pré-colheita de aminoetoxivinilglicina (AVG) e de etefom e duas datas de colheita, avaliadas após oito meses de armazenamento em atmosfera controlada (1,0 kPa O_2 + 2,0 kPa $\text{CO}_2/0,5^\circ\text{C}/92\%$ de UR) e seguidos por mais sete dias em condição ambiente ($20\pm1^\circ\text{C}$ e $65\pm5\%$ de UR).	82
Tabela 20 – Firmeza de polpa (N), força para ruptura da casca (N) e de penetração na polpa (N) em maçãs 'Baigent', em resposta a aplicação pré-colheita de aminoetoxivinilglicina (AVG) e de etefom e duas datas de colheita, avaliadas após oito meses de armazenamento em atmosfera controlada (1,0 kPa O_2 + 2,0 kPa $\text{CO}_2/0,5^\circ\text{C}/92\%$ de UR), seguidos por mais sete dias em condição ambiente ($20\pm1^\circ\text{C}$ e $65\pm5\%$ de UR).	84
Tabela 21 – Incidências (%) de rachaduras, podridões e polpa farinácea (%) em maçãs 'Baigent', em resposta a aplicação pré-colheita de aminoetoxivinilglicina (AVG) e de etefom e duas datas de colheita, avaliadas após oito meses de armazenamento em atmosfera controlada (1,0 kPa O_2 + 2,0 kPa $\text{CO}_2/0,5^\circ\text{C}/92\%$ de UR), na saída da câmara e após sete dias em condição ambiente ($20\pm1^\circ\text{C}$ e $65\pm5\%$ de UR).	85
Tabela 22 - Teores de compostos fenólicos totais (CFT; mg EAG 100 g^{-1} MF) e atividade antioxidante total [AAT; métodos DPPH ($\mu\text{Mol trolox } 100 \text{ g}^{-1}$ MF) e ABTS ($\mu\text{Mol trolox } 100 \text{ g}^{-1}$ MF)] da polpa de maçãs 'Baigent', em resposta a aplicação pré-colheita de aminoetoxivinilglicina (AVG) e de etefom e duas datas de colheita, avaliadas após oito meses de armazenamento em atmosfera controlada (1,0 kPa O_2 + 2,0 kPa $\text{CO}_2/0,5^\circ\text{C}/92\%$ de UR), seguidos por mais sete dias em condição ambiente ($20\pm1^\circ\text{C}$ e $65\pm5\%$ de UR).....	89
Tabela 23 – Teores de compostos fenólicos totais (CFT; mg EAG 100 g^{-1} MF) e atividade antioxidante total [AAT; métodos DPPH ($\mu\text{Mol trolox } 100 \text{ g}^{-1}$ MF) e ABTS ($\mu\text{Mol trolox } 100 \text{ g}^{-1}$ MF)] da casca de maçãs 'Baigent', em resposta a aplicação pré-colheita de aminoetoxivinilglicina (AVG) e de etefom e duas	

datas de colheita, avaliadas após oito meses de armazenamento em atmosfera controlada (1,0 kPa O₂ + 2,0 kPa CO₂/0,5 °C/ 92% de UR), seguidos por mais sete dias em condição ambiente (20±1 °C e 65±5% de UR). 91

Tabela 24 – Valores de perfil de compostos fenólicos (ácido clorogênico, floridizina, epicatequina e procianidina B1; mg kg⁻¹ MF) da casca de maçãs ‘Baigent’, em resposta a aplicação pré-colheita de aminoetoxivinilglicina (AVG) e de etefom e duas datas de colheita, avaliadas após oito meses de armazenamento em atmosfera controlada (1,0 kPa O₂ + 2,0 kPa CO₂/0,5 °C/ 92% de UR), seguidos por mais sete dias em condição ambiente (20±1 °C e 65±5% de UR). 93

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AAT	Atividade antioxidante total
ABTS	2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico)
AC	Atmosfera controlada
ACC	1-aminociclopropano-1-carboxílico
ANT	Antocianinas totais
AR	Armazenamento refrigerado
AT	Acidez titulável
AVG	Aminoetoxivinilglicina
°C	Graus Celsius
CAV	Centro de Ciências Agroveterinárias
C ₂ H ₄	Taxa de produção de etileno
CFT	Compostos fenólicos totais
CLAE	Cromatografia líquida de alta eficiência
CO ₂	Dióxido de carbono
C.V.	Coeficiente de variação
DACC	Dias após a colheita comercial
DPPH	2,2-difenil-1-picrilhidrazila
EAG	Equivalente de ácido gálico
g	Grama
h	Hora
HCl	Ácido clorídrico
<i>h</i> ^o	Ângulo 'hue'
ICV	Índice de cor vermelha
kPa	Quilo Pascal
L	Litro
m	Metro
m ³	Metro cúbico
MF	Massa fresca
min	Minuto
mL	Mililitro

mm	Milímetro
μL	Microlitro
μm	Micrômetro
mM	Milimolar
N	Newton (unidade de firmeza de polpa)
ND	Não detectado
nm	Nanômetro
ns	Não significativo
O ₂	Oxigênio
p	Probabilidade
PAL	Fenilalanina amônia-liase
PCF	Perfil de compostos fenólicos
pH	Potencial hidrogeniônico
r	Coeficiente de correlação de Pearson
ROS	Espécies reativas de oxigênio
RS	Rio Grande do Sul
S	Sul
SAM	S-adenosilmetionina
SAS	Statistical analysis system
SC	Santa Catarina
SS	Sólidos solúveis
SS/AT	Relação sólidos solúveis e acidez titulável
TEAC	Equivalente de Trolox
Trolox	6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcromo-2-ácido carboxílico
UDESC	Universidade do Estado de Santa Catarina
UR	Umidade relativa do ar
UV	Ultra-violeta
v	Volume
W	Oeste
μMol	Micromol

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL.....	19
2 MATURAÇÃO E QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE MAÇÃS ‘BAIGENT’ PRODUZIDAS SOB TELA ANTIGRANIZO EM FUNÇÃO DA FORMA DE APLICAÇÃO DE AMINOETOXIVINILGLICINA E ETEFOM	23
2.1 INTRODUÇÃO	23
2.2 MATERIAL E MÉTODOS	25
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
2.3.1 Após a colheita dos frutos	27
2.3.2 Após quatro meses de armazenamento refrigerado	37
2.4 CONCLUSÕES	47
3 COMPOSTOS BIOATIVOS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE MAÇÃS ‘BAIGENT’ EM FUNÇÃO DA FORMA DE APLICAÇÃO DE AMINOETOXIVINILGLICINA.....	49
3.1 INTRODUÇÃO	49
3.2 MATERIAL E MÉTODOS	51
3.2.1 Reagentes, padrões e solventes	51
3.2.2 Preparação das amostras.....	52
3.2.3 Obtenção dos extratos para quantificação de CFT e AAT.....	52
3.2.4 Determinação do conteúdo de CFT na casca e na polpa	52
3.2.5 Determinação da AAT na casca e na polpa	53
3.2.6 Determinação de ANT na casca	53
3.2.7 Determinação de PCF na casca	54
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	55
3.3.1 Após a colheita dos frutos	55
3.3.2 Após quatro meses de armazenamento refrigerado	63
3.4 CONCLUSÕES	68
4 QUALIDADE ORGANOLÉPTICA E COMPOSTOS FUNCIONAIS NOS FRUTOS DE MACIEIRAS ‘BAIGENT’ CULTIVADAS SOB TELA ANTIGRANIZO E TRATADAS COM AMINOETOXIVINILGLICINA E ETEFOM	71
4.1 INTRODUÇÃO	71
4.2 MATERIAL E MÉTODOS	73
4.2.1 Análises de Qualidade	74

4.2.2 Análises de AAT, CFT e PCF.....	75
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	78
4.4 CONCLUSÕES.....	96
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	97
REFERÊNCIAS	99
APÊNDICES	113

1 INTRODUÇÃO GERAL

O aminoetoxivinilglicina (AVG) é um regulador de crescimento bastante utilizado na produção de maçãs, sendo indicado para retardar a maturação e preservar a qualidade durante o armazenamento, devido a uma redução da produção de etileno (YILDIZ; OZTURK; OSKAN, 2012). Na rota de síntese do etileno, o AVG inibe a conversão de S-adenosilmetionina (SAM) em ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC), catalisada pela enzima ACC sintase (ACS) (POEL; STRAETEN, 2014). Devido a sua ação inibitória na síntese de etileno, a aplicação de AVG retarda a degradação do amido e de clorofilas, bem como a perda da firmeza de polpa, e pode proporcionar aumento do rendimento, devido a redução da queda pré-colheita e do aumento da massa média dos frutos (AMARANTE et al., 2002; PETRI; HAWERROTH; LEITE, 2010). O atraso na colheita pode flexibilizar a programação de trabalho, influenciar no potencial de armazenamento e na comercialização dos frutos (AMARANTE et al., 2002).

Contudo, além de retardar a maturação e melhorar a manutenção da qualidade dos frutos durante o armazenamento, a aplicação pré-colheita com AVG reduz o desenvolvimento da cor vermelha na epiderme de maçãs (AMARANTE et al., 2002; LURIE, 2005), prejudicando seu aspecto visual, podendo causar problemas na comercialização. Todavia, o aumento na cor vermelha dos frutos pode ser obtido pela pulverização pré-colheita dos frutos com etefom que, após a absorção pela planta ou fruto, libera etileno (STEFFENS; BRACKMANN, 2006). De acordo com Wang e Dilley (2001), a aplicação de etefom em plantas de macieira tratadas com AVG possibilita a obtenção de frutos com coloração vermelha semelhante àqueles que não receberam o tratamento com AVG. Segundo Steffens, Gieh e Brackmann (2005), a aplicação de etefom em macieira anteriormente tratadas com AVG anula o seu efeito negativo na formação da cor vermelha da epiderme dos frutos, sem comprometer o efeito sobre o retardo da maturação e manutenção da qualidade durante o armazenamento.

Com intuito de prolongar a oferta e atender ao mercado consumidor, diversos métodos têm sido propostos para ampliar a conservação pós-colheita de maçãs. O armazenamento de maçãs em atmosfera controlada (AC), com baixo O₂ (0,8 a 1,2 kPa) e alto CO₂ (2,0 a 3,0 kPa), é a principal tecnologia complementar à refrigeração usada para a conservação pós-colheita de maçãs (BRACKMANN et al., 2010). A AC reduz o metabolismo dos frutos, conserva atributos físico-químicos e reduz e/ou inibe

a ocorrência de distúrbios fisiológicos (GWANPUA et al., 2012). Em AC, o aumento dos níveis de CO₂ demonstrou ser benéfico na redução do metabolismo e manutenção da qualidade dos frutos. Para as maçãs do grupo 'Gala', o nível de CO₂ recomendado é entre 2,0 e 3,0 kPa (BRACKMANN et al., 2001).

O consumo de maçãs está relacionado à prevenção de várias doenças crônicas. Os compostos fenólicos possuem um ou mais anéis aromáticos, com um ou mais grupamentos hidroxila (BOUAYED et al., 2011; LEOPOLDINI; RUSSO; TOSCANO, 2011), são provenientes do metabolismo secundário e desempenham funções essenciais na bioquímica celular, reprodução, crescimento, mecanismos de defesa (contra patógenos, parasitas e predadores), coloração e sabor dos frutos (HYSON, 2011). Em humanos tem-se observado que são capazes de reagir com radicais livres, formando radicais estáveis. Esse poder de neutralização dos radicais pelos compostos fenólicos é devido à sua estrutura química formada por pelo menos um anel aromático com grupamentos hidroxilas (GIADA; MANCINI-FILHO, 2006).

Em maçãs, os compostos fenólicos são classificados em compostos não-flavonoides e flavonoides. No grupo de compostos não-flavonoides fazem parte os ácidos fenólicos, dos quais os ácidos hidroxicinâmicos são os principais representantes (PETKOVSEK; STAMPAR; VEBERIC, 2007). Dentre os ácidos hidroxicinâmicos, o ácido clorogênico tem sido o ácido identificado em maior quantidade, tanto na polpa quanto na casca em diferentes cultivares de maçã (LEE et al., 2003; TSAO et al., 2003; PETKOVSEK; STAMPAR; VEBERIC, 2007). No grupo dos flavonoides estão as dihidrochalconas, flavonois, flavanois, assim como as antocianinas em cultivares vermelhas (LEE et al., 2003; TSAO et al., 2003, TSAO et al., 2005). As principais dihidrochalconas são a floridizina e floretina (TSAO et al., 2003). Os flavonois, considerados quantitativamente a menor classe de compostos fenólicos em maçãs, são encontrados principalmente na casca, sendo a quercetina 3-glicosídeo a principal representante deste grupo (WOJDYLO; OSZMIANSKI; LASKOWSKI, 2008). Os flavan-3-óis são os principais flavanois e quantitativamente a maior classe de compostos fenólicos presentes na maçã, 56% e 60% dos polifenóis na polpa e casca, respectivamente, podendo ser encontrados nas formas monoméricas, (+) - catequina e a (-) – epicatequina (TSAO et al., 2005). A cianidina 3-galactosídeo é a antocianina presente em maior quantidade em cultivares de maçãs

vermelhas ou parcialmente vermelhas, sendo responsável pela coloração característica das mesmas (TSAO et al., 2005).

O conteúdo de compostos fenólicos em maçãs pode variar em função de fatores como ano de produção (McGHIE; HUNT; BARNETT, 2005), manejo do pomar (VALAVANIDIS et al., 2009), posição do fruto no dossel da planta (DROGOUDI; PANTELIDIS, 2011), cultivar (KEVERS et al., 2011; VIEIRA et al., 2011), estágio de desenvolvimento (ZHENG et al., 2012), estágio de maturação na colheita (McGHIE; HUNT; BARNETT, 2005) e condições de armazenagem (HOANG et al., 2011; KEVERS et al., 2011). Além disso, de acordo com Bastias et al. (2012), o uso de tela antigranizo também pode afetar as propriedades funcionais dos frutos, pois a redução na disponibilidade de luz além de reduzir o acúmulo de antocianinas na epiderme, também pode comprometer o conteúdo de compostos fenólicos e a atividade antioxidante nos frutos (AWAD et al., 2001; DROGOUDI; PANTELIDIS, 2011; GONZÁLES-TALICE et al., 2013).

O efeito da luz tem sido relatado em coordenar a expressão de genes responsáveis pela indução da biossíntese de antocianina (KIM et al., 2003). A utilização de telas antigranizo, pelo seu efeito de sombreamento, pode reduzir a luz solar incidente e impactar negativamente sobre o desenvolvimento da coloração vermelha dos frutos (GUERRERO et al., 2002). A iluminação do dossel e consequentemente da fruta, depende do tipo de porta-enxerto utilizado, sistema de condução, orientação da linha de plantio e da posição do fruto na copa (JAKOPIC et al., 2007).

Estudos sobre os efeitos do AVG na atividade antioxidante e no teor de compostos fenólicos em maçãs cultivadas sob tela antigranizo são limitados. Whale et al. (2008) relataram que o AVG afeta negativamente a concentração de compostos fenólicos e de antocianinas de maçãs produzidas sob pleno sol. De acordo com Ozturk et al. (2013), aplicação pré-colheita de AVG altera as concentrações de compostos fenólicos, tanto na polpa como na epiderme dos frutos e, com o aumento da dose, reduz o teor de antocianinas totais. Comercialmente, o AVG é utilizado para controle da queda de frutos em pré-colheita e retardamento da maturação dos frutos, sendo aplicada quatro semanas antes do ponto de colheita (YUAN; CARBAUGH, 2007). É possível que a aplicação parcelada de AVG possa minimizar os efeitos deletérios do AVG, porém sem reduzir o seu efeito sobre a maturação dos frutos. Adicionalmente, não foram encontradas informações do efeito do AVG sobre o controle da maturação

de maçãs 'Baigent' cultivada sob tela antigranizo, bem como sobre as propriedades funcionais dos frutos.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da aplicação pré-colheita de AVG em dose única ou parcelada, combinado ou não com etefom, e da data de colheita, sobre a maturação e a qualidade de maçãs 'Baigent', cultivada sob tela antigranizo, bem como sobre o teor de compostos bioativos, a atividade antioxidante e o potencial de armazenamento dos frutos.

2 MATURAÇÃO E QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE MAÇÃS ‘BAIGENT’ PRODUZIDAS SOB TELA ANTIGRANIZO EM FUNÇÃO DA FORMA DE APLICAÇÃO DE AMINOETOXIVINILGLICINA E ETEFOM

2.1 INTRODUÇÃO

Maças são uma das mais importantes frutas produzidas em todo o mundo. No Brasil, a produção de maçã é concentrada nos estados do Sul, especialmente no Rio Grande do Sul e Santa Catarina, com produção de 1,1 milhão de toneladas ao ano (FAOSTAT, 2018). A cultivar Gala e seus clones representam aproximadamente 65% da produção brasileira de maçãs. ‘Baigent’ é um clone de ‘Gala’ e pelas suas características do fruto, especialmente pela coloração vermelha intensa, tem se constituído em um dos preferidos pelos produtores, comerciantes e consumidores (FIORAVANÇO; CZERMAINSKI; OLIVEIRA, 2013). Todavia, sua produção é concentrada em um curto período, de fevereiro a abril, dificultando a colheita (BRACKMANN et al., 2015b). Dessa forma, os produtores necessitam de tecnologias que aumentam o período de colheita e reduzam as perdas durante a pré e pós-colheita.

Uma tecnologia que pode ser usada para aumentar o período de colheita é a aplicação de reguladores de crescimento. O composto aminoetoxivinilglicina (AVG) é um regulador de crescimento bastante utilizado na produção de maçãs, sendo indicado para retardar a maturação e melhorar a manutenção da qualidade durante o armazenamento, devido uma redução da produção de etileno (YILDIZ; OZTURK; OSKAN, 2012). Na rota de síntese do etileno, o AVG inibe a conversão de S-adenosilmetionina (SAM) em ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC), catalisada pela enzima ACC sintase (ACS) (POEL; STRAETEN, 2014). Devido a sua ação inibitória na síntese de etileno, a aplicação de AVG retarda a degradação do amido bem como a perda da firmeza de polpa, e pode proporcionar aumento do rendimento, devido a redução da queda pré-colheita e do aumento da massa média dos frutos (AMARANTE et al., 2002; PETRY; HAWERROTH; LEITE, 2010; HAWERROTH et al., 2011). Além disso, o atraso na colheita pode flexibilizar a programação de trabalho, influenciar o potencial de armazenamento e a comercialização dos frutos (AMARANTE et al., 2002).

Porém, a aplicação pré-colheita com AVG reduz o desenvolvimento da cor vermelha na epiderme de maçãs (AMARANTE et al., 2002; LURIE, 2005),

prejudicando seu aspecto visual, podendo causar problemas na comercialização. Todavia, o aumento na cor vermelha dos frutos pode ser obtido pela pulverização pré-colheita dos frutos com etefom que, após a absorção pela planta ou fruto, libera etileno (STEFFENS; BRACKMANN, 2006). Segundo Steffens et al. (2006), a aplicação de etefom em macieira anteriormente tratadas com AVG anula o seu efeito negativo na formação da cor vermelha da epiderme de maçãs 'Gala', sem comprometer o efeito sobre o retardo da maturação e manutenção da qualidade durante o armazenamento. Também é de grande importância a amplitude térmica durante a fase produtiva, pois favorece uma melhor coloração dos frutos (LEITE; PETRI; MONDARDO, 2002).

Comercialmente, o AVG é utilizado para controle da queda em pré-colheita e retardamento da maturação dos frutos, sendo aplicada quatro semanas antes do ponto de colheita (YUAN; CARBAUGH, 2007). É possível que a aplicação parcelada de AVG, possa minimizar os efeitos deletérios da aplicação do AVG na época recomendada, porém sem reduzir o seu efeito sobre a maturação dos frutos. Por essa razão, torna-se importante a avaliação dos efeitos do parcelamento da aplicação de AVG, em combinação ou não com etefom, a fim de manter a eficiência deste fitorregulador no controle da maturação, sem comprometer o desenvolvimento da coloração dos frutos. Adicionalmente, há uma falta de estudos avaliando o efeito da aplicação de AVG sobre o controle da maturação e o potencial de armazenamento de maçãs 'Brookfied' cultivada sob tela antigranizo.

A tela antigranizo reduz a radiação solar incidente sobre as plantas, e por isso pode interferir na fotossíntese, produção e qualidade dos frutos, por alterar a quantidade e a qualidade da luz transmitida para o interior do pomar (AMARANTE et al., 2009). Dessa forma, a utilização de telas antigranizo resultam em frutos com menor percentagem e intensidade de cor vermelha da epiderme (AMARANTE et al., 2007; AMARANTE et al., 2009), o que pode ser ainda mais acentuado com a aplicação de AVG. O efeito da tela antigranizo no desenvolvimento e na qualidade dos frutos, é dependente de diversos fatores, tais como, da cultivar, do porta-enxerto, do sistema de manejo e condução das plantas e da região de produção (AMARANTE et al., 2007).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da aplicação pré-colheita de AVG em dose única ou parcelada, combinado ou não com etefom, e da data de colheita sobre a maturação de maçãs 'Baigent', cultivada sob tela antigranizo, bem como sobre a manutenção da qualidade dos frutos armazenados.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado com maçãs (*Malus domestica*) 'Baigent', na safra 2014/15 e 2015/16, em pomar comercial localizado no município de Vacaria, RS (50°42' W; 28°33' S; 955 m de altitude).

Os tratamentos constituíram-se da pulverização pré-colheita de AVG e/ou etefom sobre as plantas, sendo: controle (plantas pulverizadas com água); AVG (125 mg L⁻¹, 30 dias antes da previsão de colheita; DAPC); etefom (120 mg L⁻¹, sete dias antes da previsão de colheita); AVG parcelado (62,5 mg L⁻¹ + 62,5 mg L⁻¹, 30 e 20 dias antes da previsão de colheita); AVG parcelado (62,5 mg L⁻¹ + 62,5 mg L⁻¹, 30 e 20 dias antes da previsão de colheita) + etefom (120 mg L⁻¹, sete dias antes da previsão de colheita). Frutos de todos os tratamentos foram colhidos na colheita comercial (colheita 1) e 14 dias após a colheita comercial (colheita 2). Os frutos foram avaliados na colheita e após quatro meses de armazenamento refrigerado (0,5 °C±0,2 °C e UR 92±5%). O tratamento etefom (120 mg L⁻¹) foi avaliado apenas na primeira safra. A fonte de AVG foi o produto ReTain® e de etefom foi utilizado o produto Ethrel®.

Após cada colheita, os frutos foram transportados ao Laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-Colheita do CAV/UEDESC, sendo os frutos avaliados na colheita e após quatro meses de armazenamento refrigerado (0,5 °C±0,2 °C e UR 92±5%). Na colheita foram avaliados os seguintes atributos: taxas respiratória (nmol de CO₂ kg⁻¹ s⁻¹) e de produção de etileno (pmol C₂H₄ kg⁻¹ s⁻¹), índice iodo-amido (1-5), firmeza de polpa (N), textura [forças para a ruptura da casca (N) e penetração da polpa (N)], sólidos solúveis (SS; °Brix), acidez titulável (AT; % ácido málico), relação SS/AT, cor da epiderme (regiões mais e menos vermelha) e índice de cor vermelha (1-4).

Após quatro meses de armazenamento e mais sete dias em condição ambiente, simulando o período de comercialização, os frutos foram avaliados quanto aos seguintes atributos: taxas respiratória (nmol de CO₂ kg⁻¹ s⁻¹) e de produção de etileno (pmol C₂H₄ kg⁻¹ s⁻¹), cor da epiderme (região menos vermelha), firmeza de polpa (N), textura [forças para a ruptura da casca (N) e penetração da polpa (N)], sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), relação SS/AT e incidência de polpa farinácea e escurecimento de polpa.

As taxas respiratórias (nmol CO₂ kg⁻¹ s⁻¹) e de produção de etileno (pmol C₂H₄ kg⁻¹ s⁻¹) foram quantificadas por cromatografia gasosa. Frutos de cada repetição foram acondicionados em recipientes de 4,1 L, com fechamento hermético. As taxas

respiratórias e de produção de etileno foram obtidas pela concentração de CO_2 e C_2H_4 , respectivamente, no interior do recipiente, após 30 min de fechamento dos recipientes contendo os frutos. Após este período, utilizando uma seringa plástica de 1,0 mL, foram coletadas três amostras da atmosfera do espaço livre destes recipientes, as quais foram injetadas em um cromatógrafo a gás, marca Varian®, modelo CP-3800 (Palo Alto, EUA), equipado com uma coluna Porapak N® de 3 m 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 utilizados foram de 70; 30; e 300 mL min⁻¹, respectivamente. Devido a problemas no funcionamento do cromatógrafo, na safra 2014/15, as taxas respiratória e de produção de etileno foram avaliadas somente na segunda colheita e, após o período de armazenamento refrigerado, essas variáveis foram avaliadas apenas na safra 2015/16.

A cor da epiderme foi avaliada em termos de valores de ângulo 'hue' (h°) com o auxílio de um colorímetro Minolta® modelo CR 400 (Konica, Tóquio, Japão). Os valores de h° apresentam as seguintes correspondências quanto às cores da superfície do tecido vegetal: 0°/vermelho, 90°/amarelo, 180°/verde e 270°/azul. As leituras foram realizadas na região equatorial dos frutos. O índice de cor vermelha foi determinado através de uma escala com índices de 1 a 4, em que o índice 1 indicou uma superfície pigmentada de vermelho equivalente de 0 a 25% da superfície total do fruto, o índice 2 de 26 a 50%, o índice 3 de 51 a 75% e o índice 4 de 76 a 100% da superfície total do fruto.

Os atributos de textura foram analisados com texturômetro eletrônico TAXT-plus® (Stable Micro Systems Ltd, Surrey, Reino Unido), em termos de forças necessárias para a ruptura da casca (N) e penetração da polpa (N), utilizando uma ponteira com 2 mm de diâmetro, a qual foi introduzida na polpa a uma profundidade de 10 mm, com velocidades pré-teste, teste e pós-teste de 30, 3 e 40 mm s⁻¹, respectivamente. A firmeza de polpa (N) foi determinada na região equatorial dos frutos, em duas superfícies opostas, após a remoção de uma pequena porção da epiderme, com auxílio de um penetrômetro eletrônico (GÜSS Manufacturing Ltd, Cidade 48 do Cabo, África do Sul) equipado com ponteira de 11 mm de diâmetro.

Os valores de AT (% ácido málico) foram obtidos através de uma amostra de 10 mL de suco, obtido pelo processamento dos frutos em uma centrífuga. Essa

amostra foi diluída em 90 mL de água destilada e titulada com solução de NaOH 0,1N até pH 8,1. Para titulação das amostras foi utilizado um titulador automático TitroLine® easy da SCHOTT Instruments (Mainz, Alemanha). Os teores de SS (°Brix) foram determinados em um refratômetro digital modelo PR201α (Atago®, Tóquio, Japão), utilizando uma alíquota do suco obtido pelo processamento dos frutos. A relação de SS/AT foi determinada pela razão entre os atributos SS e AT.

O índice de iodo-amido foi avaliado utilizando uma escala de 1 a 5. Onde, índice 1 indica o teor máximo de amido, e o índice 5 representa o amido totalmente hidrolisado.

Para avaliar o escurecimento de polpa, foram feitos cortes na secção transversal dos frutos. Realizou-se, a contagem dos frutos que apresentavam regiões internas da polpa com qualquer tipo de escurecimento. A polpa farinácea foi determinada pela avaliação subjetiva visual e quantificação dos frutos que apresentavam sintomas como polpa seca e pouca suculência.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, segundo um fatorial 5x2, com quatro repetições compostas por 20 frutos cada. Dados em porcentagem foram transformados para arco sen $(x/100)^{0,5}$, antes de se proceder à análise estatística. Os dados foram submetidos a análise de variância e as médias dos tratamentos comparada pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.3.1 Após a colheita dos frutos

Na safra 2014/15, a taxa de produção de etileno foi reduzida pela aplicação pré-colheita de AVG, seguida ou não pela aplicação de etefom, enquanto que os frutos das plantas que receberam somente aplicação de etefom e do tratamento controle apresentaram taxas de produção de etileno mais elevadas (Tabela 1). De acordo com Steffens et al. (2006), este efeito do etefom deve estar relacionado ao estímulo pelo etileno, liberado através da hidrólise do etefom, à produção autocatalítica deste hormônio. Por outro lado, a aplicação pré-colheita de AVG bloqueia a produção de ACC por inibição da ACC sintase, reduzindo dessa forma a produção de etileno no fruto (BRACKMANN et al., 2015a; POEL; STRAETEN, 2014). Na safra 2015/16, houve interação entre os fatores tratamentos pré-colheita e data de colheita, onde,

independente da data de colheita, qualquer forma de aplicação pré-colheita de AVG ocasionou menor taxa de produção de etileno em relação aos frutos do tratamento controle (Tabela 1). Ozturk, Ozkan e Yildiz (2015) também observaram redução na taxa de produção de etileno em maçãs ‘Jonagold’ tratadas com AVG em dose única e parcelada, em comparação com os frutos do tratamento controle. Adicionalmente, em ambas as safras, a aplicação de etefom em plantas tratadas anteriormente com AVG, não aumentou a produção de etileno, quando comparado com os tratamentos somente com AVG (Tabela 1). Steffens et al. (2006) também observaram este resultado do uso combinado destas duas substâncias em maçãs ‘Gala’. Quanto a data de colheita, somente os frutos do tratamento controle e aplicação pré-colheita de AVG em dose única proporcionaram aumento na produção de etileno com o atraso da colheita (Tabela 1). Segundo Brackmann et al. (2009b) quanto maior a produção e a ação do etileno, maior a velocidade do amadurecimento e senescência dos frutos.

Tabela 1 - Taxas de produção de etileno ($\text{pmol C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$) e de respiração ($\text{nmol de CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$) dos frutos, em macieiras ‘Baigent’ tratadas em pré-colheita com aminoetoxivinilglicina (AVG) e etefom, colhidos em duas datas.

Tratamentos	Safr 2014/15		Safr 2015/16		Média
	Colheita 1	Colheita 2	Colheita 1	Colheita 2	
	Taxa de produção de etileno		Taxa de produção de etileno		
Controle	-	545,2 A*	2,9 Ab	24,4 Aa	.
AVG (125 mg L ⁻¹)	-	131,5 B	0,0 Bb	1,1 Ba	.
Etefom (120 mg L ⁻¹)	-	696,0 A	.	.	.
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹)	-	87,4 B	0,6 Ba	1,8 Ba	.
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹) + (Etefom 120 mg L ⁻¹)	-	113,4 B	0,2 Ba	4,7 Ba	.
CV (%)	44,5		83,4		
	Taxa respiratória		Taxa respiratória		
Controle	-	124,0 A	1132,4	94,9	109,4 A*
AVG (125 mg L ⁻¹)	-	79,9 B	943,4	96,6	94,2 B
Etefom (120 mg L ⁻¹)	-	98,3 AB	.	.	.
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹)	-	84,2 B	959,5	102,7	99,3 AB
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹) + (Etefom 120 mg L ⁻¹)	-	91,5 AB	971,9	103,3	100,3 AB
Média	-	-	1001,8 a	99,4 b	
CV (%)	11,2		8,2		

Fonte: Elaborada pela autora, 2018. *Médias não seguidas da mesma letra, maiúscula na vertical e minúsculas na horizontal, diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$) (Safr 2015/16). Médias não seguidas da mesma letra na vertical, diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$) (Safr 2014/15). -: Dados não obtidos.

A taxa respiratória na safra 2014/15 foi menor nos frutos das plantas que receberam somente aplicação de AVG, quando comparada com os frutos do tratamento controle, porém, frutos das plantas que receberam aplicação pré-colheita de etefom, combinado ou não com AVG, não diferiram dos demais tratamentos. Na safra 2015/16, apenas a aplicação de AVG em dose única apresentou menor taxa respiratória em comparação aos frutos do tratamento controle, porém a aplicação parcelada de AVG, combinada ou não com etefom, apresentou valores intermediários, sem diferir do tratamento controle e AVG em dose única (Tabela 1). A redução da taxa respiratória pelo AVG pode estar relacionada à menor produção de etileno pelos frutos, pois a respiração é considerada um processo dependente do etileno (PRE-AYMARD et al., 2003). Segundo Steffens et al. (2007), frutos que apresentam taxas respiratórias mais elevadas tendem a entrar em senescência mais cedo e a ter sua vida pós-colheita reduzida.

Avaliação da variável h° na região mais vermelha representa a intensidade de cor vermelha na epiderme dos frutos. Para esta variável, na primeira safra, houve interação entre os fatores tratamento pré-colheita e data de colheita (Tabela 2). Na primeira colheita, a aplicação pré-colheita parcelada de AVG (combinado ou não com etefom) proporcionou frutos com menor intensidade de cor vermelha (maior h° na região mais vermelha), porém sem diferir do tratamento AVG em dose única. Os menores valores de h° ocorreram nos frutos das plantas que receberam somente aplicação de etefom e no tratamento controle (maior intensidade de cor vermelha da epiderme). Na segunda colheita, aplicação pré-colheita de AVG em dose única, proporcionou frutos com menor intensidade de cor vermelha (maior h° na região mais vermelha), e a aplicação pré-colheita somente de etefom e o tratamento controle, apresentaram frutos com maior intensidade de cor vermelha (menor h° na região mais vermelha), enquanto que a aplicação pré-colheita parcelada de AVG, combinada ou não com etefom, apresentou valores intermediários de h° , não diferindo dos demais tratamentos. Apenas os frutos das plantas que receberam aplicação de AVG em dose única não alteraram a intensidade da cor vermelha da epiderme com o retardo na data de colheita, enquanto que os demais tratamentos aumentaram a intensidade de cor vermelha com o retardo na colheita. Na safra 2015/16, a aplicação pré-colheita de AVG em dose única proporcionou frutos com menor intensidade de cor vermelha na epiderme, porém, sem diferir da aplicação pré-colheita de AVG parcelado, que, não apresentou diferença do tratamento controle (Tabela 2). Estes resultados estão de

acordo com Greene e Schupp (2004), que relatam que o AVG em dose única retarda o desenvolvimento da cor vermelha da epiderme. Ozturk, Ozkan e Yildiz (2015) observaram que aplicação de AVG em dose única apresentou menor intensidade de cor vermelha na epiderme de maçãs 'Jonagold', em relação aos frutos tratados com AVG parcelado. Ozturk et al. (2013) observaram maior valor de h° em maçãs 'Braeburn' que receberam aplicação pré-colheita de AVG, em relação aos frutos do tratamento controle. Por outro lado, Ozkan et al. (2012) não observaram diferença do valor de h° entre a aplicação de AVG e o controle em maçãs 'Braeburn'. As diferenças encontradas nos diferentes estudos, podem ser devidas a cultivar e condições climáticas da região. Segundo Amarante, Steffens e Blum (2010), a mudança na cor durante o amadurecimento é considerada processo dependente de etileno, o que explica a menor intensidade de coloração vermelha nos tratamentos com AVG. Além disso, como as maçãs foram produzidas em pomar coberto com tela antigranizo, pode-se ter efeito de tratamento e da tela sobre o desenvolvimento da coloração vermelha dos frutos, pois segundo Amarante et al. (2009), a utilização de telas antigranizo resulta em frutos com menor intensidade de cor vermelha da epiderme.

Tabela 2 - Ângulo 'hue' (h°) avaliado na região mais e menos vermelha e índice de cor vermelha, em macieiras 'Baigent' tratadas em pré-colheita com aminoetoxivinilglicina (AVG) e etefom, colhidos em duas datas.

Tratamentos	Safr 2014/15			Safr 2015/16		
	Colheita 1	Colheita 2	Média	Colheita 1	Colheita 2	Média
	hº (Região + vermelha)			hº (Região + vermelha)		
Controle	30,4 Ba	24,3 Bb	.	34,2	28,5	31,3 B*
AVG (125 mg L ⁻¹)	32,2 ABa	29,4 Aa	.	58,0	41,9	50,0 A
Etefom (120 mg L ⁻¹)	28,0 Ba	23,7 Bb	.	.	.	.
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹)	35,4 Aa	27,4 ABb	.	48,5	37,7	41,9 AB
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹) + etefom (120 mg L ⁻¹)	36,6 Aa	26,5 ABb	.	44,8	32,0	38,4 B
Média	.	.	.	46,1 a	35,0 b	.
CV (%)	7,2		.	15,5		.
Tratamentos	hº (Região – vermelha)			hº (Região – vermelha)		
			Média			Média
Controle	85,3	59,8	2,5 B	70,4	74,1	72,2 B
AVG (125 mg L ⁻¹)	94,8	69,9	2,4 A	100,4	89,7	95,1 A
Etefom (120 mg L ⁻¹)	81,5	49,9	5,7 B	.	.	.
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹)	81,9	62,6	2,2 B	99,1	86,6	92,9 A
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹) + etefom (120 mg L ⁻¹)	79,7	56,9	8,3 B	92,1	81,8 8	86,9 A
Média	84,6 a	59,8 b	.	90,5 a	83,0 b	.
CV (%)	9,3		.	7,7		.
Tratamentos	Índice de Cor Vermelha (1-4)			Índice de Cor Vermelha (1-4)		
			Média			Média
Controle	2,5	4,0	3,3 A	3,9	3,5	3,7 A
AVG (125 mg L ⁻¹)	2,0	3,3	2,6 B	2,4	2,6	2,5 B
Etefom (120 mg L ⁻¹)	3,0	4,0	3,5 A	.	.	.
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹)	2,3	4,0	3,1 AB	2,6	3,0	2,8 AB
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹) + etefom (120 mg L ⁻¹)	2,5	3,8	3,1 AB	3,0	3,5	3,3 AB
Média	2,5 b	3,8 a	.	3,0 a	3,2 a	.
CV (%)	12,0		.	19,6		.

Fonte: Elaborada pela autora, 2018. *Médias não seguidas da mesma letra, maiúscula na vertical e minúsculas na horizontal, diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

Avaliação da variável h° na região menos vermelha representa o amarelecimento da epiderme do fruto, a transição do verde para o amarelo. Na safra 2014/15, a aplicação pré-colheita de AVG em dose única apresentou maiores valores de h° , ou seja, os frutos deste tratamento estavam com a cor de fundo mais esverdeada em comparação aos frutos dos demais tratamentos. Na safra 2015/16, qualquer forma de aplicação de AVG apresentou maiores valores de h° , indicando que os frutos estavam com a cor de fundo mais esverdeada em relação aos frutos do tratamento controle (Tabela 2). Para Amarante, Steffens e Blum (2010), o efeito do

AVG sobre a redução do amarelecimento da epiderme deve estar relacionado com a menor atividade das enzimas envolvidas na degradação das clorofilas, em função da menor síntese de etileno. Hawerth et al. (2011) observaram comportamento semelhante em maçãs 'Imperial Gala', pois indiferentemente da época e parcelamento de aplicações, os frutos tratados com AVG apresentavam cor de fundo da epiderme mais verde do que os do tratamento controle.

Nas duas safras avaliadas, a aplicação parcelada de AVG, combinada ou não com etefom, não reduziu a superfície do fruto recoberta com coloração vermelha. Assim, a aplicação parcelada de AVG, e a aplicação de etefom em plantas anteriormente tratadas com AVG, proporcionou frutos com ICV semelhante ao do tratamento controle. Por outro lado, os frutos tratados com AVG em dose única apresentaram menor ICV comparativamente aos frutos tratados somente com etefom e do tratamento controle (Tabela 2; Apêndices: A, B, C, D e E). Steffens et al. (2006) também verificaram redução da porcentagem de cor vermelha da epiderme em maçãs 'Gala' tratadas com AVG. A redução no desenvolvimento da cor vermelha da epiderme nos frutos tratados com AVG em dose única pode estar relacionado com a menor taxa de produção de etileno em comparação aos frutos do tratamento controle (Tabela 1), pois a inibição na síntese do etileno pelo AVG pode atrasar ou inibir a expressão de genes da biossíntese de antocianinas, resultando em atraso e diminuição da coloração vermelha da epiderme de maçãs (AMARANTE; STEFFENS; BLUM, 2010). Além disso, a quantidade e qualidade de luz incidente no interior da copa também pode interferir no desenvolvimento da cor vermelha da epiderme em maçãs, podendo dessa forma, a tela antigranizo causar efeito sobre a cor da casca, pois, segundo Amarante et al. (2009), a utilização de telas antigranizo resultam em frutos com menor porcentagem de cor vermelha da epiderme. Em estudo realizado por Leite, Petry e Mondardo (2002), a utilização de telas antigranizo em maçãs 'Gala', reduziu até 14,2% a coloração vermelha dos frutos.

Com relação a firmeza de polpa, na safra 2014/15, a aplicação pré-colheita de AVG, independente da forma, proporcionou frutos com maior firmeza de polpa em relação aos frutos que receberam somente aplicação pré-colheita de etefom e do tratamento controle. Por outro lado, na safra 2015/16 não houve efeito dos tratamentos pré-colheita sobre esse atributo (Tabela 3). Maior firmeza de polpa em maçãs que receberam aplicação pré-colheita de AVG em relação aos frutos do

tratamento controle tem sido observado também por Petry, Hawerroth e Leite (2010), em maçãs 'Imperial Gala', e por Ozturk, Ozkan e Yildiz (2015), em maçãs 'Jonagold'. Segundo Steffens et al. (2005), a resposta da firmeza de polpa ao AVG está diretamente associada à redução na síntese do etileno necessário à atividade de enzimas relacionadas. De acordo com Li, Zhu e Yuan (2010), o aumento na atividade das enzimas associadas com a degradação da parede celular, tais como a poligalacturonase, está correlacionado com aumento na produção de etileno. Todavia, esta variação nos resultados entre os anos de produção, pode estar relacionado com o estágio da maturação dos frutos na colheita, além das condições ambientais diferenciadas durante o ciclo.

Tabela 3 - Firmeza de polpa e forças para ruptura da casca e penetração da polpa em macieiras 'Baigent' tratadas em pré-colheita com aminoetoxivinilglicina (AVG) e etefom, colhidos em duas datas.

Tratamentos	Safr 2014/15			Safr 2015/16		
	Colheita 1	Colheita 2	Média	Colheita 1	Colheita 2	Média
	Firmeza de Polpa (N)			Firmeza de Polpa (N)		
Controle	70,7	57,2	64,0 B*	81,2	69,8	74,2 ^{ns}
AVG (125 mg L ⁻¹)	74,8	60,3	67,6 A	79,1	73,7	76,4
Etefom (120 mg L ⁻¹)	72,0	56,8	64,4 B	.	.	.
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹)	75,3	62,0	68,7 A	76,1	74,2	75,2
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹) + etefom (120 mg L ⁻¹)	75,1	60,6	68,9 A	76,7	76,3	76,5
Média	73,6 a	59,3 b		77,9 a	73,4 b	
CV (%)	3,2			4,2		
	Força para penetração da polpa (N)			Força para penetração da polpa (N)		
Controle	3,3	2,6	2,9 ^{ns}	3,7	3,1	3,4 B
AVG (125 mg L ⁻¹)	3,5	2,7	3,1	3,9	3,6	3,8 A
Etefom (120 mg L ⁻¹)	3,3	2,6	3,0	.	.	.
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹)	3,7	2,7	3,2	3,9	3,6	3,8 A
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹) + etefom (120 mg L ⁻¹)	3,5	2,7	3,1	3,7	3,7	3,7 A
Média	3,5 a	2,6 b		3,8 a	3,5 b	
CV (%)	6,4			4,5		
	Força para ruptura da casca (N)			Força para ruptura da casca (N)		
Controle	12,1	11,0	11,6 B	13,8	12,4	13,1 ^{ns}
AVG (125 mg L ⁻¹)	12,9	11,7	12,3 A	13,8	13,3	13,6
Etefom (120 mg L ⁻¹)	12,3	11,9	12,1 A	.	.	.
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹)	12,8	12,4	12,6 A	13,2	12,9	13,1
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹) + etefom (120 mg L ⁻¹)	12,8	12,0	12,4 A	14,1	12,9	13,5
Média	12,6 a	11,8 b		13,7 a	12,8 b	
CV (%)	2,9			13,1		

Fonte: Elaborada pela autora, 2018. *Médias não seguidas da mesma letra, maiúscula na vertical e minúsculas na horizontal, diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$). ^{ns}: diferença não significativa.

Na safra 2014/15, não houve efeito de tratamento para força para penetração da polpa, enquanto que na safra seguinte, todas as formas de aplicação pré-colheita de AVG apresentaram frutos com maior força para penetração da polpa em relação aos frutos do tratamento controle (Tabela 3). Para força para ruptura da casca, na safra 2014/15, todas formas de aplicação pré-colheita de AVG apresentaram frutos com maiores valores comparativamente aos frutos do tratamento controle. Nesta safra, somente aplicação de etefom também apresentou frutos com maiores valores

para esse atributo. Por outro lado, na safra 2015/16, não houve efeito de tratamento para força para ruptura da casca (Tabela 3). Segundo Guillermin et al. (2006), pode ocorrer comportamento diferenciado entre a consistência da polpa e a resistência da epiderme, pois a resistência do tecido epidérmico sofre menos variação com o avanço do amadurecimento, protegendo o tecido interno contra a desintegração das células.

Na safra 2014/15 houve interação entre os fatores tratamento pré-colheita e data de colheita para a variável índice de iodo-amido. Na primeira colheita, os frutos das plantas tratadas com AVG parcelado apresentaram menor índice de iodo-amido, seguido do tratamento AVG em dose única, enquanto que o controle foi o tratamento que proporcionou frutos com maior índice de iodo-amido. Na segunda colheita, não houve diferença entre os tratamentos pré-colheita para esta variável. Na segunda safra, qualquer forma de aplicação de AVG proporcionou frutos com menor índice de iodo-amido em relação aos frutos do tratamento controle (Tabela 4). Hawerroth et al. (2011) também observaram, em maçãs 'Imperial Gala', maior teor de amido nos frutos que receberam aplicação pré-colheita de AVG, tanto naqueles que receberam aplicação em dose única (120 g ha^{-1} , 4 semanas antes do ponto de colheita - SAPC) como na forma parcelada [60 g ha^{-1} de AVG (4 SAPC) + 60 g ha^{-1} de AVG (2 SAPC)]. Provavelmente, o maior teor de amido em frutos com aplicação de AVG tenha culminado em SS mais baixos (Tabela 4), uma vez que as moléculas de amido são convertidas em monossacarídeos durante o amadurecimento do fruto (BRACKMANN et al., 2015a). Além disso, a degradação do amido é consequência direta da indução causada pelo etileno.

Tabela 4 - Sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), relação SS/AT e índice de iodo-amido em macieiras 'Baigent' tratadas em pré-colheita com aminoetoxivinilglicina (AVG) e etefom, colhidos em duas datas.

Tratamentos	Safr 2014/15			Safr 2015/16		
	Colheita 1	Colheita 2	Média	Colheita 1	Colheita 2	Média
	Índice de iodo-amido (1-5)			Índice de iodo-amido (1-5)		
Controle	4,5 Ab	5,0 Aa	.	3,3	4,7	4,0 A
AVG (125 mg L ⁻¹)	4,0 Bb	4,9 Aa	.	2,9	3,6	3,2 B
Etefom (120 mg L ⁻¹)	4,5 ABb	5,0 Aa	.	.	.	.
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹)	3,4 Cb	4,9 Aa	.	2,7	3,3	3,0 B
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹) + etefom (120 mg L ⁻¹)	4,3 ABb	5,0 Aa	.	3,5	3,6	3,5 AB
Média	.	.		3,1 b	3,9 a	
CV (%)	3,3			12,1		
	SS (°Brix)			SS (°Brix)		
Controle	10,8	11,9	11,4 AB*	11,8	12,2	12,0 A
AVG (125 mg L ⁻¹)	10,5	11,9	11,2 B	10,2	10,6	10,4 C
Etefom (120 mg L ⁻¹)	11,4	12,5	11,9 A	.	.	.
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹)	10,6	12,0	11,3 AB	10,0	11,0	10,5 C
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹) + etefom (120 mg L ⁻¹)	10,7	12,0	11,2 AB	10,6	11,9	11,3 B
Média	10,8 b	12,0 a		10,7 b	11,4 a	
CV (%)	4,4			4,1		
	AT (% ácido málico)			AT (% ácido málico)		
Controle	0,193	0,191	0,192 B	0,189	0,165	0,177 ^{ns}
AVG (125 mg L ⁻¹)	0,209	0,202	0,206 A	0,161	0,144	0,153
Etefom (120 mg L ⁻¹)	0,205	0,200	0,202 AB	.	.	.
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹)	0,211	0,198	0,205 A	0,176	0,159	0,167
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹) + etefom (120 mg L ⁻¹)	0,215	0,191	0,203 A	0,181	0,172	0,177
Média	0,207a	0,196 b		0,177 a	0,160 b	
CV (%)	3,50			8,68		
	SS/AT			SS/AT		
Controle	56,0	62,7	59,4 ^{ns}	62,9	75,2	69,0 ^{ns}
AVG (125 mg L ⁻¹)	49,7	57,7	53,9	63,6	73,7	68,6
Etefom (120 mg L ⁻¹)	54,9	62,4	59,2	.	.	.
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹)	50,2	61,7	55,1	56,8	69,2	63,0
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹) + etefom (120 mg L ⁻¹)	49,8	62,6	55,2	59,1	69,2	64,1
Média	52,0 b	61,5 a		60,6 b	71,8 a	
CV (%)	6,2			8,0		

Fonte: Elaborada pela autora, 2018. *Médias não seguidas da mesma letra, maiúscula na vertical e minúsculas na horizontal, diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$). ^{ns}: diferença não significativa.

Na safra 2014/15, a aplicação pré-colheita de AVG em dose única proporcionou frutos com menor teor de SS, enquanto que, os frutos das plantas que receberam

somente aplicação de etefom apresentaram maior teor de SS. A aplicação parcelada de AVG, combinada ou não com etefom, e o tratamento controle apresentaram valores intermediários, não diferindo entre os tratamentos. Na safra 2015/16, os frutos que receberam aplicação pré-colheita de AVG em dose única ou parcelada apresentaram menor teor de SS, seguida pela aplicação pré-colheita de AVG parcelado combinada com etefom, enquanto que os frutos do tratamento controle apresentaram maiores valores de SS (Tabela 4). Petry, Hawerth e Leite (2010), trabalhando com AVG em dose única, e Hawerth et al. (2011), com AVG em dose única (120 g ha⁻¹ de AVG - 4 SAPC) e parcelado [60 g ha⁻¹ de AVG (4 SAPC) + 60 g ha⁻¹ de AVG (2 SAPC)], também observaram menor teor de SS em maçãs 'Imperial Gala', em relação aos frutos do tratamento controle. Esta resposta pode estar associada à menor, ou ao atraso, na hidrólise de amido em açúcares solúveis nas maçãs tratadas com AVG (GREENE, 2006).

Para a AT, na safra 2014/15, a aplicação pré-colheita de AVG, em dose única ou parcelada (combinado ou não com etefom), proporcionou frutos com maiores valores de AT em relação aos frutos do tratamento controle, enquanto que, a aplicação pré-colheita somente de etefom não diferiu do controle (Tabela 4). A maior AT nos frutos tratados com AVG pode estar relacionada com a menor taxa respiratória dos frutos desses tratamentos, uma vez que os ácidos orgânicos são consumidos no ciclo dos ácidos tricarboxílicos (STEFFENS et al., 2007). Por outro lado, na safra 2015/16, a AT não foi influenciada pelos tratamentos AVG, combinado ou não com etefom. Quanto a relação SS/AT não houve efeito dos tratamentos pré-colheita em ambas as safras (Tabela 4).

O retardo na colheita proporcionou frutos mais vermelhos, com maiores valores para SS, relação SS/AT e índice iodo-amido, porém, ocasionou redução na AT, na firmeza de polpa, nas forças para penetração da polpa e ruptura da casca e, na taxa respiratória, além de ocasionar aumento no grau de amarelecimento da epiderme (Tabelas 1, 2, 3 e 4), caracterizando avanço na maturação dos frutos.

2.3.2 Após quatro meses de armazenamento refrigerado

Qualquer forma de aplicação pré-colheita de AVG (dose única ou parcelada, combinado ou não com ethephon) reduziu a taxa de produção de etileno, nas avaliações realizadas na saída da câmara e após sete dias em condição ambiente

(Tabela 5). A maior taxa de produção de etileno dos frutos do tratamento controle em comparação aos frutos que receberam aplicação pré-colheita de AVG, pode estar relacionada com uma maior atividade da enzima ACC oxidase e com uma maior concentração interna de etileno (BRACKMANN et al., 2015a). Segundo Brackmann et al. (2004), a rápida perda da qualidade em maçãs 'Gala' armazenada sob refrigeração está ligada às altas taxas de produção de etileno, além da alta taxa respiratória desta cultivar. Dessa forma, quanto mais elevada a produção e a ação do etileno maior deverá ser a velocidade do amadurecimento e senescência dos frutos (BRACKMANN et al., 2009b).

Tabela 5 - Taxa de produção de etileno ($\text{pmol C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$) e taxa respiratória ($\text{nmol de CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$) em macieiras 'Baigent' tratadas em pré-colheita com aminoetoxivinilglicina (AVG) e etefom, colhidos em duas datas, avaliados na saída da câmara e após quatro meses de armazenamento refrigerado e mais sete dias em condição ambiente, na safra 2015/16.

Tratamentos	Colheita 1 Colheita 2		Colheita 1 Colheita 2			
	Produção de etileno		Média	Taxa respiratória		Média
Saída da câmara						
Controle	731,4	2479,1	1605,3 A	263,1	119,5	191,3 A
AVG (125 mg L ⁻¹)	5,2	68,5	36,9 B	204,5	85,4	145,0 C
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹)	1,5	175,3	88,4 B	220,8	104,1	162,4 B
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹) + etefom (120 mg L ⁻¹)	5,2	697,3	351,3 B	233,0	108,0	170,5 B
Média	185,8 b	855,1 a		230,4 a	104,3 b	
CV (%)	33,3			3,7		
Após sete dias em condição ambiente						
	Produção de etileno		Média	Taxa respiratória		Média
Controle	11567,0	7998,7	9783,0 A	80,2	146,2	113,2 A
AVG (125 mg L ⁻¹)	2348,9	3686,7	3018,0 B	62,5	115,3	88,8 B
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹)	1725,9	4883,7	3305,0 B	66,6	143,2	104,9 AB
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹) + etefom (120 mg L ⁻¹)	105,7	4152,9	2129,0 B	54,1	136,8	95,5 AB
Média	3936,9 a	5180,0 a		65,9 b	135,4 a	
CV (%)	51,9			10,7		

Fonte: Elaborada pela autora, 2018. *Médias não seguidas da mesma letra, maiúscula na vertical e minúsculas na horizontal, diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

Na saída da câmara, os frutos do tratamento controle apresentaram maior taxa respiratória do que os frutos que receberam aplicação pré-colheita de AVG, principalmente quando aplicado em dose única. No entanto, na avaliação realizada

após sete dias em condição ambiente, apenas a aplicação pré-colheita de AVG em dose única apresentou menor taxa respiratória em comparação aos frutos do tratamento controle, enquanto que as demais formas de aplicação pré-colheita de AVG apresentaram valores intermediários, não diferindo entre os tratamentos (Tabela 5). A taxa respiratória mais baixa pode estar relacionada com a menor produção de etileno desses frutos, pois a respiração é um processo dependente do etileno (PRE-AYMARD et al., 2003).

Para a variável h° , na saída da câmara, a aplicação pré-colheita de AVG em dose única proporcionou frutos com maior h° na região menos vermelha, seguida pelos frutos que receberam aplicação pré-colheita de AVG parcelado, enquanto que os frutos do tratamento controle apresentaram os menores valores de h° , demonstrando que esses frutos estavam com a cor de fundo mais amarelada. A aplicação pré-colheita de AVG parcelado, tanto na saída da câmara como após sete dias em condição ambiente, apresentou valores intermediários, não diferindo dos melhores e piores tratamentos (Tabela 6), indicando que a aplicação parcelada de AVG não influenciou, de forma significativa, o desenvolvimento da coloração amarelada na epiderme dos frutos. Na safra 2015/16, a aplicação pré-colheita de AVG, independente da forma, tanto na saída da câmara, como após sete dias de exposição dos frutos em condição ambiente, manteve a cor de fundo dos frutos mais verdes (Tabela 6). De acordo com Brackmann et al. (2009a), este efeito do AVG pode estar relacionado com a menor atividade das enzimas clorofilases. O amarelecimento da epiderme em maçãs geralmente é considerado comercialmente como um atributo negativo e como um indicativo de senescência.

Tabela 6 - Atributos de cor (ângulo 'hue' - h°) avaliados na região menos vermelha dos frutos em macieiras 'Baigent' tratadas em pré-colheita com aminoetoxivinilglicina (AVG) e etefom, colhidos em duas datas, após quatro meses de armazenamento refrigerado, avaliados na saída da câmara e após sete dias em condição ambiente.

Tratamentos	Safr 2014/15			Safr 2015/16		
	Colheita 1	Colheita 2		Colheita 1	Colheita 2	
	Saída da Câmara					
	<i>h</i> °		Média	<i>h</i> °		Média
Controle	67,0	41,2	54,1 C	85,4	85,8	85,6 B*
AVG (125 mg L ⁻¹)	80,7	56,4	70,3 A	98,0	93,8	95,9 A
Etefom (120 mg L ⁻¹)	65,4	44,8	56,5 BC	.	.	.
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹)	76,0	49,8	62,9 B	99,2	95,7	97,4 A
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹) + etefom (120 mg L ⁻¹)	71,0	37,1	56,5 BC	97,6	90,6	95,0 A
Média	72,3 a	46,1 b		95,1 a	91,5 a	
CV (%)	7,3			4,0		
Após sete dias em condição ambiente						
	<i>h</i> °		Média	<i>h</i> °		Média
Controle	70,8	46,5	58,7 B	85,5	85,5	85,5 B
AVG (125 mg L ⁻¹)	84,0	57,1	70,6 A	93,4	94,3	93,9 A
Etefom (120 mg L ⁻¹)	68,7	49,3	59,0 B	.	.	.
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹)	76,9	58,2	67,6 AB	97,9	93,0	95,4 A
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹) + etefom (120 mg L ⁻¹)	73,6	48,8	61,2 AB	97,2	89,0	93,1 A
Média	74,8 a	52,0 b		93,5 a	90,4 b	
CV (%)	11,2			3,2		

Fonte: Elaborada pela autora, 2018. *Médias não seguidas da mesma letra, maiúscula na vertical e minúsculas na horizontal, diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

Os teores de SS e AT são atributos responsáveis pelo sabor dos frutos. Quanto ao teor de SS, na safra 2014/15, após o armazenamento refrigerado, os frutos do tratamento AVG parcelado combinado com etefom apresentaram menores valores de SS comparativamente aos frutos do tratamento controle, porém, sem diferir dos demais tratamentos. Na safra 2015/16, teor de SS foi maior nos frutos do tratamento controle e nos frutos que receberam aplicação parcelada de AVG combinada com etefom (Tabela 7). Segundo Steffens et al. (2011), os maiores valores de SS podem estar relacionados com o maior conteúdo de pectinas solúveis, uma vez que estes frutos tiveram os menores valores de firmeza de polpa e menor força para ruptura da casca e penetração da polpa (Tabela 8), demonstrando maior avanço no amadurecimento dos frutos do tratamento controle. Por outro lado, após o período de armazenamento refrigerado, a AT e a relação SS/AT não foram influenciadas pelos

tratamentos, nas duas safras (Tabela 7). Steffens et al. (2005) também não observaram influência do AVG sobre a AT de maçãs 'Gala' após o armazenamento dos frutos.

Tabela 7 - Sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e relação SS/AT em macieiras 'Baigent' tratadas em pré-colheita com aminoetoxivinilglicina (AVG) e etefom, colhidos em duas datas, após quatro meses de armazenamento refrigerado e mais sete dias em condição ambiente.

Tratamentos	Safr 2014/15			Safr 2015/16		
	Colheita 1 Colheita 2		Média	Colheita 1 Colheita 2		Média
	SS (°Brix)			SS (°Brix)		
Controle	11,5	12,7	12,1 A*	12,5	12,8	12,7 A
AVG (125 mg L ⁻¹)	11,4	12,0	11,7 AB	11,7	11,6	11,6 B
Etefom (120 mg L ⁻¹)	11,9	11,8	11,8 AB	.	.	.
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹)	10,8	11,9	11,3 AB	11,3	12,2	11,8 B
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹) + etefom (120 mg L ⁻¹)	10,6	11,9	11,2 B	11,6	12,8	12,2 AB
Média	11,2 b	12,1 a		11,9 b	12,3 a	
CV (%)	4,5			3,0		
	AT (% ácido málico)			AT (% ácido málico)		
Controle	0,264	0,183	0,223 ^{ns}	0,226	0,208	0,217 ^{ns}
AVG (125 mg L ⁻¹)	0,263	0,196	0,229	0,234	0,209	0,222
Etefom (120 mg L ⁻¹)	0,258	0,178	0,218	.	.	.
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹)	0,278	0,189	0,234	0,260	0,216	0,238
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹) + etefom (120 mg L ⁻¹)	0,268	0,185	0,226	0,241	0,234	0,237
Média	0,266 a	0,186 b		0,240 a	0,217 b	
CV (%)	6,66			11,20		
	SS/AT			SS/AT		
Controle	43,3	69,6	56,4 ^{ns}	55,6	61,3	58,5 ^{ns}
AVG (125 mg L ⁻¹)	43,5	61,1	52,3	51,4	55,4	53,4
Etefom (120 mg L ⁻¹)	46,0	66,0	56,0	.	.	.
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹)	38,7	62,9	50,8	43,0	56,3	49,7
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹) + etefom (120 mg L ⁻¹)	39,4	64,1	51,7	48,3	55,1	51,7
Média	42,2 b	64,7 a		49,6 b	57,0 a	
CV (%)	10,3			10,8		

Fonte: Elaborada pela autora, 2018. *Médias não seguidas da mesma letra, maiúscula na vertical e minúsculas na horizontal, diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$). ^{ns}: diferença não significativa.

A firmeza de polpa foi maior, em ambas as safras e colheitas, em frutos de plantas tratadas com AVG, independente da forma de aplicação e da combinação com posterior aplicação de etefom (Tabela 8). É provável que a maior taxa respiratória desses frutos do tratamento controle (Tabela 5) resultou em menor firmeza de polpa, pelo aumento no metabolismo e na atividade das enzimas da parede celular

(BRACKMANN et al., 2015a). Segundo Brackmann et al. (2009a), a maior firmeza de polpa nos frutos tratados com AVG está relacionada à redução na produção de etileno dos frutos, o que pode ser observado no presente trabalho (Tabela 5). De acordo com Johnston et al. (2001) e Majumder e Mazumdar (2002), a presença de etileno é necessária para a atividade das enzimas de degradação das paredes celulares. Majumdar e Mazumder (2002) constataram que o aumento na atividade da enzima poligalacturonase está altamente correlacionado com a evolução de etileno. Assim, o fruto submetido à tratamentos com AVG tem menor atividade enzimática e menor degradação da parede celular (NISHIYAMA et al., 2007).

Segundo Harker et al. (2008), a firmeza da polpa de maçãs deve ser superior a 62 N para máxima aceitação pelos consumidores. Contudo, quando os níveis de firmeza são inferiores a 53 N, observa-se redução da crocância e da suculência dos frutos e aumento significativo da incidência de polpa farinácea, sendo estas características percebidas de forma negativa pelos consumidores (HARKER et al., 2002). Na safra 2015/16, todos os frutos avaliados logo após a colheita apresentaram firmeza de polpa superior a 69 N, mesmo àqueles colhidos 14 DACC (Tabela 2). Após o armazenamento refrigerado, toda forma de aplicação de AVG (dose única ou parcelada e, combinada ou não com etefom) apresentaram frutos com valores de firmeza de polpa superiores a 53 N, enquanto que apenas frutos do tratamento controle apresentaram firmeza de polpa abaixo do aceitável pelo consumidor, tanto àqueles colhidos na colheita comercial, como àqueles colhidos após 14 DACC, indicando perda de qualidade. Dessa forma, maçãs que receberam aplicação pré-colheita de AVG, dose única ou parcelada e combinada ou não com etefom, apresentaram menor perda de firmeza de polpa após o período de armazenamento refrigerado, em comparação aos frutos do tratamento controle, sendo em torno de 20 % de redução na firmeza de polpa para frutos que receberam aplicação pré-colheita de AVG, e cerca de 35 % de perda de firmeza de polpa para os frutos do tratamento controle. Os frutos que receberam aplicação pré-colheita de AVG, independente da forma e da combinação com etefom, podem ser colhidos tardiamente (14 DACC) e destinados à armazenagem, enquanto que maçãs do tratamento controle podem ser destinadas à comercialização imediata ou para armazenamento refrigerado por um período menor, por três meses para maçãs colhidas na colheita comercial e por dois meses para maçãs colhidas 14 DACC. Segundo Mitsuhashi-Gonzalez et al. (2010), a

menor firmeza de polpa em maçãs não resulta apenas em menor apreciação sensorial pelos consumidores, mas também favorece a incidência de escurecimento da polpa e aumenta a vulnerabilidade dos frutos a danos mecânicos e podridões.

Tabela 8 - Firmeza de polpa, força para ruptura da casca e força para penetração da polpa em macieiras 'Baigent' tratadas em pré-colheita com aminoetoxivinilglicina (AVG) e etefom, colhidos em duas datas, após quatro meses de armazenamento refrigerado e mais sete dias em condição ambiente.

Tratamentos	Safr 2014/15			Safr 2015/16		
	Colheita 1	Colheita 2	Média	Colheita 1	Colheita 2	Média
	Firmeza de Polpa (N)			Firmeza de Polpa (N)		
Controle	47,4	43,0	45,2 B*	51,1	45,3	47,7 B
AVG (125 mg L ⁻¹)	53,8	53,7	53,7 A	62,1	62,7	62,4 A
Etefom (120 mg L ⁻¹)	51,3	48,4	49,8 AB	.	.	.
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹)	52,6	52,4	52,5 A	59,5	58,2	58,8 A
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹) + etefom (120 mg L ⁻¹)	54,4	50,1	52,2 A	67,7	56,7	62,2 A
Média	51,9 a	49,5 a		61,11 a	55,7 b	
CV (%)	7,8			6,31		
	Força para ruptura da casca (N)			Força para ruptura da casca (N)		
Controle	10,5	10,4	10,5 B	10,9	10,5	10,7 C
AVG (125 mg L ⁻¹)	11,2	11,2	11,2 AB	13,9	13,9	13,9 A
Etefom (120 mg L ⁻¹)	10,4	10,7	10,5 B	.	.	.
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹)	11,7	11,5	11,6 A	12,2	12,3	12,3 B
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹) + etefom (120 mg L ⁻¹)	11,5	10,4	11,0 AB	13,07	11,9	12,5 B
Média	11,1 a	10,8 a		12,5 a	12,2 a	
CV (%)	6,0			3,6		
	Força para penetração da polpa (N)			Força para penetração da polpa (N)		
Controle	2,1	1,8	1,9 B	2,1	1,9	2,0 C
AVG (125 mg L ⁻¹)	2,2	2,2	2,2 A	2,7	2,7	2,7 A
Etefom (120 mg L ⁻¹)	1,9	1,9	1,9 B	.	.	.
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹)	2,2	2,1	2,2 A	2,5	2,3	2,4 B
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹) + etefom (120 mg L ⁻¹)	2,3	2,0	2,1 AB	2,7	2,4	2,5 AB
Média	2,1 a	2,0 b		2,5 a	2,3 b	
CV (%)	6,3			4,7		

Fonte: Elaborada pela autora, 2018. *Médias não seguidas da mesma letra, maiúscula na vertical e minúsculas na horizontal, diferem entre si pelo teste Tukey (p<0,05).

A aplicação pré-colheita de AVG parcelada proporcionou, na primeira safra, frutos com maiores valores de força para ruptura da casca, em relação aos frutos do tratamento controle e aqueles que receberam somente aplicação pré-colheita de etefom, porém, sem diferença entre frutos das plantas que receberam aplicação pré-

colheita de AVG dose única e de AVG parcelado combinado com etefom. Por outro lado, na safra 2015/16, todas as formas de aplicação de AVG apresentaram maiores valores de força para a ruptura da casca, enquanto que os frutos que receberam aplicação pré-colheita de AVG em dose única tiveram o valor mais elevado, e os frutos que receberam aplicação parcelada de AVG, combinada ou não com etefom, valores intermediários (Tabela 8). Quanto à força para penetração na polpa, em ambas as safras, a aplicação pré-colheita de AVG, dose única ou parcelada, apresentaram os valores mais elevados, porém sem diferir dos frutos das plantas que receberam aplicação pré-colheita de AVG parcelado combinado com etefom (Tabela 8). Steffens et al. (2006) também verificaram maior consistência da polpa em maçãs tratadas com AVG. Segundo Steffens et al. (2011), a resposta da textura dos frutos aos tratamentos com AVG está diretamente relacionada ao seu efeito sobre a redução na síntese do etileno.

Qualquer forma de aplicação pré-colheita de AVG ocasionou redução na incidência de polpa farinácea, em ambas as safras (Tabela 9). A menor ocorrência desse distúrbio pode ser atribuída à menor degradação da pectina na parede das células da polpa, já que os frutos tratados com AVG estavam mais firmes (Tabela 8). Este resultado está de acordo com Steffens et al. (2005), que indicam que a aplicação pré-colheita de AVG pode reduzir a incidência de polpa farinácea. Segundo Payasi et al. (2009), a incidência de polpa farinácea está associada com a concentração de etileno no fruto, pois esse fitormônio é importante para ativar as enzimas poligalacturonases e pectinametilesterases que transformam moléculas de protopectina em pectina solúvel e aumentam a incidência de polpa farinácea.

Tabela 9 - Incidência de polpa farinácea e de escurecimento de polpa em macieiras 'Baigent' tratadas em pré-colheita com aminoetoxivinilglicina (AVG) e etefom, colhidos em duas datas, após quatro meses de armazenamento refrigerado e mais sete dias e mais sete dias em condição ambiente.

Tratamentos pré-colheita	Safr 2014/15			Safr 2015/16		
	Colheita 1	Colheita 2	Média	Colheita 1	Colheita 2	Média
	Polpa Farinácea (%)	Polpa Farinácea (%)		Polpa Farinácea (%)	Polpa Farinácea (%)	
Controle	53,8	77,4	65,6 A*	63,8	48,5	56,1 A
AVG (125 mg L ⁻¹)	13,7	46,0	29,9 C	43,0	0,0	21,5 B
Etefom (120 mg L ⁻¹)	34,1	72,8	53,4 AB	.	.	.
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹)	19,3	48,1	33,7 C	47,2	10,6	28,9 B
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹) + etefom (120 mg L ⁻¹)	27,4	52,2	39,8 BC	26,1	14,9	20,5 B
Média	29,6 b	59,3 a		45,1 a	18,5 b	
CV (%)	27,7			37,1		
Tratamentos pré-colheita	Escurecimento de Polpa (%)			Escurecimento de Polpa (%)		
	Colheita 1	Colheita 2	Média	Colheita 1	Colheita 2	Média
	Polpa Farinácea (%)	Polpa Farinácea (%)		Polpa Farinácea (%)	Polpa Farinácea (%)	
Controle	20,0	49,7	34,4 ^{ns}	0,0 Ab	23,3 Aa	.
AVG (125 mg L ⁻¹)	7,9	24,8	16,4	0,0 Aa	0,0 Ba	.
Etefom (120 mg L ⁻¹)	15,8	43,5	29,7	.	.	.
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹)	8,9	22,3	15,6	0,0 Aa	0,3 Ba	.
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹) + etefom (120 mg L ⁻¹)	11,2	46,2	28,7	0,0 Aa	3,3 Ba	.
Média	12,6 b	37,3 a		.	.	
CV (%)	76,00			69,01		

Fonte: Elaborada pela autora, 2018. *Médias não seguidas da mesma letra, maiúscula na vertical e minúsculas na horizontal, diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$). ^{ns}: diferença não significativa.

Não foi observado, na safra 2014/15, diferença entre os tratamentos pré-colheita para a variável incidência de escurecimento de polpa. Na safra 2015/16 houve interação entre os tratamentos pré-colheita e data de colheita para escurecimento de polpa. Independe do tratamento, os frutos colhidos na colheita comercial não apresentaram escurecimento de polpa, enquanto que nos frutos colhidos 14 DACC, qualquer forma de aplicação pré-colheita de AVG apresentaram baixa incidência de escurecimento de polpa em relação aos frutos do tratamento controle. Quanto à data de colheita, apenas os frutos do tratamento controle apresentaram incremento na incidência de escurecimento de polpa com o atraso da colheita (Tabela 9), indicando que aplicação pré-colheita de AVG, independente da forma, retarda a ocorrência deste distúrbio. A redução do escurecimento de polpa em resposta a aplicação de AVG foi observado também por D'aquino et al. (2010), que afirmam que este resultado decorre do atraso no processo de amadurecimento e a redução da atividade respiratória dos frutos tratados com AVG, o que está associado com baixos níveis de CO₂ endógenos.

Segundo Argenta et al. (2015), a incidência do escurecimento de polpa pode ser devido a menor firmeza de polpa em maçãs, o que pode ser observado no presente trabalho.

Após quatro meses de armazenamento refrigerado e mais sete dias em condição ambiente, o retardo na colheita proporcionou frutos com maior teor de SS, de relação SS/AT e maior grau de amarelecimento da epiderme, e menores valores de AT, de força para penetração na polpa e de firmeza de polpa na segunda safra. Por outro lado, o atraso na colheita não influenciou, na primeira safra, na firmeza de polpa e, em ambas as safras, nas forças para ruptura da casca (Tabelas 5, 6 e 7). Além disso, houve aumento da incidência de escurecimento de polpa e de polpa farinácea, na safra 2014/15, com o retardo da colheita. Por outro lado, na safra 2015/16, houve redução da incidência de polpa farinácea com o atraso da colheita (Tabela 8), que pode ser justificado pelo fator ano de produção, pois nesta safra o florescimento foi escalonado.

Embora a aplicação pré-colheita de AVG dose única ter contribuído para a redução da taxa de produção de etileno e do amarelecimento da epiderme e, ter proporcionado maçãs com maiores valores de firmeza de polpa, também ocasionou redução da intensidade e da porcentagem de cor vermelha da casca, comprometendo o aspecto visual dos frutos. Contudo, maçãs que receberam aplicação pré-colheita de AVG parcelada, além de apresentarem maiores valores de firmeza de polpa e redução no amarelecimento da casca, também apresentaram elevada porcentagem e intensidade de cor vermelha na epiderme, não comprometendo o aspecto visual das maçãs cultivadas sob tela antigranizo. De maneira geral, o efeito do AVG no controle da maturação e do retardo da perda de qualidade durante o armazenamento, em maçãs produzidas sob tela antigranizo, foi muito similar ao obtido em trabalhos realizados com maçãs do grupo 'Gala' produzidos em pleno sol (STEFFENS et al., 2005, 2006; PETRI; LEITE; ARGENTA, 2007, BRACKMANN et al., 2015a).

Apesar da aplicação pré-colheita de AVG ter influenciado negativamente no desenvolvimento da cor vermelha da epiderme, a utilização de tela antigranizo também pode interferir sobre a cor da casca. Em trabalhos realizados para avaliar o efeito da aplicação pré-colheita de AVG em maçãs produzidas sob pleno sol observou-se que em maçãs que receberam aplicação pré-colheita de AVG e cultivadas em pleno sol, também apresentaram retardo no desenvolvimento da cor vermelha (OZKAN et

al., 2012) e redução da intensidade e da porcentagem da cor vermelha da epiderme (OZTURK et al., 2013). Em maçãs 'Brookfield', não foi observado efeito deletério do AVG sobre o desenvolvimento da cor vermelha de maçãs produzidas em pleno sol (BRACKMANN et al, 2015b). Além disso, em clones do grupo 'Gala' menos coloridos, como a 'Gala Standard' e 'Imperial Gala', frutos de plantas cultivadas sob pleno sol e tratadas com AVG, colhidos 14 dias após aqueles do tratamento do controle, apresentam cor vermelha similar aos frutos do tratamento controle, que foram colhidos 14 dias antes (STEFFENS et al., 2006; PETRI; LEITE; ARGENTA, 2007). Porém, maçãs cultivadas sob tela antigranizo podem apresentar maior redução sobre o desenvolvimento da coloração vermelha da casca em resposta ao AVG, pois a quantidade e a qualidade de luz que incide sobre os frutos é reduzida, resultando em maçãs com menor porcentagem e intensidade de cor vermelha.

No presente trabalho, em um dos anos estudados, maçãs 'Baigent' de plantas tratadas com dose única de AVG não apresentaram evolução substancial no desenvolvimento da cor vermelha com retardo de 14 dias na colheita. Isto demonstra que sob tela antigranizo, o impacto negativo do AVG aplicado em dose única sobre a cor vermelha pode ser mais acentuado do que em maçãs produzidas sob pleno sol. Para minimizar estes efeitos faz-se necessário manejar a aplicação do AVG de forma a retardar a maturação dos frutos, sem, contudo, prejudicar o desenvolvimento da cor vermelha dos frutos. Neste sentido, a aplicação parcela de AVG parcelado ($62,5 \text{ mg L}^{-1} + 62,5 \text{ mg L}^{-1}$) aplicado quatro SAPC e 10 dias após a primeira aplicação constitui-se como alternativa para retardar a maturação sem grande prejuízo na cor vermelha da casca de maçãs 'Baigent' produzidas sob tela antigranizo.

2.4 CONCLUSÕES

Na colheita, o aminoetoxivinilglicina, independentemente da forma de aplicação, dose única ou parcelada, e da data de colheita, retarda a maturação de maçãs 'Baigent' produzidas sob tela antigranizo. A aplicação parcelada de aminoetoxivinilglicina, combinada ou não com etefom, independente da data da colheita, não prejudica o desenvolvimento da coloração vermelha da epiderme.

O composto aminoetoxivinilglicina, independentemente da forma de aplicação, dose única ou parcelada e da data de colheita, mantém a qualidade de maçãs 'Baigent' armazenadas sob refrigeração por quatro meses, pois retarda o

amadurecimento dos frutos e reduz a incidência de polpa farinácea e o escurecimento da polpa. Aplicação parcelada de aminoetoxivinilglicina, combinada ou não com etefom, após o armazenamento refrigerado, independente da data de colheita, apresentam menor perda de firmeza de polpa e reduz o amarelecimento da epiderme de maçãs 'Baigent' cultivada sob tela antigranizo.

3 COMPOSTOS BIOATIVOS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE MAÇÃS 'BAIGENT' EM FUNÇÃO DA FORMA DE APLICAÇÃO DE AMINOETOXIVINILGLICINA

3.1 INTRODUÇÃO

As maçãs (*Malus domestica*) são frutas de clima temperado mais populares em termos de área cultivada e volume consumido no Brasil. Apresentam composição balanceada, contendo pectinas, fibras dietéticas, vitaminas, oligossacarídeos e compostos fenólicos de diferentes classes (HYSON, 2011). Estudos mostram os efeitos positivos do consumo de maçãs na saúde humana, atuando na prevenção de diversas doenças crônicas (HYSON, 2011; LI et al., 2012; CONDEZO-HOYOS; MOHANTY; NORATTO, 2014). Esses efeitos benéficos têm sido atribuídos aos compostos fenólicos e ao seu potencial antioxidante (BOUAYED, 2010; BOUAYED; BOHN, 2010).

Os compostos fenólicos possuem um ou mais anéis aromáticos, com um ou mais grupos hidroxila (BOUAYED et al., 2011; LEOPOLDINI; RUSSO; TOSCANO, 2011), o que lhes confere potencial antioxidante. São provenientes do metabolismo secundário e desempenham funções essenciais na bioquímica celular, reprodução, crescimento, mecanismos de defesa (contra patógenos, parasitas e predadores), coloração e sabor dos frutos (HYSON, 2011; PALAFOX-CARLOS; AYALAZAVALA; GONZÁLEZ-AGUILAR, 2011).

Os principais grupos de compostos fenólicos em maçãs são os ácidos fenólicos, di-hidrochalconas, flavonois, flavanois (flavan-3-óis), e antocianinas (CEYMANN et. al., 2012; JAKOBEK et al., 2013). De acordo com os trabalhos de Jakobek et al. (2013), Ceymann et al. (2012) e Tsao et al. (2005), os ácidos fenólicos, di-hidrochalconas e flavonois contribuem, respectivamente, com valores de 3-30%, 1-5% e 2- 10% do conteúdo de compostos fenólicos totais (CFT) em maçãs. Já os flavan-3-óis nas formas monoméricas [(+)- catequina e (-)-epicatequina] e oligomérica (proantocianidinas) são os principais flavanois, e contribuem com 55-85% do conteúdo de CFT em maçãs. As antocianinas estão presentes em cultivares de maçãs vermelhas ou parcialmente vermelhas, e sua contribuição varia de 1-7% do conteúdo de CFT. A ocorrência e o conteúdo destes compostos variam entre cultivares (JAKOBEK et al., 2013; PANZELLA et al., 2013; STANGER et al. 2017), tecido da casca e da polpa (VOLZ; MCGHIE, 2011; JAKOBEK et al., 2013; STANGER et al.,

2017), manejo do pomar (PETKOVSEK et al., 2010), e condições de armazenamento (CARBONE et al., 2011; HOANG; GOLDING; WILKES, 2011; KEVERS et al., 2011; STANGER et al., 2018).

No Brasil, as maçãs do grupo 'Gala' correspondem a 58% do total produzido (WAPA, 2018), com período de colheita de janeiro a março. Com intuito de prolongar a oferta e atender ao mercado consumidor, diversos métodos têm sido propostos para ampliar o período de colheita e a conservação pós-colheita de maçãs. Aliado ao armazenamento refrigerado, aplicação pré-colheita de aminoetoxivinilglicina (AVG) também é utilizada para manter a conservação de maçãs. O AVG é indicado para retardar a maturação e melhorar a manutenção da qualidade durante o armazenamento, devido a redução da produção de etileno (YILDIZ; OZTURK; OSKAN, 2012). Na rota de síntese do etileno, o AVG inibe a conversão de S-adenosilmetionina (SAM) em ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC), catalisada pela enzima ACC sintase (ACS) (POEL; STRAETEN, 2014).

Todavia, estudos sobre os efeitos do AVG na atividade antioxidante e no teor de compostos fenólicos em maçãs cultivadas sob tela antigranizo são limitados. Whale et al. (2008) relataram que o AVG afeta negativamente a concentração de compostos fenólicos e de antocianinas em maçãs, cultivadas a pleno sol. De acordo com Ozturk et al. (2013), aplicação pré-colheita de AVG altera as concentrações de compostos fenólicos, tanto na polpa como na epiderme dos frutos e, com o aumento da dose, reduz o teor de antocianinas totais. Adicionalmente, não foram encontradas informações do efeito do AVG sobre as propriedades funcionais de maçãs 'Baigent' cultivada sob tela antigranizo, bem como sobre as propriedades funcionais dos frutos, em armazenamento refrigerado (AR).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da aplicação pré-colheita de AVG em macieiras 'Baigent' cultivadas sob tela antigranizo, em dose única ou parcelada, e da data de colheita, sobre o teor de antocianinas (ANT), compostos fenólicos totais (CFT), atividade antioxidante total (AAT; métodos DPPH e ABTS) e perfil de compostos fenólicos (PCF) nos frutos, na colheita e após o AR.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado com maçãs 'Baigent', na safra 2014/15 e 2015/16, em pomar comercial localizado no município de Vacaria, RS (50°42' W; 28°33' S; 955 m de altitude).

Os tratamentos constituíram-se da pulverização pré-colheita de AVG sobre as plantas, sendo: controle (plantas pulverizadas com água); AVG (125 mg L⁻¹, 30 dias antes da previsão de colheita); AVG parcelado (62,5 mg L⁻¹ + 62,5 mg L⁻¹, 30 e 20 dias antes da previsão de colheita). Os frutos de todos os tratamentos foram colhidos em duas datas [colheitas 1 (colheita comercial) e 2 (14 dias após a colheita comercial – DACC)]. A fonte de AVG foi o produto ReTain®.

Após cada colheita, os frutos foram transportados ao Laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-Colheita do CAV/UDESC, sendo os frutos avaliados na colheita e após quatro meses de armazenamento refrigerado (0,5 °C±0,2 °C e UR 92±5%). Foram avaliados os seguintes atributos: atividade antioxidante total [AAT; métodos DPPH (μMol trolox 100 g⁻¹) e ABTS (μMol trolox 100 g⁻¹); casca e polpa], compostos fenólicos totais (CFT; mg EAG 100g⁻¹; casca e polpa), antocianinas totais (ANT; mg cianidina 3-glicosídeo 100 g⁻¹ MF de casca) e perfil de compostos fenólicos [PCF; ácido clorogênico, floridizina, epicatequina e procianidina B1 (mg kg⁻¹ MF de casca)]. Análise de perfil de compostos fenólicos foi realizada apenas na safra 2015/16.

3.2.1 Reagentes, padrões e solventes

Os reagentes 2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico) (ABTS), 2,2-difenil-1-picrilhidrazila (DPPH), 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcromo-2-ácido carboxílico (Trolox), Folin-Ciocalteu, acetato de sódio e persulfato de potássio foram adquiridos da Sigma Chemical Co. (St. Louis, MO, EUA), com grau analítico (PA). Ácido gálico, carbonato de sódio, acetona e álcool etílico foram obtidos da Vetec® (Rio de Janeiro, Brasil), com grau analítico (PA). Os padrões de ácido clorogênico, floridizina, epicatequina e procianidina B1, bem como, os solventes acetonitrila, ácido acético e metanol foram adquiridos da Sigma Chemical Co. (St. Louis, MO, EUA), todos com grau de pureza HPLC.

3.2.2 Preparação das amostras

AAT e CFT foram analisados na casca e polpa dos frutos. A casca de toda superfície do fruto foi removida com uma lâmina cortante (1 mm de espessura). A amostra de polpa foi retirada por meio de uma fatia longitudinal, de cerca de um centímetro, da porção mediana do fruto, descartando a região do endocarpo e conservando cada lado da fatia. As amostras de polpa foram processadas com um triturador vertical, marca Philips Walita, modelo RI1364 (Varginha, Brasil), e as amostras de casca foram maceradas em almofariz com nitrogênio líquido.

3.2.3 Obtenção dos extratos para quantificação de CFT e AAT

Para a obtenção dos extratos, utilizados na quantificação de CFT e da AAT, utilizou-se 5 e 2,5 g de amostra para polpa e casca, respectivamente, que foi homogeneizada em 10 mL de metanol/água destilada (50:50, v/v), com posterior homogeneização em ultraturrax, marca Heidolph, modelo D-91126 (Schwabach, Alemanha) e colocados em repouso por 60 min à temperatura ambiente (20 °C). Em seguida, as amostras foram centrifugadas em centrífuga Eppendorf, modelo 5810R (Hamburgo, Alemanha) a 4 °C por 20 min a 10000 rpm. O sobrenadante foi filtrado em balão volumétrico de 25 mL. A partir do resíduo da primeira extração foi adicionado 10 mL de acetona/água destilada (70:30, v/v), homogeneizou-se e colocou-se em repouso por 60 min à temperatura ambiente. Após esse período, foi novamente centrifugado (4 °C) por 20 min a 10000 rpm. Transferiu-se o sobrenadante para o balão volumétrico (que contém o primeiro sobrenadante) e completou-se o volume para 25 mL com água destilada. Os extratos foram reservados para análise de CFT e AAT.

3.2.4 Determinação do conteúdo de CFT na casca e na polpa

A determinação de CFT foi realizada empregando o reagente Folin-Ciocalteu. A curva padrão foi obtida com ácido gálico, nas concentrações de 0, 10, 30, 50, 70, 90 e 100 ppm. Para análise foram adicionados 2,5 mL de Folin-Ciocalteu/água destilada (1:3, v/v), 0,5 mL de amostra e 2,0 mL da solução de carbonato de sódio

10%. Os tubos foram agitados, incubados por uma hora ao abrigo da luz. A leitura foi realizada em leitora de microplacas, modelo EnSpire (PerkinElmer, USA) no comprimento de onda (λ) de 765 nm. Os resultados foram expressos em mg de equivalentes de ácido gálico por 100 g de massa fresca da amostra (mg EAG 100 g⁻¹ MF).

3.2.5 Determinação da AAT na casca e na polpa

A determinação da AAT foi baseada na extinção da absorção dos radicais DPPH (2,2-difenil-1-picril hidrazil) e ABTS (2,2-azinobis-3-etilbenzotiazolin-6-ácido sulfônico).

O método DPPH foi analisado de acordo com Rufino et al. (2007a), com adaptações. Em ambiente escuro, foram pipetados 100 μ L de amostra e misturados com 3.900 μ L de radical DPPH. Os tubos foram agitados e deixados para reagir por 30 min. A leitura foi realizada no $\lambda=515$ nm, e os resultados expressos em μ Mol de equivalente Trolox.100 g⁻¹ de massa fresca da amostra.

O método ABTS foi analisado conforme descrito por Rufino et al. (2007b), com adaptações. Em ambiente escuro, foram pipetados 30 μ L de amostra e misturados com 3.000 μ L de radical ABTS. A leitura foi realizada após reação de 6 minutos em $\lambda=734$ nm, e os resultados expressos em μ Mol de equivalente Trolox.g⁻¹ de massa fresca da amostra.

3.2.6 Determinação de ANT na casca

ANT foi determinada conforme metodologia adaptada por Fuleki e Francis, (1968). Para determinação de ANT, foi utilizado 5,0 g de amostra de casca, adicionado a 15 mL de etanol/água destilada (95:5, v/v), acidificado com etanol/ácido clorídrico (HCl, 1,5 N) (85:15, v/v). As amostras foram homogeneizadas em ultraturrax, marca Heidolph, modelo D-91126 (Schwabach, Alemanha), mantidas durante 24 h a 4 °C, e posteriormente centrifugadas durante 20 min a 10000 rpm, a 4 °C, em uma centrífuga Eppendorf, modelo 5810R (Hamburgo, Alemanha). Foi transferido 2 mL do sobrenadante para um balão volumétrico e completado o volume para 50 mL com o solvente extrator. As leituras foram realizadas em leitora de microplacas, modelo

EnSpire (PerkinElmer, USA) no $\lambda=535$ nm. O conteúdo de ANT foi expressa em mg cianidina 3-glicosídeo por 100 g de massa fresca (mg cianidina 3-glicosídeo 100 g⁻¹ MF).

3.2.7 Determinação de PCF na casca

As análises de PCF foram analisadas apenas na casca dos frutos, sendo realizadas por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE), conforme descrito por Tsao et al. (2003). A preparação das amostras foi a mesma utilizada para CFT e AAT. Cada amostra foi transferida para um becker com metanol/água ultrapura (70:30, v/v), na proporção de 1:1 (p/v), onde foram homogeneizadas usando um ultraturrax marca Heidolph, modelo D-91126 (Schwabach, Alemanha). A filtragem foi realizada por filtro quantitativo sob vácuo e, em seguida, por um filtro de seringa de 0,45 μ m, marca Kasvi (Curitiba, Brasil). A amostra final permaneceu armazenada a -20 °C até a análise.

A quantificação de PCF foi realizada através de CLAE, com um cromatógrafo da marca Shimadzu (Tóquio, Japão), equipado com controladora SCL-10Avp, misturador quaternário FCV-10ALvp, bomba LC-10ADvp, amostrador automático SIL 10-ADvp, detector ultravioleta SPD-10AVp e software CLASS VP 6.14. Foi utilizada uma coluna analítica C18 (250 x 4,6 mm; tamanho das partículas, 5 μ m), marca Restek (Bellefonte, EUA). A fase móvel foi ácido acético/água ultrapura (6:94, v/v) em 2 mM de tampão de acetato sódio (solvente A, pH 2,55, v/v) e acetonitrila (solvente B). O programa de gradiente foi o seguinte: 0 % até 15 % de B em 45 min, 15 % até 30 % de B em 15 min, 30 % a 50 % de B em 5 min, e 50 % até 100 % de B em 5 min. O tempo de retorno à condição inicial foi de 10 min. A taxa de fluxo foi de 1,0 mL min⁻¹ durante um tempo total de corrida de 80 min. O detector foi fixado em $\lambda=280$ nm e o volume de injeção de 20 μ L para todas as amostras. Todos os padrões foram dissolvidos em metanol.

A identificação dos compostos fenólicos foi baseada nos tempos de retenção dos padrões: procianidina B1=10,9 min; ácido clorogênico=22,7 min; epicatequina=35,2 min e floridizina=67,0 min. A confirmação da identidade foi obtida pela adição de padrão interno nas amostras e comparação com a mesma amostra, sem a adição do padrão interno. A concentração do analito foi calculada conforme curvas de calibração derivadas do correspondente composto fenólico padrão puro,

nas concentrações entre 0-100 mg g⁻¹. Todas as amostras foram preparadas e analisadas em duplicata.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, segundo um fatorial 3x2, com quatro repetições compostas por 20 frutos cada. Os dados foram submetidos a análise de variância e as médias dos tratamentos comparada pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). A variável AAT foi submetida à análise de correlação de Pearson ($p < 0,001$) com os teores de CFT. As análises de variância e de correlação foram realizadas com o programa SAS (SAS Institute, 2002).

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1 Após a colheita dos frutos

Foi observada correlação positiva e altamente significativa ($p < 0,001$) entre conteúdo de CFT e a AAT (pelos métodos ABTS e DPPH) e o teor de antocianinas (ANT) e, entre os métodos de determinação da AAT na casca e polpa, em ambas as safras (Tabela 10). Mattes, Schmitz-Eiberger (2009) também observaram correlação linear positiva entre AAT e CFT em maçã.

Tabela 10 - Coeficientes de correlação de Pearson (r) entre compostos fenólicos totais (CFT) e atividade antioxidante total (AAT), quantificada pelos métodos ABTS e DPPH, e de antocianinas (ANT), nas porções casca e polpa, em maçãs 'Baigent', avaliados na colheita, nas safras 2014/15 e 2015/16.

Correlação	Safr 2014/15		Safr 2015/16	
	Casca	Polpa	Casca	Polpa
CFT x DPPH	0,99***	0,99***	0,99***	0,95***
CFT x ABTS	0,99***	0,81***	0,82***	0,96***
DPPH x ABTS	0,99***	0,86***	0,80***	0,99***
CFT x ANT	0,99***	-	0,90***	-

Fonte: Elaborada pela autora, 2018. ***significativo ($p < 0,001$).

Não foi observada diferença entre os tratamentos pré-colheita para o conteúdo de CFT e AAT, tanto pelo método DPPH como pelo método ABTS, quando os frutos foram avaliados na polpa, nas duas safras avaliadas (Tabela 11). Ozkan et al. (2012) também não observaram diferença no teor de CFT na polpa de maçãs 'Braeburn', entre o controle e frutos que receberam aplicação pré-colheita de AVG. Awad e Jager (2002) também relataram que o teor de CFT na polpa em maçãs 'Jonagold' não foi

afetado pelos tratamentos com AVG. A ausência de diferença para AAT pode estar relacionada a ausência de diferença para o conteúdo de CFT, pois de acordo com Zheng et al. (2012) e Panzella et al. (2013), os CFT são os principais contribuintes da AAT em maçãs, o que pode ser observado no presente trabalho pela presença de correlação positiva e altamente significativa entre o conteúdo de CFT e a AAT (Tabela 10).

Tabela 11 – Teores de compostos fenólicos totais (CFT; mg EAG 100 g⁻¹ MF) e atividade antioxidante total [AAT; métodos DPPH (μMol trolox 100 g⁻¹ MF) e ABTS (μMol trolox 100 g⁻¹ MF)] da polpa de maçãs 'Baigent', em resposta a aplicação pré-colheita de aminoetoxivinilglicina (AVG) e duas datas de colheita.

Tratamentos	Safr 2014/15			Safr 2015/16		
	Colheita 1 Colheita 2		Média	Colheita 1 Colheita 2		Média
	CFT			CFT		
Controle	20,0	38,6	29,3 ^{ns}	18,7	12,8	15,8 ^{ns}
AVG (125 mg L ⁻¹)	19,9	34,2	27,1	14,0	13,8	13,9
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹)	19,1	35,7	27,4	17,5	10,4	13,9
Média	19,7 b*	36,2 a		16,7 a*	12,3 b	
CV (%)	14,8			19,0		
	AAT/DPPH			AAT/DPPH		
			Média			Média
	CFT			CFT		
Controle	268,0	637,8	479,3 ^{ns}	154,9	127,1	141,0 ^{ns}
AVG (125 mg L ⁻¹)	216,1	658,6	405,7	138,8	136,2	137,5
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹)	241,9	604,1	423,0	140,3	137,1	138,7
Média	239,4 b	633,9 a		144,66 a	133,5 a	
CV (%)	16,3			15,9		
	AAT/ABTS			AAT/ABTS		
			Média			Média
	CFT			CFT		
Controle	209,6	337,9	273,8 ^{ns}	383,0	185,8	284,4 ^{ns}
AVG (125 mg L ⁻¹)	159,0	315,1	226,1	369,4	145,5	257,5
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹)	182,5	317,8	259,8	344,1	186,6	265,4
Média	183,9 b	324,4 a		365,5 a	172,6 b	
CV (%)	17,7			10,4		

Fonte: Elaborada pela autora, 2018. *Médias não seguidas da mesma letra minúscula na horizontal, diferem entre si pelo teste Tukey (p<0,05). ^{ns}: diferença não significativa.

Aplicação pré-colheita de AVG em dose única (125 mg L⁻¹) proporcionou frutos com menor conteúdo de CFT na casca em comparação aos frutos do tratamento controle, nas duas safras avaliadas. A aplicação parcelada de AVG (62,5 mg L⁻¹ + 62,5 mg L⁻¹) não influenciou o conteúdo de CFT na casca na safra 2014/15, enquanto que, na safra 2015/16, observou-se redução do conteúdo de CFT (Tabela 12). A redução no teor de CFT na casca de frutos tratados com AVG também foi observado

por Ozturk et al. (2015) em ameixas, por Kucuker e Ozturk (2015) em cerejas, por Ozturk et al. (2013) em maçãs 'Braeburn' e por Whale et al. (2008) em maçãs 'Cripp's Pink'. Segundo Ozturk et al. (2015), a diminuição no conteúdo de compostos bioativos pelo AVG pode ser devido a inibição da síntese de etileno. O estímulo à produção de etileno tem como consequência a ativação do metabolismo de fenilpropanoides dos vegetais, em função do aumento da atividade da enzima fenilalanina amônia-liase (PAL), a qual regula a síntese de compostos fenólicos (PICOLI et al., 2010), podendo assim, o AVG reduzir as concentrações de compostos fenólicos. Khan, Singh e Swinny (2009) indicam que a diminuição no teor de CFT em frutos tratados com AVG está relacionada à inibição da produção normal de radicais livres pelo AVG, durante o processo respiratório, e consequente a não ativação do metabolismo secundário, reduzindo dessa forma sua concentração no fruto.

Tabela 12 – Teores de compostos fenólicos totais (CFT; mg EAG 100 g⁻¹ MF), atividade antioxidante total [AAT; métodos DPPH (μMol trolox 100 g⁻¹ MF) e ABTS (μMol trolox 100 g⁻¹ MF)] e teores de antocianinas (ANT; mg cianidrina 3-glicosídeo 100 g⁻¹ MF) da casca de maçãs ‘Baigent’, em resposta a aplicação pré-colheita de aminoetoxivinilglicina (AVG) e duas datas de colheita.

Tratamentos	Safr 2014/15		Safr 2015/16			
	Colheita 1	Colheita 2	Colheita 1 Colheita 2			
	CFT		Média	CFT		Média
Controle	496,1	462,4	479,2 A*	355,2	308,2	331,7 A*
AVG (125 mg L ⁻¹)	369,4	416,7	393,0 B	234,7	231,7	233,2 B
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹)	500,8	470,9	485,8 A	288,5	212,3	250,4 B
Média	455,4 a	450,0 a		292,8 a	250,7 a	
CV (%)	13,7			23,0		
	AAT/DPPH		AAT/DPPH			
Controle	9803,8	9109,8	9456,8 A	10232,2	6598,9	8415,6 A
AVG (125 mg L ⁻¹)	7744,8	7618,3	7681,6 B	6610,0	6515,6	6562,8 B
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹)	9938,3	9376,7	9657,5 A	7098,9	6548,9	6823,9 B
Média	9162,29 a	8701,6 a		7980,4 a	6554,4 b	
CV (%)	14,1			16,3		
	AAT/ABTS		AAT/ABTS			
Controle	3136,7	6230,6	4683,6 A	6865,6	6204,5	6535,0 A
AVG (125 mg L ⁻¹)	2556,1	4858,3	3707,2 B	4462,8	3826,7	4144,7 B
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹)	3442,8	5761,1	4601,9 A	6154,4	5557,2	5855,8 A
Média	3045,2 b	5616,7 a		5827,6 a	5196,1 a	
CV (%)	14,7			11,0		
	ANT		ANT			
Controle	36,4	63,2	47,9 A	51,8	79,0	65,4 A
AVG (125 mg L ⁻¹)	16,7	38,7	27,7 B	11,5	28,4	19,9 C
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹)	41,7	67,7	52,9 A	42,9	50,1	46,5 B
Média	31,6 b	54,8 a		35,4 b	52,5 a	
CV (%)	25,5			13,1		

Fonte: Elaborada pela autora, 2018. *Médias não seguidas da mesma letra, maiúsculas na vertical e minúsculas na horizontal, diferem entre si pelo teste Tukey (p<0,05).

Na casca, na safra 2014/15, a AAT, quantificada através dos métodos DPPH e ABTS, foi menor nos frutos das plantas que receberam aplicação pré-colheita de AVG em dose única, enquanto que a aplicação de AVG parcelado, não influenciou nos valores de AAT. Na safra 2015/16, qualquer forma de aplicação de AVG, proporcionou redução da AAT pelo método DPPH, enquanto que pelo método ABTS, apenas aplicação pré-colheita de AVG dose única ocasionou redução da AAT (Tabela 12). Menor AAT nas maçãs que receberam aplicação pré-colheita de AVG dose única pode estar relacionada a menor conteúdo de CFT desse tratamento, pois segundo

Rabinovich (2009), os compostos fenólicos são os fitoquímicos que mais contribuem para a atividade antioxidante em maçãs, o que pode ser observado no presente trabalho, na correlação positiva e significativa entre o conteúdo de CFT e AAT (Tabela 10). A estrutura, em particular do número e posição dos grupos hidroxílicos e a natureza das substituições dos anéis aromáticos, são os principais responsáveis pela atividade antioxidante dos compostos fenólicos (MINATEL et al., 2017).

As antocianinas são responsáveis pela cor vermelha da casca da maçã, atributo importante para estimular o interesse de compra dos consumidores. Na safra 2014/15, observou-se redução no conteúdo de ANT nos frutos que receberam aplicação pré-colheita de AVG dose única, enquanto que maçãs que receberam aplicação de AVG parcelada não apresentaram alteração no conteúdo de ANT em comparação aos frutos do tratamento controle. Na safra 2015/16, qualquer forma de aplicação de AVG (dose única ou parcelada) apresentou redução no conteúdo de ANT em comparação aos frutos do tratamento controle, porém, aplicação pré-colheita de AVG em dose única apresentou redução ainda maior quando comparada com os frutos que receberam aplicação de AVG parcelada (Tabela 12). A redução no conteúdo de ANT em maçãs que receberam aplicação pré-colheita de AVG também foi observado por Ozturk et al. (2013) em maçãs 'Braeburn'. Whale et al. (2008) também relatam que o AVG afeta negativamente o conteúdo de ANT. De acordo com Awad e Jager (2002), o etileno pode desencadear a expressão de genes da biossíntese de ANT, enquanto o AVG pode inibir ou atrasar a sua expressão. De acordo com Rabinovich (2009), a PAL é fundamental na regulação da síntese de ANT, pois, aumento na taxa de produção de etileno leva à ativação do metabolismo secundário, em função do aumento da atividade da PAL (PICOLI et al., 2010). Dessa forma, como o AVG reduz a taxa de produção de etileno (Tabela 1), provavelmente há menor atividade da PAL e conseqüentemente menor concentração de ANT no fruto. Além disso, o uso de tela antigranizo pode afetar o desenvolvimento da cor vermelha dos frutos. O efeito da luz tem sido relatado em coordenar a expressão de genes responsáveis pela indução da biossíntese de ANT (KIM et al., 2003). A utilização de telas antigranizo, pelo seu efeito de sombreamento, pode reduzir a luz solar incidente e impactar negativamente sobre o desenvolvimento da coloração vermelha dos frutos (GUERRERO et al., 2002), que pode ser acentuado pelo AVG.

Quando os compostos fenólicos foram avaliados individualmente, observou-se que aplicação de AVG dose única reduziu a concentração de ácido clorogênico e de

epicatequina, enquanto que aplicação parcelada de AVG não influenciou suas concentrações em comparação aos frutos do tratamento controle (Tabela 13). Kucuker et al. (2015b) também observaram menor conteúdo de ácido clorogênico em ameixas que receberam aplicação pré-colheita de AVG. A redução desses compostos resultou numa redução do conteúdo de CFT e da AAT (Tabela 12), pois segundo Zheng et al. (2012), a contribuição dos diferentes grupos de compostos fenólicos apresenta variação sobre a AAT. Plaza, Kariuki e Turner (2014) afirmaram que os ácidos fenólicos são os principais responsáveis pela AAT em maçãs, com destaque para o ácido clorogênico, que apresentaram as maiores capacidades antioxidantes.

Tabela 13 – Valores de perfil de compostos fenólicos (mg kg⁻¹ MF) da casca de maçãs 'Baigent', em resposta a aplicação pré-colheita de aminoetoxivinilglicina (AVG) e duas datas de colheita, avaliadas na colheita da safra 2015/16.

Tratamentos	Colheita 1	Colheita 2	Média
	Ácido clorogênico		
Controle	85,9	39,0	62,5 A
AVG (125 mg L ⁻¹)	55,8	29, 8	42, 8 B
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹)	62,9	35,7	49,3 AB
Média	68,2 a	34,8 b	
CV (%)	18,5		
Floridizina			
Controle	70,4	74,1	72,2 B
AVG (125 mg L ⁻¹)	100,4	89,7	95,1 A
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹)	99,1	86,6	92,9 A
Média	90,0 a	83,5 b	
CV (%)	7,7		
Epicatequina			
Controle	3,9	3,5	3,7 A
AVG (125 mg L ⁻¹)	2,4	2,6	2,5 B
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹)	2,6	3,0	2,8 AB
Média	2,9 a	3,2 a	
CV (%)	19,62		
Catequina			
Controle	6,6	2,5	4,5 B
AVG (125 mg L ⁻¹)	11,7	5,2	8,4 A
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹)	15,7	11,7	13,7 A
Média	11,3 a	6,5 b	
CV (%)	19,2		
Quercetina			
Controle	34,2	28,5	31,3 B*
AVG (125 mg L ⁻¹)	58,0	41,9	50,0 A
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹)	48,5	37,7	43,1 AB
Média	46,9 a	36,1 b	
CV (%)	15,5		

Fonte: Elaborada pela autora, 2018. *Médias não seguidas da mesma letra, maiúscula na vertical e minúsculas na horizontal, diferem entre si pelo teste Tukey (p<0,05).

Por outro lado, qualquer forma de aplicação pré-colheita de AVG, apresentou maior conteúdo de floridizina e de catequina em comparação aos frutos do tratamento controle (Tabela 13). De acordo com Khan, Singh, Abbasi (2007), o AVG atrasa a maturação dos frutos, suprimindo sua produção de etileno. Dessa forma, o teor de compostos fenólicos em frutos não maduros é maior do que nos frutos maduros. Como o AVG atrasa a maturação dos frutos, com base na supressão do etileno, o conteúdo

de compostos bioativos nesses frutos seria maior. Todavia, as composições químicas de frutos, incluindo compostos fenólicos, variam conforme a variedade, condições ambientais, práticas culturais, teores de nutrientes e os níveis de amadurecimento dos frutos (SCALZO et al., 2005; RATO et al., 2008). Além disso, os métodos de análise utilizados, também podem produzir resultados diferentes para compostos fenólicos (KUCUKER et al., 2015a).

Para conteúdo de quercetina, a aplicação pré-colheita de AVG em dose única aumentou em comparação aos frutos do tratamento controle, enquanto que frutos que receberam aplicação de AVG parcelada não diferiu dos demais tratamentos (Tabela 13). A quercetina glicosilada tem sido reportada como um dos compostos fenólicos que mais contribuem para a AAT em maçãs, por apresentar vantagens estruturais em relação a outras moléculas (AGATI et al., 2012; 2013), sendo um dos compostos mais efetivos em todos os parâmetros antioxidativos (HYSON, 2011).

Quanto a data de colheita, na polpa, houve aumento no teor de CFT e AAT (métodos DPPH e ABTS), na safra 2014/15, com o retardo da colheita. Na safra 2015/16, houve redução do teor de CFT e AAT pelo método ABTS, enquanto que pelo método DPPH não foi observada diferença na AAT com o atraso da colheita (Tabela 11). Na casca, não foi observada alteração no conteúdo de CFT com o atraso da colheita, nas duas safras avaliadas. Na safra 2014/15, pelo método DPPH, não foi observada diferença na AAT entre as duas colheitas, enquanto que pelo método ABTS, observou-se aumento da AAT com o retardo da colheita. Na safra 2015/16 observou-se redução da AAT pelo método DPPH com o retardo da colheita, enquanto que não foi observada diferença entre as colheitas pelo método ABTS (Tabela 12). De acordo com Scalzo et al. (2005), as propriedades antioxidantes estão relacionadas com o grau de maturidade do fruto na colheita, sendo que, quanto mais maduro menor o teor de CFT e a AAT. Isso pode estar relacionado com o aumento da produção de radicais livres em frutos em estágio de maturação mais avançado, favorecendo o consumo de compostos fenólicos para eliminação dos radicais livres e, consequente redução da AAT nos frutos. Os processos de maturação e senescência em frutos são associados a mecanismos oxidativos (MASIA, 2003). Um dos efeitos causados pelo aumento da produção de espécie reativas de oxigênio (ROS) é a estimulação da síntese de etileno pela maior peroxidação lipídica da membrana, acelerando o processo de amadurecimento e senescência (HODGES; FORNEY, 2003). De acordo

com Larrigaudiere et al. (2004), o etileno está envolvido diretamente na produção de ROS.

O conteúdo de ANT, aumentou com o retardo da colheita nas duas safras avaliadas (Tabela 12), indicando aumento da coloração vermelha da epiderme dos frutos.

Houve redução no conteúdo de ácido clorogênico, floridizina, catequina e de quercetina, com o retardo da colheita. Por outro lado, o retardo na colheita não influenciou no conteúdo de epicatequina (Tabela 13).

3.3.2 Após quatro meses de armazenamento refrigerado

Em tecidos da polpa, após quatro meses de AR, não foi observada diferença entre os tratamentos pré-colheita para o conteúdo de CFT e AAT (métodos DPPH e ABTS), nas duas safras avaliadas (Tabela 14). Kucuker et al. (2015a) também não observaram diferença no conteúdo de CFT e na AAT na polpa de ameixas que receberam aplicação pré-colheita de AVG em comparação aos frutos do tratamento controle, após o período de AR. De acordo com Rotili et al. (2013), a AAT em frutos é decorrente da ação de uma variedade de compostos que são degradados ou sintetizados durante o armazenamento, em resposta a estresses bióticos e abióticos.

Tabela 14 – Teores de compostos fenólicos totais (CFT; mg EAG 100 g⁻¹ MF) e atividade antioxidante total [AAT; métodos DPPH (μMol trolox 100 g⁻¹ MF) e ABTS (μMol trolox 100 g⁻¹ MF)] na polpa de maçãs 'Baigent', em resposta a aplicação pré-colheita de aminoetoxivinilglicina (AVG) e duas datas de colheita, avaliados após quatro meses de armazenamento refrigerado, seguidos por mais sete dias em condição ambiente (20±1 °C e 65±5% de UR).

Tratamentos	Safrá 2014/15			Safrá 2015/16		
	Colheita 1 Colheita 2		Média	Colheita 1 Colheita 2		Média
	CFT			CFT		
Controle	25,0	16,9	20,9 ^{ns}	15,7	22,5	19,2 ^{ns}
AVG (125 mg L ⁻¹)	24,5	16,5	20,5	19,9	15,0	17,4
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹)	23,9	15,8	19,9	24,3	23,4	23,9
Média	24,5 a*	16,4 b		20,0 a	20,3 a	
CV (%)	12,0			29,0		
	AAT/DPPH			AAT/DPPH		
Controle	242,2	164,9	203,5 ^{ns}	175,3	336,0	255,7 ^{ns}
AVG (125 mg L ⁻¹)	230,1	168,0	199,0	231,0	205,6	218,3
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹)	239,9	154,3	197,1	292,5	351,0	321,8
Média	237,4 a	162,4 b		232,9 a	297,6 a	
CV (%)	14,9			28,9		
	AAT/ABTS			AAT/ABTS		
Controle	407,5	135,8	291,1 ^{ns}	291,3	276,2	283,7 ^{ns}
AVG (125 mg L ⁻¹)	439,0	86,7	262,8	257,4	248,0	252,7
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹)	397,0	116,0	256,5	418,3	251,3	334,8
Média	414,5 a	110,8 b		322,4 a	258,5 b	
CV (%)	21,0			19,0		

Fonte: Elaborada pela autora, 2018. *Médias não seguidas da mesma letra, maiúsculas na vertical e minúsculas na horizontal, diferem entre si pelo teste Tukey (p<0,05). ^{ns}: diferença não significativa.

Na casca, na safra 2014/15, a aplicação pré-colheita de AVG, independente da forma de aplicação, causou menor conteúdo de CFT em comparação aos frutos do tratamento controle. Na safra 2015/16, a aplicação pré-colheita de AVG em dose única proporcionou menor teor de CFT em comparação aos frutos do tratamento controle, porém, a aplicação pré-colheita de AVG parcelada apresentou valores intermediários, não diferindo entre os tratamentos (Tabela 15). Portanto, a aplicação pré-colheita de AVG parcelada apresenta efeito negativo menos acentuado sobre conteúdo de CFT após o AR, do que o AVG em dose única. Karaman et al. (2013) e Ozturk et al. (2012) também observaram menor conteúdo de CFT em ameixas que receberam aplicação pré-colheita de AVG, após o período de AR. Menor conteúdo de CFT em maçãs tratadas com AVG pode estar relacionado a redução da taxa de produção de etileno

no fruto. De acordo com Picoli et al. (2010), o aumento na taxa de produção de etileno induz a atividade da enzima PAL, a qual regula a síntese de compostos fenólicos, podendo, dessa forma, o AVG reduzir as concentrações de CFT pela redução da síntese de etileno no fruto.

Tabela 15 – Teores de compostos fenólicos totais (CFT; mg EAG 100 g⁻¹ MF) e atividade antioxidante total [AAT; métodos DPPH (μMol trolox 100 g⁻¹ MF) e ABTS (μMol trolox 100 g⁻¹ MF)] na casca de maçãs 'Baigent', em resposta a aplicação pré-colheita de aminoetoxivinilglicina (AVG) e duas datas de colheita, avaliados após quatro meses de armazenamento refrigerado, seguidos por mais sete dias em condição ambiente (20±1 °C e 65±5% de UR).

Tratamentos	Safr 2014/15			Safr 2015/16		
	Colheita 1 Colheita 2			Colheita 1 Colheita 2		
	CFT		Média	CFT		Média
Controle	845,8	411,2	628,5 A*	189,1	174,3	181,7 A
AVG (125 mg L ⁻¹)	589,1	369,2	479,1 B	142,2	136,2	140,1 B
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹)	644,2	364,8	504,5 B	196,4	147,7	172,1 AB
Média	639,0 a	381,7 b		175,9 a	152,8 b	
CV (%)	16,0			11,8		
	AAT/DPPH			AAT/DPPH		
Controle	16939,2	6451,7	11695,4 A	6876,7	5293,3	6085,0 A
AVG (125 mg L ⁻¹)	13947,5	5001,7	9474,6 B	5301,7	4298,9	4800,3 C
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹)	15230,8	5164,2	10197,6 B	6137,8	5104,4	5621,1 B
Média	15372,5 a	5539,2 b		6105,4 a	4898,9 b	
CV (%)	10,9			13,5		
	AAT/ABTS			AAT/ABTS		
Controle	4383,0	5222,0	4802,8 A	4371,1	4332,2	4351,7 A
AVG (125 mg L ⁻¹)	3138,9	3775,0	3456,9 B	3890,6	2921,1	3405,8 B
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹)	4211,1	4188,9	4200,0 AB	4676,7	4337,8	4507,2 A
Média	3911,1 a	4395,4 a		4312,8 a	3863,7 a	
CV (%)	15,4			21,2		

Fonte: Elaborada pela autora, 2018. *Médias não seguidas da mesma letra, maiúsculas na vertical e minúsculas na horizontal, diferem entre si pelo teste Tukey (p<0,05).

Na casca, em ambas as safras, qualquer forma de aplicação pré-colheita de AVG reduziu a AAT quantificada através do método DPPH em comparação aos frutos do tratamento controle. Porém, na safra 2015/16, a redução da AAT (DPPH) em maçãs tratadas com AVG dose única foi maior do que nas maçãs que receberam aplicação de AVG parcelada (Tabela 15). Para o método ABTS, apenas a aplicação pré-colheita de AVG dose única apresentou menor AAT, em ambas as safras. Estes resultados indicam que a aplicação parcelada de AVG apresenta impacto negativo

menos intenso do que o AVG em dose única sobre a AAT após o AR, apresentando valores semelhantes ou mais próximos aos frutos do tratamento controle. Karaman et al. (2013) também observaram menor AAT em ameixas que receberam aplicação pré-colheita de AVG, após o período de AR, do que naquelas do tratamento controle. Os valores encontrados na casca para AAT apresentaram correlação positiva e altamente significativa ($p < 0,001$) com o teor de CFT, tanto pelo método DPPH como pelo método ABTS, obtendo um coeficiente de correlação de 0,99 para o método DPPH, nas duas safras avaliadas, e de 0,91 e de 0,94 para o método ABTS, para as safras 2014/15 e 2015/16, respectivamente (Tabela 10). Os resultados obtidos indicam que os CFT são os principais contribuintes da AAT em maçãs, estando de acordo com os trabalhos de Zheng, Kim e Chung (2012) e Panzella et al. (2013). Os compostos fenólicos são os produtos do metabolismo secundário nas plantas, que desempenham funções essenciais na reprodução, crescimento e na qualidade de mecanismos de defesa contra agentes patogênicos, parasitas e predadores, assim como contribuindo na coloração de plantas, flores e frutos. Apresentam em sua estrutura um anel aromático com uma ou mais hidroxilas, o que possibilita atuarem como agentes antioxidantes (SCALBERT; WILLIAMSON, 2000).

Houve interação entre os fatores tratamentos pré-colheita e data de colheita para o conteúdo de ácido clorogênico. Na primeira colheita, a aplicação pré-colheita de AVG dose única e parcelada apresentaram menor conteúdo de ácido clorogênico em comparação aos frutos do tratamento controle, enquanto que na segunda colheita, apenas aplicação pré-colheita de AVG parcelada apresentou menor conteúdo de ácido clorogênico, em comparação aos frutos do tratamento controle (Tabela 16). Ozturk et al. (2012) também observaram menor teor de ácido clorogênico em ameixas tratadas com AVG, após o período de AR. Segundo Petkovsek et al. (2007), o ácido clorogênico é o composto fenólico mais abundante na casca de maçãs.

Tabela 16 – Valores de perfil de compostos fenólicos (mg kg⁻¹ MF) da casca de maçãs ‘Baigent’, em resposta a aplicação pré-colheita de aminoetoxivinilglicina (AVG) e duas datas de colheita, avaliados após quatro meses de armazenamento refrigerado, seguidos por mais sete dias em condição ambiente (20±1 °C e 65±5% de UR), safra 2015/16.

Tratamentos	Colheita 1	Colheita 2	Média
	Ácido clorogênico		
Controle	128,6 Aa	59,2 Ab	.
AVG (125 mg L ⁻¹)	67,3 Ba	59,4 Aa	.
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹)	35,4 Ca	34,6 Ba	.
Média	.	.	.
CV (%)	17,5		.
Floridizina			
Controle	8,2	3,2	5,7 ^{ns}
AVG (125 mg L ⁻¹)	10,1	4,3	7,2
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹)	4,6	5,5	5,0
Média	7,6 a	4,3 b	
CV (%)	44,4		
Catequina			
Controle	12,4	12,8	12,6 A
AVG (125 mg L ⁻¹)	14,1	12,0	13,1 A
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹)	7,1	5,5	6,1 B
Média	11,7 a	10,1 a	
CV (%)	18,7		
Quercetina			
Controle	5,5	6,6	6,1 A
AVG (125 mg L ⁻¹)	2,1	3,5	2,8 B
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹)	2,2	3,3	2,7 B
Média	3,3 b	4,5 a	
CV (%)	25,9		

Fonte: Elaborada pela autora, 2018. *Médias não seguidas da mesma letra, maiúsculas na vertical e minúsculas na horizontal, diferem entre si pelo teste Tukey (p<0,05).

Não houve efeito da aplicação pré-colheita de AVG no conteúdo de floridizina (Tabela 16). Para catequina, apenas a aplicação pré-colheita parcelada de AVG apresentou redução do seu conteúdo em comparação aos frutos do tratamento controle (Tabela 16). Ozturk et al. (2012) observaram redução na concentração de catequina em ameixas tratadas com AVG, após AR.

Observou-se menor teor de quercetina nos frutos que receberam aplicação pré-colheita de AVG, independente da forma, dose única ou parcelada (Tabela 16). Ozturk et al. (2012) também observaram redução na concentração de quercetina em ameixas tratadas com AVG, após AR.

Na safra 2014/15, observou-se redução no conteúdo de CFT e da AAT na polpa com o retardo da colheita. Na safra 2015/16, não foi observada alteração no conteúdo de CFT e AAT pelo método DPPH, enquanto que pelo método ABTS, observou-se redução da AAT, com o retardo da colheita (Tabela 14). Na casca, observou-se redução do conteúdo de CFT e AAT, pelo método DPPH, enquanto que não foi observada alteração na ATT pelo método ABTS, nas duas safras avaliadas, com o retardo da colheita (Tabela 15). Houve redução da concentração de floridizina e de ácido clorogênico, nos frutos do tratamento controle, enquanto que aplicação de AVG parcelada e a aplicação de AVG em dose única não influenciaram no conteúdo de ácido clorogênico com o retardo da colheita. Por outro lado, observou-se aumento do conteúdo de quercetina, e não foi observada diferença para o conteúdo de catequina com o retardo da colheita (Tabela 16).

Apesar da aplicação pré-colheita de AVG em dose única ter contribuído para a redução das concentrações de CFT e da AAT da casca, tanto na colheita como após o armazenamento refrigerado, e de ANT na casca na colheita, a aplicação parcelada de AVG não influenciou ou, apresentou efeito negativo menos acentuado sobre esses atributos. Dessa forma, a aplicação parcelada de AVG, pode ser uma alternativa para maçãs 'Baigent' produzidas sob tela antigranizo, pois, além dela contribuir para a manutenção da qualidade dos frutos, também contribui para a manutenção dos compostos funcionais, podendo assim, favorecer a produção de frutos que trazem benefícios a saúde humana.

3.4 CONCLUSÕES

A aplicação pré-colheita de aminoetoxivinilglicina não apresenta efeito sobre o teor de compostos fenólicos totais e a atividade antioxidante total na polpa, tanto na colheita como após o período de armazenamento refrigerado.

A aplicação pré-colheita de aminoetoxivinilglicina em dose única reduz as concentrações dos compostos fenólicos totais e a atividade antioxidante total da casca, tanto na colheita como após o armazenamento refrigerado, e de antocianinas na casca na colheita. A aplicação parcelada de aminoetoxivinilglicina não influencia ou apresenta efeito negativo menos pronunciado sobre o teor de compostos fenólicos

totais, atividade antioxidante total (métodos DPPH e ABTS) e na concentração de antocianinas da casca.

Na colheita, a aplicação pré-colheita de aminoetoxivinilglicina parcelada apresenta vantagens sobre a aplicação pré-colheita de AVG dose única, pois resulta em frutos com maior conteúdo de floridizina e de catequina e não influencia os conteúdos de ácido clorogênico, epicatequina e quercetina.

Após o armazenamento refrigerado, a aplicação pré-colheita de aminoetoxivinilglicina em dose única apresenta vantagens sobre a aplicação pré-colheita de AVG parcelada, pois resulta em frutos com maiores conteúdos de ácido clorogênico e catequina.

4 QUALIDADE ORGANOLÉPTICA E COMPOSTOS FUNCIONAIS NOS FRUTOS DE MACIEIRAS 'BAIGENT' CULTIVADAS SOB TELA ANTIGRANIZO E TRATADAS COM AMINOETOXIVINILGLICINA E ETEFOM

4.1 INTRODUÇÃO

A maçã (*Malus domestica*) é uma excelente fonte de antioxidantes naturais, devido a presença de compostos como vitamina C, flavonoides e compostos fenólicos (OZKAN et al., 2012). Quando consumida regularmente, a maçã apresenta potenciais efeitos benéficos à saúde humana, através da prevenção de diversas doenças crônicas (LI et al., 2012; CONDEZO-HOYOS; MOHANTY; NORATTO, 2014). Tais efeitos têm sido atribuídos aos compostos fenólicos e ao seu potencial antioxidante (BOUAYED, 2010; BOUAYED; BOHN, 2010).

Os compostos fenólicos são provenientes do metabolismo secundário e desempenham funções essenciais na bioquímica celular, reprodução, crescimento, mecanismos de defesa (contra patógenos, parasitas e predadores), coloração e sabor dos frutos (HYSON, 2011; PALAFOX-CARLOS; AYALA-ZAVALA; GONZÁLEZ-AGUILAR, 2011). Sua ação antioxidante é atribuída à capacidade de eliminação de radicais livres, através da doação de átomos de hidrogênio, e da sua estrutura molecular, em particular ao número e às posições dos grupos hidroxilas, e pelas substituições dos anéis aromáticos (MINATEL et al., 2017).

Os principais grupos de compostos fenólicos em maçãs são os ácidos fenólicos, di-hidrochalconas, flavonois, flavanois (flavan-3-óis), e antocianinas (CEYMANN et. al., 2012; JAKOBEK et al., 2013). Os ácidos fenólicos, di-hidrocalcolonas e flavonois pouco contribuem para o conteúdo de compostos fenólicos totais (CFT) em maçãs, com valores de 3-30%, 1-5% e 2-10%, respectivamente. Por outro lado, os flavan-3-óis nas formas monoméricas [(+)-catequina e (-)-epicatequina] e oligomérica (proantocianidinas) são os principais flavanois, contribuindo com 55-85% do conteúdo de CFT em maçãs (TSAO et al., 2005; CEYMANN et al., 2012; JAKOBEK et al., 2013).

No Brasil, a produção de maçã está concentrada nos estados do Sul, especialmente no Rio Grande do Sul e Santa Catarina, com produção de 1,1 milhão de toneladas por ano (FAOSTAT, 2018). No entanto, essa produção se concentra em um curto período, de fevereiro a abril, dificultando a colheita, problema que se agrava

pela escassez de mão-de-obra. Assim, os produtores necessitam de tecnologias que aumentam a período de colheita e evitam perdas durante a pré e a pós-colheita.

Uma das técnicas mais utilizadas para prolongar o período de colheita é a aplicação de reguladores de crescimento. Alguns reguladores de crescimento atrasam a colheita, evitando a abscisão do fruto, enquanto outros avançam a maturação do fruto, permitindo uma colheita precoce. O AVG é aplicado à campo, com o objetivo de atrasar a colheita e reduzir a queda de frutos (LI; YUAN, 2008). Porém, esse regulador de crescimento reduz o desenvolvimento da cor vermelha da casca, reduzindo a qualidade visual (STEFFENS et al., 2006a). Segundo Steffens, Giehl e Brackmann (2005), a aplicação de etefom em macieiras anteriormente tratadas com AVG anula o seu efeito negativo na formação da cor vermelha da epiderme dos frutos, sem comprometer o efeito sobre o retardo da maturação e manutenção da qualidade durante o armazenamento. Além desses efeitos na pré-colheita, o AVG também tem apresentado efeitos significativos sobre a conservação das maçãs, pois retarda o amadurecimento durante o armazenamento (BRACKMANN; WACLAWOVSKY, 2000). Em maçãs 'Gala' armazenadas em AC durante um período de oito meses, o AVG reduziu significativamente a perda de firmeza da polpa e a incidência de polpa farinácea (BRACKMANN; WACLAWOVSKY, 2000).

Todavia, a maioria das pesquisas desenvolvidas com AVG avaliaram sua aplicação em dose única, aos 30 dias antes da colheita comercial (DAC). É possível que a aplicação parcelada de AVG, ou em dose reduzida e mais próximo à colheita, possa minimizar os seus efeitos deletérios, porém sem reduzir o seu efeito sobre o retardo da maturação dos frutos. Adicionalmente, não foram encontradas informações do efeito do AVG sobre o controle da maturação de maçãs 'Baigent' produzida sob tela antigranizo, bem como sobre as propriedades funcionais dos frutos armazenados em atmosfera controlada (AC).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da aplicação pré-colheita de AVG em dose única ou parcelada, combinado ou não com etefom, e da data de colheita sobre a qualidade, o teor de compostos fenólicos e atividade antioxidante de maçãs 'Baigent' cultivada sob tela antigranizo após o armazenamento em AC.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado com maçãs (*Malus domestica*) 'Baigent', na safra 2015/16, em pomar comercial localizado no município de Vacaria, RS (50°42' W; 28°33' S; 955 m de altitude).

Os tratamentos constituíram-se da pulverização pré-colheita de AVG e/ou etefom sobre as plantas, sendo: controle (plantas pulverizadas com água); AVG (125 mg L⁻¹, 30 dias antes da previsão de colheita); AVG (125 mg L⁻¹, 30 dias antes da previsão de colheita) + etefom (120 mg L⁻¹, sete dias antes da previsão de colheita); AVG parcelado (62,5 mg L⁻¹ + 62,5 mg L⁻¹, 30 e 20 dias antes da previsão de colheita); AVG parcelado (62,5 mg L⁻¹ + 62,5 mg L⁻¹, 30 e 20 dias antes da previsão de colheita) + etefom (120 mg L⁻¹, sete dias antes da previsão de colheita); AVG (62,5 mg L⁻¹, 20 dias antes da previsão de colheita). Frutos de todos os tratamentos foram colhidos na colheita comercial (colheita 1) e 14 dias após a colheita comercial (colheita 2). Os frutos foram avaliados após oito meses de armazenamento em atmosfera controlada (AC; 1,0 kPa de O₂ e 2,0 kPa de CO₂; 0,5 °C±0,2 °C e UR 92±5%). A fonte de AVG foi o produto ReTain® e de etefom foi utilizado o produto Ethrel®.

Análises de perfil de compostos fenólicos (PCF) foram realizadas com os seguintes tratamentos: controle (plantas pulverizadas com água); AVG (125 mg L⁻¹); AVG parcelado (62,5 mg L⁻¹ + 62,5 mg L⁻¹); e AVG (62,5 mg L⁻¹), combinados com duas datas de colheita [colheitas 1 (colheita comercial) e colheita 2 (14 dias DACC)].

Os frutos foram armazenados a temperatura de 0,5 °C±0,2 °C e UR de 92±5% durante oito meses em AC (1 kPa de O₂ e 2,0 kPa de CO₂), utilizando minicâmaras experimentais com capacidade de 233 L. As condições de AC foram estabelecidas mediante a diluição do O₂ no ambiente de armazenamento com injeção de N₂, proveniente de um gerador desse gás, que utiliza o princípio *Pressure Swing Adsorption* (PSA), e posterior injeção de CO₂, proveniente de cilindros de alta pressão, até atingir as pressões parciais preestabelecidas. A manutenção das pressões parciais desejáveis dos gases, que variavam em razão da respiração dos frutos, foi realizada diariamente, com o uso de equipamento automático para controle de gases (Kronenberger/Climasul, Caxias do Sul, Brasil). Quando as pressões parciais de CO₂ e O₂ não estavam adequadas, era realizada à correção até as pressões parciais preestabelecidas. O CO₂ em excesso foi absorvido pela injeção de N₂, e O₂ consumido pela respiração foi repostado por meio da injeção de ar atmosférico na minicâmara.

No momento da saída da câmara foram avaliados os seguintes atributos: taxas respiratórias ($\eta\text{mol de CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$) e de produção de etileno ($\text{pmol C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$), cor da epiderme (ângulo 'hue'; região menos vermelha), rachaduras e podridões. Os frutos permaneceram durante sete dias em condição ambiente ($20 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ e UR de $63 \pm 2\%$), para simular o período de comercialização. Após esse período, os frutos foram avaliados quanto a taxas respiratória ($\eta\text{mol de CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$) e de produção de etileno ($\text{pmol C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$), cor da epiderme (ângulo 'hue'; região menos vermelha), firmeza de polpa (N), textura [forças para a ruptura da casca (N) e penetração da polpa (N)], sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), relação SS/AT, polpa farinácea (PF), escurecimento de polpa (EP), atividade antioxidante total [AAT; métodos DPPH ($\mu\text{Mol trolox } 100 \text{ g}^{-1} \text{ MF}$) e ABTS ($\mu\text{Mol trolox } 100 \text{ g}^{-1} \text{ MF}$)] e compostos fenólicos totais (CFT; $\text{mg EAG } 100\text{g}^{-1} \text{ MF}$) da casca e da polpa e, perfil de compostos fenólicos [PCF; ácido clorogênico, floridizina, epicatequina e procianidina B1 ($\text{mg kg}^{-1} \text{ MF de casca}$)].

4.2.1 Análises de Qualidade

As taxas respiratórias ($\eta\text{mol CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$) e de produção de etileno ($\text{pmol C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$) foram quantificadas por cromatografia gasosa. Frutos de cada repetição foram acondicionados em recipientes de 4,1 L, com fechamento hermético. As taxas respiratórias e de produção de etileno foram obtidas pela concentração de CO_2 e C_2H_4 , respectivamente, no interior do recipiente, após 30 min de fechamento dos recipientes contendo os frutos. Após este período, utilizando uma seringa plástica de 1,0 mL, foram coletadas três amostras da atmosfera do espaço livre destes recipientes, as quais foram injetadas em um cromatógrafo a gás, marca Varian®, modelo CP-3800 (Palo Alto, EUA), equipado com uma coluna Porapak N® de 3 m 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 $^\circ\text{C}$, respectivamente. Os fluxos de nitrogênio, hidrogênio e ar sintético utilizados foram de 70; 30; e 300 mL min^{-1} , respectivamente.

A cor de fundo foi avaliada em termos de valores de ângulo 'hue' (h°) com o auxílio de um colorímetro Minolta® modelo CR 400 (Konica, Tóquio, Japão). Os valores de h° apresentam as seguintes correspondências quanto às cores da

superfície do tecido vegetal: 0º/vermelho, 90º/amarelo, 180º/verde e 270º/azul. As leituras foram realizadas na região equatorial dos frutos.

Os atributos de textura foram analisados com texturômetro eletrônico TAXT-plus® (Stable Micro Systems Ltd, Surrey, Reino Unido), em termos de forças necessárias para a ruptura da casca (N) e penetração da polpa (N), utilizando uma ponteira com 2 mm de diâmetro, a qual foi introduzida na polpa a uma profundidade de 10 mm, com velocidades pré-teste, teste e pós-teste de 30, 3 e 40 mm s⁻¹, respectivamente

A firmeza de polpa (N) foi determinada na região equatorial dos frutos, em duas superfícies opostas, após a remoção de uma pequena porção da epiderme, com auxílio de um penetrômetro eletrônico (GÜSS Manufacturing Ltd, Cidade 48 do Cabo, África do Sul) equipado com ponteira de 11 mm de diâmetro.

Os valores de AT (% ácido málico) foram obtidos através de uma amostra de 10 mL de suco, obtido pelo processamento dos frutos em uma centrífuga. Essa amostra foi diluída em 90 mL de água destilada e titulada com solução de NaOH 0,1N até pH 8,1. Para titulação das amostras foi utilizado um titulador automático TitroLine® easy da SCHOTT Instruments (Mainz, Alemanha).

Os teores de SS (°Brix) foram determinados em um refratômetro digital modelo PR201α (Atago®, Tóquio, Japão), utilizando uma alíquota do suco obtido pelo processamento dos frutos.

Para avaliar o escurecimento de polpa, foram feitos cortes na secção transversal dos frutos. Realizou-se, a contagem dos frutos que apresentavam regiões internas da polpa com qualquer tipo de escurecimento. A polpa farinácea foi determinada pela avaliação subjetiva visual e quantificação dos frutos que apresentavam sintomas como polpa seca e pouca suculência.

As rachaduras foram determinadas por meio da contagem de frutos com epiderme ou polpa rachada, e as podridões foram avaliadas pela contagem dos frutos afetados, interna e externamente, com lesões causadas por patógenos.

4.2.2 Análises de AAT, CFT e PCF

Os reagentes 2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico) (ABTS), 2,2-difenil-1-picrilhidrazila (DPPH), 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcromo-2-ácido carboxílico (Trolox), Folin-Ciocalteu, acetato de sódio e persulfato de potássio foram

adquiridos da Sigma Chemical Co. (St. Louis, MO, EUA), com grau analítico (PA). Ácido gálico, carbonato de sódio, acetona e álcool etílico foram obtidos da Vetec® (Rio de Janeiro, Brasil), com grau analítico (PA). Os padrões de ácido clorogênico, floridizina, epicatequina e procianidina B1, bem como, os solventes acetonitrila, ácido acético e metanol foram adquiridos da Sigma Chemical Co. (St. Louis, MO, EUA), todos com grau de pureza HPLC.

AAT e CFT foram analisados em duas partes do fruto (casca e polpa). A casca de toda superfície do fruto foi removida com uma lâmina cortante (1 mm de espessura). A amostra de polpa foi retirada por meio de uma fatia longitudinal, de cerca de um centímetro, da porção mediana do fruto, descartando a região do endocarpo e conservando cada lado da fatia. As amostras de polpa foram processadas com um triturador vertical, marca Philips Walita, modelo RI1364 (Varginha, Brasil), e as amostras de casca foram maceradas em almofariz com nitrogênio líquido.

Para a obtenção dos extratos, utilizados na quantificação de CFT e da AAT, utilizou-se 5 e 2,5 g de amostra para polpa e casca, respectivamente, que foi homogeneizada em 10 mL de metanol/água destilada (50:50, v/v), com posterior homogeneização em ultraturrax, marca Heidolph, modelo D-91126 (Schwabach, Alemanha) e colocados em repouso por 60 min à temperatura ambiente (20 °C). Em seguida, as amostras foram centrifugadas em centrífuga Eppendorf, modelo 5810R (Hamburgo, Alemanha) a 4 °C por 20 min a 10000 rpm. O sobrenadante foi filtrado em balão volumétrico de 25 mL. A partir do resíduo da primeira extração foi adicionado 10 mL de acetona/água destilada (70:30, v/v), homogeneizou-se e colocou-se em repouso por 60 min à temperatura ambiente. Após esse período, foi novamente centrifugado (4 °C) por 20 min a 10000 rpm. Transferiu-se o sobrenadante para o balão volumétrico (que contém o primeiro sobrenadante) e completou-se o volume para 25 mL com água destilada. Os extratos foram reservados para análise de CFT e AAT.

A determinação de CFT foi realizada empregando o reagente Folin-Ciocalteu. A curva padrão foi obtida com ácido gálico, nas concentrações de 0, 10, 30, 50, 70, 90 e 100 ppm. Para análise foram adicionados 2,5 mL de Folin-Ciocalteu/água destilada (1:3, v/v), 0,5 mL de amostra e 2,0 mL da solução de carbonato de sódio 10%. Os tubos foram agitados, incubados por uma hora ao abrigo da luz. A leitura foi realizada em leitora de microplacas, modelo EnSpire (PerkinElmer, USA) no

comprimento de onda (λ) de 765 nm. Os resultados foram expressos em mg de equivalentes de ácido gálico por 100 g de massa fresca da amostra (mg EAG.100 g⁻¹ MF).

A determinação da AAT foi baseada na extinção da absorção dos radicais DPPH (2,2-difenil-1-picril hidrazil) e ABTS (2,2-azinobis-3-etilbenzotiazolin-6-ácido sulfônico). O método DPPH foi analisado de acordo com Rufino et al. (2007a), com adaptações. Em ambiente escuro, foram pipetados 100 μ L de amostra e misturados com 3.900 μ L de radical DPPH. Os tubos foram agitados e deixados para reagir por 30 min. A leitura foi realizada no λ =515 nm, e os resultados expressos em μ Mol de equivalente Trolox.100 g⁻¹ de massa fresca da amostra. O método ABTS foi analisado conforme descrito por Rufino et al. (2007b) com adaptações. Em ambiente escuro, foram pipetados 30 μ L de amostra e misturados com 3.000 μ L de radical ABTS. A leitura foi realizada após reação de 6 minutos em λ =734 nm, e os resultados expressos em μ Mol de equivalente Trolox.g⁻¹ de massa fresca da amostra.

As análises de PCF foram realizadas por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE), conforme descrito por Tsao et al. (2003). A preparação das amostras foi a mesma utilizada para CFT e AAT. Cada amostra foi transferida para um becker com metanol/água ultrapura (70:30, v/v), na proporção de 1:1 (p/v), onde foram homogeneizadas usando um ultraturrax marca Heidolph, modelo D-91126 (Schwabach, Alemanha). A filtragem foi realizada por filtro quantitativo sob vácuo e, em seguida, por um filtro de seringa de 0,45 μ m, marca Kasvi (Curitiba, Brasil). A amostra final permaneceu armazenada a -20 °C até a análise.

A quantificação de PCF foi realizada através de CLAE, com um cromatógrafo da marca Shimadzu (Tóquio, Japão), equipado com controladora SCL-10Avp, misturador quaternário FCV-10ALvp, bomba LC-10ADvp, amostrador automático SIL 10-ADvp, detector ultravioleta SPD-10AVp e software CLASS VP 6.14. Foi utilizada uma coluna analítica C18 (250 x 4,6 mm; tamanho das partículas, 5 μ m), marca Restek (Bellefonte, EUA). A fase móvel foi ácido acético/água ultrapura (6:94, v/v) em 2 mM de tampão de acetato sódio (solvente A, pH 2,55, v/v) e acetonitrila (solvente B). O programa de gradiente foi o seguinte: 0 % até 15 % de B em 45 min, 15 % até 30 % de B em 15 min, 30 % a 50 % de B em 5 min, e 50 % até 100 % de B em 5 min. O tempo de retorno à condição inicial foi de 10 min. A taxa de fluxo foi de 1,0 mL min⁻¹ durante um tempo total de corrida de 80 min. O detector foi fixado em λ =280 nm e o

volume de injeção de 20 µL para todas as amostras. Todos os padrões foram dissolvidos em metanol.

A identificação dos compostos fenólicos foi baseada nos tempos de retenção dos padrões: procianidina B1=10,9 min; ácido clorogênico=22,7 min; epicatequina=35,2 min e floridizina=67,0 min. A confirmação da identidade foi obtida pela adição de padrão interno nas amostras e comparação com a mesma amostra, sem a adição do padrão interno. A concentração do analito foi calculada conforme curvas de calibração derivadas do correspondente composto fenólico padrão puro, nas concentrações entre 0-100 mg g⁻¹. Todas as amostras foram preparadas e analisadas em duplicata.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, segundo um fatorial 6x2, com quatro repetições compostas por 20 frutos cada. Dados em porcentagem, de polpa farinácea, de frutos rachados e de incidência de podridão foram transformados para arco sen $(x+1/100)^{0,5}$, antes de se proceder a análise estatística. Os dados foram submetidos a análise de variância e as médias dos tratamentos comparada pelo teste de Tukey ($p<0,05$). Na casca dos frutos, a variável AAT foi submetida à análise de correlação de Pearson ($p<0,01$) com os teores de CFT. Todos os dados foram analisados com o programa SAS (SAS Institute, 2002).

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após oito meses de armazenamento em AC, tanto na saída da câmara como após sete dias em condição ambiente, as maçãs não apresentaram diferenças entre os tratamentos para taxa respiratória (Tabela 17). A ausência de diferença entre os tratamentos para taxa respiratória, pode estar relacionada com o efeito da condição da AC sobre a respiração dos frutos, pois, em condições de baixas pressões parciais de O₂ (1,0 kPa) e altas pressões parciais de CO₂ (2,0 kPa) ocorre redução na respiração celular, em decorrência da menor atividade das enzimas que atuam no processo respiratório (BRACKMANN et al., 2005). O baixo O₂ da condição de AC pode ter limitado a respiração pela inibição da atividade da citocromo c oxidase na cadeia transportadora de elétrons (WEBER et al., 2013), restringindo a respiração celular. As altas pressões parciais de CO₂ da condição de AC, possivelmente tenham causado redução na taxa respiratória dos frutos, pelo efeito inibitório que esse gás exerce sobre

a enzima fosfofrutoquinase na rota glicolítica, bem como sobre as enzimas succinato desidrogenase e isocitrato desidrogenase no ciclo dos ácidos tricarboxílicos (STEFFENS et al., 2007).

Tabela 17 - Taxas respiratórias ($\eta\text{mol de CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$) e de produção de etileno ($\mu\text{mol C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$), em maçãs 'Baigent' em resposta a aplicação pré-colheita de aminoetoxivinilglicina (AVG) e de etefom e duas datas de colheita, avaliadas após oito meses de armazenamento em atmosfera controlada ($1,0 \text{ kPa O}_2 + 2,0 \text{ kPa CO}_2/0,5 \text{ }^\circ\text{C}/92\%$ de UR), na saída da câmara e após sete dias em condição ambiente ($20\pm1 \text{ }^\circ\text{C}$ e $65\pm5\%$ de UR).

	Colheita 1	Colheita 2	Colheita 1	Colheita 2		
Saída da câmara						
Tratamentos	Taxa respiratória		Média	Taxa de produção de etileno		Média
Controle	72,1	178,5	125,3 ^{ns}	1,3 Ab	87,2 Aa	.
AVG (125 mg L ⁻¹)	74,6	153,7	114,2	0,5 Ab	34,7 Ba	.
AVG (125 mg L ⁻¹) + etefom (120 mg L ⁻¹)	76,9	175,1	126,0	0,3 Ab	103,2 Aa	.
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹)	72,9	175,8	124,4	0,4 Ab	96,2 Aa	.
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹) + etefom (120 mg L ⁻¹)	64,5	170,7	117,6	0,1 Ab	86,9 Aa	.
AVG (62,5 mg L ⁻¹)	72,9	171,9	122,4	0,5 Ab	85,9 Aa	.
Média	72,3b	171,0a		.	.	.
CV (%)	3,7			21,0		
Após sete dias em condição ambiente						
	Taxa respiratória		Média	Taxa de produção de etileno		Média
Controle	199,9	88,8	144,4 ^{ns}	31,9 Ab	101,2 Aa	.
AVG (125 mg L ⁻¹)	234,9	85,6	160,3	33,0 Aa	2,6 Cb	.
AVG (125 mg L ⁻¹) + etefom (120 mg L ⁻¹)	215,0	124,9	169,9	37,6 Aa	43,8 Ba	.
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹)	257,1	105,7	181,4	50,3 Aa	17,2 BCb	.
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹) + etefom (120 mg L ⁻¹)	244,9	100,0	172,5	47,5 Aa	40,9 Ba	.
AVG (62,5 mg L ⁻¹)	190,3	83,6	136,9	30,8 Aa	20,5 BCb	.
Média	223,7 a	98,1 b		.	.	
CV (%)	27,5			33,5		

Fonte: Elaborada pela autora, 2018. *Médias não seguidas da mesma letra, maiúsculas na vertical e minúsculas na horizontal, diferem entre si pelo teste Tukey ($p<0,05$). ^{ns}: diferença não significativa.

Houve interação entre os fatores, tratamentos pré-colheita e data de colheita para taxa de produção de etileno, tanto na saída da câmara como após sete dias em condição ambiente. Na saída da câmara, maçãs da colheita comercial não apresentaram diferença entre os tratamentos, porém, em maçãs colhidas 14 dias após a colheita comercial, apenas a aplicação de AVG na dose de 125 mg L^{-1} apresentou menor taxa de produção de etileno em comparação ao tratamento controle. Após sete

dias em condição ambiente, maçãs colhidas na colheita comercial também não apresentaram diferença entre si na taxa de produção de etileno. Todavia, maçãs colhidas após 14 dias quando submetidas a aplicação de AVG, independente da dose, da forma de aplicação e se houve ou não combinação com etefom, apresentaram taxa de produção de etileno mais baixa do que o controle (Tabela 17). A menor taxa de produção de etileno foi observada nos frutos que receberam aplicação pré-colheita de AVG na dose única de 125 mg L^{-1} , porém, sem diferir das demais formas de aplicação somente de AVG [parcelada ($62,5 \text{ mg L}^{-1} + 62,5 \text{ mg L}^{-1}$) ou metade da dose ($62,5 \text{ mg L}^{-1}$)]. Brackmann et al. (2015a), após o período de armazenamento em AC, também observaram menor taxa de produção de etileno nos frutos que receberam aplicação pré-colheita de AVG do que naqueles do tratamento controle. Outros trabalhos também mostram que a aplicação de AVG, seguido de tratamento com etefom, reduz a produção de etileno em comparação ao controle em maçãs 'Gala' (WANG; DILLEY, 2001; STEFFENS et al., 2006a) e 'Jonagold' (WANG; DILLEY, 2001). Mir et al. (1999), com a cultivar 'Jonagold', também verificaram no tratamento com AVG mais etefom, uma produção de etileno intermediária ao tratamento controle e com AVG. Esses resultados devem estar relacionados ao fato de o AVG impedir a produção autocatalítica de etileno, que seria desencadeada pelo etileno liberado do etefom (STEFFENS; GIEHL; BRACKMANN, 2005). De acordo com Brackmann et al. (2015a), a maior taxa de produção de etileno nas maçãs do tratamento controle, pode estar relacionada com a maior atividade da enzima ACC oxidase e pela maior concentração interna de etileno no fruto.

Na saída da câmara, frutos que receberam somente aplicações pré-colheita de AVG [dose única (125 mg L^{-1}), parcelada ($62,5 \text{ mg L}^{-1} + 62,5 \text{ mg L}^{-1}$) ou metade da dose ($62,5 \text{ mg L}^{-1}$)], apresentaram, em comparação ao controle, cor de fundo (representada pelo valor de h°) da epiderme mais verde. As maçãs que receberam aplicação de etefom após aplicação de AVG apresentaram valores intermediários, não diferindo dos tratamentos com apenas AVG e controle. Após sete dias de exposição dos frutos em condição ambiente, todas as formas de aplicação pré-colheita de AVG, independente da aplicação ou não de etefom, apresentaram cor de fundo da epiderme mais verde em comparação ao controle (Tabela 18). Steffens, Giehl e Brackmann (2005) também observaram em maçãs 'Gala' frutos com a cor de fundo da epiderme mais verde ao final do período de armazenamento em AC, com a aplicação pré-

colheita de AVG, combinado ou não com etefom. Segundo Brackmann et al. (2009c), o efeito do AVG sobre a cor de fundo está relacionado com a menor atividade das enzimas clorofilases, proporcionando dessa forma, maçãs com aspecto mais esverdeado. De acordo com Steffens, Giehl e Brackmann (2005), esse efeito pode ser devido à menor taxa de produção de etileno, pois frutos expostos ao etileno apresentam maior atividade de enzimas que degradam clorofilas.

Tabela 18 – Ângulo ‘hue’ (h° ; cor de fundo) em maçãs ‘Baigent’ em resposta a aplicação pré-colheita de aminoetoxivinilglicina (AVG) e de etefom e duas datas de colheita, avaliadas após oito meses de armazenamento em atmosfera controlada (1,0 kPa O_2 + 2,0 kPa CO_2 /0,5 °C/ 92% de UR), na saída da câmara e seguidos por mais sete dias em condição ambiente (20±1 °C e 65±5% de UR).

Tratamentos pré-colheita	Saída da câmara		Após sete dias em condição ambiente			
	h°		h°			
	Média		Média			
Controle	91,8	74,9	83,3 B	76,8	83,1	79,9 B
AVG (125 mg L ⁻¹)	106,2	92,1	99,2 A	95,9	99,7	97,8 A
AVG (125 mg L ⁻¹) + etefom (120 mg L ⁻¹)	104,6	75,7	90,2 AB	91,6	87,5	89,6 A
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹)	106,2	88,5	97,4 A	91,2	96,0	93,6 A
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹) + etefom (120 mg L ⁻¹)	105,0	75,4	90,2 AB	89,0	87,7	89,2 AB
AVG (62,5 mg L ⁻¹)	106,8	87,3	97,0 A	93,5	93,1	93,3 A
Média	103,4 a	82,3 b		89,7 a	91,6 a	
CV (%)	6,6		5,7			

Fonte: Elaborada pela autora, 2018. *Médias não seguidas da mesma letra, maiúscula na vertical e minúsculas na horizontal, diferem entre si pelo teste Tukey (p<0,05). ^{ns}: diferença não significativa.

Teores de SS e AT são importantes indicativos de sabor dos frutos. Para o teor de SS, aplicações pré-colheita de AVG na dose de 125 mg L⁻¹ e parcelada apresentaram menores valores de SS em comparação ao controle, porém, sem diferir da aplicação de metade da dose recomendada de AVG e dos tratamentos com AVG combinado com etefom (Tabela 19). Segundo Brackmann et al. (2015a), teor de SS mais elevado está relacionado com a redução na firmeza de polpa, ocasionada pela hidrólise da parede celular. Pinto et al. (2012) também atribuem o aumento de SS à ocorrência de redução da firmeza de polpa.

Tabela 19 – Teor de sólidos solúveis (SS; °Brix), acidez titulável (AT; %) e relação SS/AT em maçãs ‘Baigent’ em resposta a aplicação pré-colheita de aminoetoxivinilglicina (AVG) e de etefom e duas datas de colheita, avaliadas após oito meses de armazenamento em atmosfera controlada (1,0 kPa O₂ + 2,0 kPa CO₂/0,5 °C/ 92% de UR) e seguidos por mais sete dias em condição ambiente (20±1 °C e 65±5% de UR).

Tratamentos	Colheita 1	Colheita 2	Média
	SS (°Brix)		
Controle	12,8	12,7	12,8 A
AVG (125 mg L ⁻¹)	10,8	11,6	11,2 B
AVG (125 mg L ⁻¹) + Etefom (120 mg L ⁻¹)	11,3	12,2	11,7 AB
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹)	11,5	11,5	11,5 B
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹) + Etefom (120 mg L ⁻¹)	11,7	12,3	12,0 AB
AVG (62,5 mg L ⁻¹)	11,7	12,0	11,9 AB
Média	11,6 a	12,1 a	
CV (%)	5,5		
AT (%)			
Controle	0,22	0,20	0,21 B
AVG (125 mg L ⁻¹)	0,27	0,21	0,24 A
AVG (125 mg L ⁻¹) + etefom (120 mg L ⁻¹)	0,23	0,21	0,22 AB
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹)	0,26	0,21	0,24 A
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹) + etefom (120 mg L ⁻¹)	0,24	0,22	0,23 AB
AVG (62,5 mg L ⁻¹)	0,25	0,22	0,247 A
Média	0,24 a	0,21 b	
CV (%)	5,4		
SS/AT			
Controle	47,1	59,4	55,5 ^{ns}
AVG (125 mg L ⁻¹)	53,5	58,6	56,0
AVG (125 mg L ⁻¹) + etefom (120 mg L ⁻¹)	48,8	58,7	53,8
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹)	48,3	52,5	50,8
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹) + etefom (120 mg L ⁻¹)	45,5	57,7	51,6
AVG (62,5 mg L ⁻¹)	46,3	54,3	50,3
Média	48,3 b	56,9 a	
CV (%)	7,9		

Fonte: Elaborada pela autora, 2018. *Médias não seguidas da mesma letra, maiúscula na vertical e minúsculas na horizontal, diferem entre si pelo teste Tukey (p<0,05). ^{ns}: diferença não significativa.

As aplicações pré-colheita somente de AVG (125 mg L⁻¹; 62,5 mg L⁻¹ + 62,5 mg L⁻¹; e 62,5 mg L⁻¹) proporcionaram frutos com maior AT em comparação ao tratamento controle (Tabela 19). Aglar et al. (2016) também observaram maior AT em maçãs ‘Jersey Mac’ tratadas com AVG. De acordo com Brackmann et al. (2009), o AVG retarda a maturação dos frutos e com isso inibe a degradação dos ácidos orgânicos, mantendo os valores de AT mais elevados (WANG; DILLEY, 2001). Por outro lado, não foi observado diferença entre os tratamentos para relação SS/AT. Drake et al.

(2005) também não observaram diferença na relação SS/AT em maçãs 'Delicious' tratadas com AVG, após cinco meses de armazenamento em AC.

Após oito meses de armazenamento em AC, tanto a firmeza de polpa, como, forças para ruptura da casca e de penetração na polpa, foram maiores nas maçãs que receberam aplicação pré-colheita de AVG, combinadas ou não com etefom, em comparação aos frutos do tratamento controle (Tabela 20). Brackmann et al. (2015b) também observaram maior firmeza de polpa em maçãs 'Baigent' tratadas com AVG após armazenamento em AC, independente da aplicação pré-colheita de etefom. A maior firmeza de polpa pode estar relacionada à menor atividade da ACC oxidase e da taxa de produção de etileno nos frutos tratados com AVG (Tabela 1), pois segundo Payasi et al. (2009) e Wei et al. (2010), o etileno atua como ativador de enzimas que degradam componentes da parede celular, conferindo, dessa forma, frutas com menor firmeza de polpa. De acordo com Lunardi et al. (2004), com a aplicação de AVG há atraso no amadurecimento pela inibição da síntese autocatalítica do etileno, que retarda a perda de firmeza dos frutos. Nesta condição de fruto mais firme, ocorre menor taxa de degradação das pectinas e menor atividade das enzimas pectinametilesterase (PME) e poligalactoronase (PG), principais responsáveis pelo amaciamento da polpa (LUNARDI et al., 2004). No entanto, os frutos tratados com AVG estavam mais firmes do que os frutos não tratados, indicando que o tratamento com AVG, independente da forma combinado ou não com etefom, resulta em melhor conservação da textura sob condições de armazenamento em AC.

Tabela 20 – Firmeza de polpa (N), força para ruptura da casca (N) e de penetração na polpa (N) em maçãs ‘Baigent’, em resposta a aplicação pré-colheita de aminoetoxivinilglicina (AVG) e de etefom e duas datas de colheita, avaliadas após oito meses de armazenamento em atmosfera controlada (1,0 kPa O₂ + 2,0 kPa CO₂/0,5 °C/ 92% de UR), seguidos por mais sete dias em condição ambiente (20±1 °C e 65±5% de UR).

Tratamentos	Colheita 1	Colheita 2	
	Firmeza de Polpa (N)		Média
Controle	71,9	61,8	66,8 B
AVG (125 mg L ⁻¹)	81,9	69,8	75,8 A
AVG (125 mg L ⁻¹) + etefom (120 mg L ⁻¹)	80,3	64,9	72,6 A
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹)	79,1	69,3	74,2 A
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹) + etefom (120 mg L ⁻¹)	79,8	68,9	74,3 A
AVG (62,5 mg L ⁻¹)	81,0	68,8	74,9 A
Média	79,0 a	67,2 b	
CV (%)	3,60		
Força para ruptura da casca (N)			
Controle	13,1	11,8	12,5 B
AVG (125 mg L ⁻¹)	14,9	13,6	14,3 A
AVG (125 mg L ⁻¹) + etefom (120 mg L ⁻¹)	14,9	13,2	14,1 A
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹)	14,7	13,2	13,9 A
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹) + etefom (120 mg L ⁻¹)	14,1	13,0	13,5 A
AVG (62,5 mg L ⁻¹)	14,3	13,2	13,8 A
Média	14,3 a	13, b	
CV (%)	4,19		
Força para penetração na polpa (N)			
Controle	2,9	2,5	2,7 B
AVG (125 mg L ⁻¹)	3,5	3,0	3,2 A
AVG (125 mg L ⁻¹) + etefom (120 mg L ⁻¹)	3,3	2,8	3,1 A
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹)	3,2	2,8	3,0 A
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹) + etefom (120 mg L ⁻¹)	3,3	2,8	3,1 A
AVG (62,5 mg L ⁻¹)	3,3	2,9	3,1 A
Média	3,3 a	2,8 b	
CV (%)	4,7		

Fonte: Elaborada pela autora, 2018. *Médias não seguidas da mesma letra, maiúscula na vertical e minúsculas na horizontal, diferem entre si pelo teste Tukey (p<0,05).

Houve interação entre os fatores tratamento pré-colheita e data de colheita para rachadura. Na primeira colheita, não foi observada rachaduras em qualquer um dos tratamentos. Na segunda colheita, maçãs que receberam somente aplicação de AVG não apresentaram frutos rachados, enquanto que nos demais tratamentos continham frutos com rachaduras (Tabela 21; Apêndice F). De acordo com Saquet (1997), as rachaduras ocorrem em frutos com polpa farinácea. O efeito do AVG sobre o controle

da ocorrência de rachaduras está associado à sua ação da redução da síntese de etileno, pois o etileno pode incrementar a incidência desse distúrbio por acelerar o amadurecimento dos frutos (SAQUET, 1997; STEFFENS; GIEHL; BRACKMANN, 2005). De acordo com Steffens, Giehl e Brackmann (2005), a menor ocorrência de frutos rachados pode ser atribuída à menor degradação da pectina na parede das células da polpa.

Tabela 21 – Incidências de rachaduras, podridões e de polpa farinácea em maçãs ‘Baigent’, em resposta a aplicação pré-colheita de aminoetoxivinilglicina (AVG) e de etefom e duas datas de colheita, avaliadas após oito meses de armazenamento em atmosfera controlada (1,0 kPa O₂ + 2,0 kPa CO₂/0,5 °C/ 92% de UR), na saída da câmara e após sete dias em condição ambiente (20±1 °C e 65±5% de UR).

	Colheita 1	Colheita 2	Colheita 1	Colheita 2		
Saída da câmara						
Tratamentos	Rachaduras (%)		Média	Podridão (%)		Média
Controle	0,0 Aa	8,7 ABa	.	3,3	19,2	11,3 AB
AVG (125 mg L ⁻¹)	0,0 Aa	0,0 Ba	.	0,0	8,4	4,2 B
AVG (125 mg L ⁻¹) + etefom (120 mg L ⁻¹)	0,0 Ab	12,9 Aa	.	8,7	12,5	10,6 AB
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹)	0,0 Aa	0,0 Ba	.	7,0	18,3	12,7 AB
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹) + etefom (120 mg L ⁻¹)	0,0 Aa	6,7 ABa	.	5,1	32,3	18,7 A
AVG (62,5 mg L ⁻¹)	0,0 Aa	0,0 Ba	.	7,2	9,9	8,6 AB
Média	.	.		5,2 b	16,9 a	
CV (%)	39,4			21,0		
Após sete dias em condição ambiente						
	Polpa Farinácea (%)		Média	Podridão (%)		Média
Controle	21,4	43,1	32,2 A	3,3	42,3	22,8 A
AVG (125 mg L ⁻¹)	0,0	0,0	0,0 B	0,0	13,0	6,5 B
AVG (125 mg L ⁻¹) + etefom (120 mg L ⁻¹)	0,0	28,7	14,4 AB	8,7	41,4	25,1 A
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹)	0,0	12,2	6,1 B	7,0	30,5	18,8 AB
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹) + etefom (120 mg L ⁻¹)	4,4	27,8	16,1 AB	5,1	59,3	32,2 A
AVG (62,5 mg L ⁻¹)	7,4	12,6	10,0 AB	7,2	22,7	15,0 AB
Média	5,5 b	20,7 a		5,2 b	34,9 a	
CV (%)	5,6			17,8		

Fonte: Elaborada pela autora, 2018. *Médias não seguidas da mesma letra, maiúsculas na vertical e minúsculas na horizontal, diferem entre si pelo teste Tukey (p<0,05).

A ocorrência de podridões foi menor nos frutos que receberam aplicação de AVG na dose de 125 mg L⁻¹, tanto na saída da câmara como após sete dias em condição ambiente, em comparação aos frutos que receberam aplicação de etefom após o AVG, independente da forma. Porém, as demais formas de aplicação pré-

colheita somente de AVG [parcelado ($62,5 \text{ mg L}^{-1} + 62,5 \text{ mg L}^{-1}$) e metade da dose ($62,5 \text{ mg L}^{-1}$)] não diferiram entre os melhores e os piores tratamentos (Tabela 21). Possivelmente, frutos tratados com AVG na dose de 125 mg L^{-1} apresentaram menor incidência de podridões em virtude do estágio de maturação menos avançado no momento da colheita, uma vez que frutos imaturos são menos suscetíveis a podridões do que frutos maduros, pois frutos em estádios mais avançados de maturação apresentam pouca resistência à penetração e ao desenvolvimento de patógenos. De acordo com Brackmann et al. (2015a), a incidência de podridão em frutos que foram tratados com etefom após a aplicação de AVG, está relacionada à transformação do etefom em etileno, que promove o amadurecimento dos frutos e aumenta sua susceptibilidade aos fungos.

Um dos principais problemas que ocorrem durante o armazenamento de maçãs 'Gala' é a incidência de polpa farinácea. Esse distúrbio é caracterizado pela baixa suculência da fruta e polpa com aspecto farináceo. Neste trabalho, aplicações pré-colheita de AVG na dose de 125 mg L^{-1} e parcelada ocasionaram menor incidência de polpa farinácea, em comparação ao controle, porém, sem diferir da aplicação de metade da dose recomendada de AVG e de AVG combinado com etefom (Tabela 21). Este resultado está de acordo com Steffens, Giehl e Brackmann (2005), que indicaram que a aplicação pré-colheita de AVG pode reduzir a incidência de polpa farinácea. Segundo Payasi et al. (2009), a incidência de polpa farinácea está associada com a concentração de etileno no fruto, pois esse hormônio é importante para ativar as enzimas poligalacturonases (PG) e pectinametilesterases (PME) que transformam moléculas de protopectina em pectina solúvel e aumentam a incidência de polpa farinácea. De acordo com Huang e Lu (2010) o aspecto farináceo ocorre devido a degradação da pectina na lamela média, reduzindo a força de ligação entre as células, fazendo as células se desprenderem uma da outra e não estourarem no momento da mastigação.

Quanto à data de colheita, na saída da câmara, observou-se que com o atraso da colheita houve aumento nas taxas de produção de etileno em todos os tratamentos. Após sete dias em condição ambiente, com o retardo da colheita, ocorreu redução na taxa de produção de etileno nos frutos que receberam apenas aplicação pré-colheita de AVG [dose única (125 mg L^{-1}), parcelada ($62,5 \text{ mg L}^{-1} + 62,5 \text{ mg L}^{-1}$) ou metade da dose ($62,5 \text{ mg L}^{-1}$)], enquanto que frutos que receberam aplicação de AVG combinada

com etefom, não apresentaram alterações na taxa de produção de etileno. Por outro lado, frutos do tratamento controle, com o retardo da colheita, apresentaram aumento na taxa de produção de etileno (Tabela 17).

Após oito meses de armazenamento em AC, o retardo na colheita proporcionou frutos com maior relação SS/AT e maior grau de amarelecimento da epiderme, e menores valores de AT, de firmeza de polpa, de força para penetração na polpa e de força para ruptura da casca. Além disso, com o retardo da colheita, observou-se aumento da incidência podridões e de polpa farinácea, caracterizando avanço da maturação e senescência dos frutos. Por outro lado, o atraso na colheita não influenciou o teor de SS (Tabelas 18, 19, 20 e 21).

As aplicações pré-colheita somente de AVG, tanto na dose de 125 mg L⁻¹, como na forma parcelada e na dose de 62,5 mg L⁻¹ reduziram a taxa de produção de etileno, apresentaram frutos menos amarelecidos e com menor incidência de rachaduras, mantendo-se elevada a firmeza de polpa, os atributos de textura e a AT dos frutos, sem causar efeitos negativos sobre a incidência de polpa farinácea e de podridões. Sendo assim, a aplicação pré-colheita de AVG parcelada e na dose de 62,5 mg L⁻¹, apresentaram resultados positivos sobre a manutenção da qualidade de maçãs armazenadas em AC (1,0 kPa O₂ + 2,0 kPa CO₂/0,5 °C/ 92% de UR), semelhantes à dos frutos que receberam aplicação pré-colheita de AVG na dose recomendada (125 mg L⁻¹). Todavia, as aplicações pré-colheita de AVG na dose de 125 mg L⁻¹ e parcelada combinadas com etefom, também contribuíram para a redução da taxa de produção de etileno e do amarelecimento, apresentaram elevada firmeza de polpa e textura, sem comprometer o sabor dos frutos, porém, apresentaram elevada incidência de podridões e de rachaduras quando o etefom foi combinado com AVG na dose de 125 mg L⁻¹, podendo assim, causar prejuízos na qualidade dos frutos armazenados em AC (1,0 kPa O₂ + 2,0 kPa CO₂/0,5 °C/ 92% de UR), enquanto que a incidência de polpa farinácea não foi influenciada pela aplicação da combinação de AVG e etefom na primeira colheita.

De acordo com trabalhos realizados para avaliar o efeito da aplicação pré-colheita somente de AVG em maçãs produzidas sob pleno sol e armazenadas em AC, observou-se que essas maçãs também apresentaram redução na taxa de produção de etileno (BRACKMANN et al., 2015a), elevada firmeza de polpa (BRACKMANN et al., 2015b), cor de fundo mais esverdeada (STEFFENS; GIEHL; BRACKMANN, 2005) e estavam mais ácidas (AGLAR et al., 2016).

Foi observada correlação positiva e significativa ($p < 0,01$) entre conteúdo de CFT e a AAT (métodos DPPH e ABTS), tanto na casca como na polpa dos frutos. Na polpa, obteve-se um coeficiente de correlação de 0,70 para o método DPPH e de 0,92 para o método ABTS. Na casca, obteve-se um coeficiente de correlação de 0,94 para os dois métodos. Correlação linear positiva entre atividade antioxidante e compostos fenólicos em maçã também tem sido relatada por outros autores (MATTHES; SCHMITZ-EIBERGER, 2009; STANGER et al., 2017, 2018), demonstrando que os compostos fenólicos são os principais contribuintes da AAT. Segundo Panzella et al. (2013), os compostos fenólicos são os fitoquímicos que mais contribuem para a atividade antioxidante em maçãs. Isto se deve, porque o poder antioxidante dos compostos fenólicos depende da estrutura, em particular do número e posição dos grupos hidroxílicos e da natureza das substituições dos anéis aromáticos (MINATEL et al., 2017).

Na polpa não houve diferença entre os tratamentos pré-colheita para o teor de CFT e AAT, tanto pelo método DPPH como pelo método ABTS, após oito meses de armazenamento em AC e mais sete dias de exposição dos frutos em condição ambiente (Tabela 22). A ausência de diferença entre os tratamentos para CFT e AAT, pode ser atribuída aos efeitos sinérgicos que os diferentes compostos fenólicos apresentam sobre a AAT (REBER; EGGETT; PARKER, 2011; BOLLING; CHEN; CHEN, 2013). De acordo com Rotili et al. (2013), a atividade antioxidante em frutos é decorrente da ação de uma variedade de compostos que são degradados ou sintetizados durante o armazenamento, em resposta a estresses bióticos e abióticos.

Tabela 22 - Teores de compostos fenólicos totais (CFT; mg EAG 100 g⁻¹ MF) e atividade antioxidante total [AAT; métodos DPPH (μMol trolox 100 g⁻¹ MF) e ABTS (μMol trolox 100 g⁻¹ MF)] da polpa de maçãs 'Baigent', em resposta a aplicação pré-colheita de aminoetoxivinilglicina (AVG) e de etefom e duas datas de colheita, avaliadas após oito meses de armazenamento em atmosfera controlada (1,0 kPa O₂ + 2,0 kPa CO₂/0,5 °C/ 92% de UR), seguidos por mais sete dias em condição ambiente (20±1 °C e 65±5% de UR).

Tratamentos	Colheita 1	Colheita 2	Média
	CFT		
Controle	19,7	16,5	18,1 ^{ns}
AVG (125 mg L ⁻¹)	15,5	12,2	13,9
AVG (125 mg L ⁻¹) + etefom (120 mg L ⁻¹)	17,8	17,9	17,9
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹)	17,0	14,2	16,6
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹) + etefom (120 mg L ⁻¹)	19,3	15,2	17,3
AVG (62,5 mg L ⁻¹)	16,4	14,8	15,2
Média	17,8 a	15,1 b	
CV (%)	10,7		
AAT/DPPH			
Controle	273,4	196,4	234,9 ^{ns}
AVG (125 mg L ⁻¹)	253,2	201,9	227,6
AVG (125 mg L ⁻¹) + etefom (120 mg L ⁻¹)	231,6	224,5	228,1
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹)	235,1	203,6	219,4
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹) + etefom (120 mg L ⁻¹)	207,1	203,4	205,3
AVG (62,5 mg L ⁻¹)	241,4	195,3	206,8
Média	240,2 a	204,2 b	
CV (%)	10,7		
AAT/ABTS			
Controle	245,5	206,9	222,3 ^{ns}
AVG (125 mg L ⁻¹)	291,9	181,9	236,9
AVG (125 mg L ⁻¹) + etefom (120 mg L ⁻¹)	233,3	239,4	236,3
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹)	264,7	185,2	225,0
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹) + etefom (120 mg L ⁻¹)	254,1	234,1	244,1
AVG (62,5 mg L ⁻¹)	259,7	204,1	218,0
Média	258,8 a	208,6 b	
CV (%)	13,6		

Fonte: Elaborada pela autora, 2018. *Médias não seguidas da mesma letra, maiúscula na vertical e minúsculas na horizontal, diferem entre si pelo teste Tukey (p<0,05). ^{ns}: diferença não significativa.

Na casca, aplicação pré-colheita de AVG na dose única de 125 mg L⁻¹, em comparação aos frutos do tratamento controle, apresentou menor teor de CFT, porém, as demais formas de aplicação pré-colheita de AVG e a aplicação de AVG combinada ou não com etefom apresentaram valores intermediários, não diferindo entre os tratamentos (Tabela 23). Estes resultados evidenciam que a aplicação pré-colheita de AVG parcelado e na dose de 62,5 mg L⁻¹ não afeta negativamente o teor de CFT na

casca dos frutos. Segundo Ozturk et al. (2015), a diminuição no conteúdo de compostos bioativos pelo AVG pode ser devido a inibição da síntese de etileno. O maior conteúdo de compostos fenólicos pode ser explicado pela maior produção de etileno que resulta numa estimulação de PAL (NAPOLITANO et al., 2004). De acordo com Valero et al. (2003), o etileno regula o processo de amadurecimento e tem impacto significativo tanto no amolecimento de tecidos, como na degradação de pigmentos e nas mudanças bioquímicas do fruto. Khan, Singh e Swinny (2009) mencionaram que a diminuição no teor de compostos fenólicos em frutos tratados com AVG está relacionada à inibição da produção de radicais livres, durante o processo respiratório, e consequente não ativação do metabolismo secundário, reduzindo, dessa forma, sua concentração no fruto. Por outro lado, Awad e Jager (2002) não encontraram efeito sobre a concentração de compostos fenólicos em maçãs 'Jonagold' tratadas com AVG. Trabalhos apontam que o conteúdo de compostos fenólicos pode ser influenciado pelo estágio de maturação, cultivar, práticas culturais (nutrição, irrigação, poda e aplicação de reguladores de crescimento), origem geográfica, condições ambientais e condições de armazenagem (KIM et al. 2003; HOANG; GOLDING; WILKES, 2011; STANGER et al., 2018).

Tabela 23 – Teores de compostos fenólicos totais (CFT; mg EAG 100 g⁻¹ MF) e atividade antioxidante total [AAT; métodos DPPH (μMol trolox 100 g⁻¹ MF) e ABTS (μMol trolox 100 g⁻¹ MF)] da casca de maçãs 'Baigent', em resposta a aplicação pré-colheita de aminoetoxivinilglicina (AVG) e de etefom e duas datas de colheita, avaliadas após oito meses de armazenamento em atmosfera controlada (1,0 kPa O₂ + 2,0 kPa CO₂/0,5 °C/ 92% de UR), seguidos por mais sete dias em condição ambiente (20±1 °C e 65±5% de UR).

Tratamentos	Colheita 1	Colheita 2	Média
	CFT		
Controle	264,6	238,3	251,5 A
AVG (125 mg L ⁻¹)	224,0	183,2	203,6 B
AVG (125 mg L ⁻¹) + etefom (120 mg L ⁻¹)	241,1	206,0	223,6 AB
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹)	231,4	219,8	224,4 AB
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹) + etefom (120 mg L ⁻¹)	226,3	201,5	213,9 AB
AVG (62,5 mg L ⁻¹)	205,9	215,5	210,7 AB
Média	233,9 a	210,4 b	
CV (%)	10,8		
AAT/DPPH			
Controle	6104,4	4271,1	5187,8 A
AVG (125 mg L ⁻¹)	2893,3	3243,3	3103,3 B
AVG (125 mg L ⁻¹) + etefom (120 mg L ⁻¹)	4082,2	3335,0	3708,6 B
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹)	4454,4	3379,4	3916,9 B
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹) + etefom (120 mg L ⁻¹)	3743,3	3704,4	3723,6 B
AVG (62,5 mg L ⁻¹)	4182,2	3582,2	3882,2 B
Média	4322,7 a	3585,9 b	
CV (%)	15,6		
AAT/ABTS			
Controle	5685,0	4632,2	5053,3 A
AVG (125 mg L ⁻¹)	4165,6	3726,7	3946,1 C
AVG (125 mg L ⁻¹) + etefom (120 mg L ⁻¹)	4243,3	4207,2	4225,3 BC
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹)	4698,9	4551,7	4625,3 B
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹) + etefom (120 mg L ⁻¹)	4321,1	4198,9	4260,0 BC
AVG (62,5 mg L ⁻¹)	4487,8	4048,9	4268,3 BC
Média	4536,5 a	4227,6 b	
CV (%)	8,0		

Fonte: Elaborada pela autora, 2018. *Médias não seguidas da mesma letra, maiúscula na vertical e minúsculas na horizontal, diferem entre si pelo teste Tukey (p<0,05).

A AAT, tanto para o método DPPH como para o método ABTS, foi menor em qualquer forma de aplicação de AVG, combinada ou não com etefom, em comparação ao tratamento controle. Porém, para o método ABTS, quando o AVG foi aplicado na dose de 125 mg L⁻¹ a redução da AAT foi ainda maior, quando comparado com os frutos tratados com AVG parcelado (Tabela 23). Ozturk et al. (2013) também observaram menor AAT em maçãs 'Braeburn' tratadas com AVG. A AAT dos CFT é

decorrente, principalmente, das suas propriedades redox que lhes permitem agir como agentes redutores, doadores de hidrogênio e supressores de oxigênio singlete (AIYEGORO; OKOH, 2009).

Houve interação entre os fatores tratamento pré-colheita e data de colheita para PCF (conteúdo de ácido clorogênico, floridizina, epicatequina e procianidina B1). Na primeira colheita, a concentração de ácido clorogênico foi menor nos frutos que receberam a aplicação pré-colheita de AVG, independente da forma [(dose única (125 mg L^{-1}), parcelada ($62,5 \text{ mg L}^{-1} + 62,5 \text{ mg L}^{-1}$) ou metade da dose ($62,5 \text{ mg L}^{-1}$)], do que nos frutos do tratamento controle. Porém, a maior redução ocorreu quando os frutos receberam aplicação pré-colheita de AVG na dose de $62,5 \text{ mg L}^{-1}$ aos 10 DAPC. Na segunda colheita, apenas os frutos que receberam aplicação pré-colheita de AVG na metade da dose recomendada apresentaram redução no conteúdo de ácido clorogênico em relação ao tratamento controle. Com o retardo da colheita houve redução na concentração de ácido clorogênico nos frutos do tratamento controle e naqueles que receberam aplicação pré-colheita de AVG na dose de $62,5 \text{ mg L}^{-1}$, enquanto que, as demais formas de aplicação de AVG não apresentaram alteração no conteúdo de ácido clorogênico com o retardo da colheita (Tabela 24).

Tabela 24 – Valores de perfil de compostos fenólicos (ácido clorogênico, floridizina, epicatequina e procianidina B1; mg kg⁻¹ MF) da casca de maçãs ‘Baigent’, em resposta a aplicação pré-colheita de aminoetoxivinilglicina (AVG) e de etefom e duas datas de colheita, avaliadas após oito meses de armazenamento em atmosfera controlada (1,0 kPa O₂ + 2,0 kPa CO₂/0,5 °C/ 92% de UR), seguidos por mais sete dias em condição ambiente (20±1 °C e 65±5% de UR).

Tratamentos	Colheita 1	Colheita 2
	Ácido clorogênico	
Controle	86,5 Aa	30,8 Ab
AVG (125 mg L ⁻¹)	39,8 Ba	31,5 Aa
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹)	38,2 Ba	33,3 Aa
AVG (62,5 mg L ⁻¹)	25,5 Ca	11,3 Bb
CV (%)	14,1	
	Floridizina	
Controle	27,8 Aa	5,3 ABb
AVG (125 mg L ⁻¹)	7,4 Ba	5,9 ABA
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹)	7,1 Ba	6,8 Aa
AVG (62,5 mg L ⁻¹)	5,3 Ba	4,4Ba
CV (%)	18,6	
	Epicatequina	
Controle	55,6 Aa	7,7 Bb
AVG (125 mg L ⁻¹)	24,3 Ba	4,7 BCB
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹)	19,1 Ba	9,7 Ab
AVG (62,5 mg L ⁻¹)	4,4 Ba	2,5 Cb
CV (%)	41,1	
	Procianidina B1	
Controle	6,0 Aa	1,7 Bb
AVG (125 mg L ⁻¹)	5,6 Aa	1,7 Bb
AVG (62,5 mg L ⁻¹ + 62,5 mg L ⁻¹)	4,4 Aa	3,3 ABA
AVG (62,5 mg L ⁻¹)	1,3 Bb	3,9 Aa
CV (%)	24,2	

Fonte: Elaborada pela autora, 2018. *Médias não seguidas da mesma letra, maiúsculas na vertical e minúsculas na horizontal, diferem entre si pelo teste Tukey (p<0,05).

Para floridizina, na primeira colheita, qualquer forma de aplicação de AVG apresentou redução em sua concentração em comparação aos frutos do tratamento controle. Na segunda colheita, menores valores de floridizina foram obtidos nos frutos que receberam aplicação pré-colheita de AVG na dose de 62,5 mg L⁻¹, em relação aos frutos que receberam aplicação pré-colheita de AVG parcelado. Contudo, nenhum dos tratamentos com AVG apresentou diferença em relação ao tratamento controle. Com o retardo da colheita, ocorreu redução na concentração de floridizina apenas nos frutos do tratamento controle, enquanto os frutos que receberam aplicação de AVG,

independente da forma, o atraso na colheita não influenciou na concentração (Tabela 24).

Para epicatequina, na primeira colheita, qualquer forma de aplicação de AVG apresentou redução em sua concentração, em comparação aos frutos do tratamento controle. Na segunda colheita, menores valores de epicatequina foram obtidos nos frutos que receberam aplicação pré-colheita de AVG na dose de 62,5 mg L⁻¹, seguido pelos frutos que receberam aplicação de AVG na dose de 125 mg L⁻¹ e controle, enquanto que os maiores valores foram encontrados nos frutos que receberam aplicação pré-colheita de AVG parcelada. Com o retardo da colheita, houve redução na concentração de epicatequina em todos os tratamentos (Tabela 24).

Na primeira colheita, a maior concentração de procianidina B1 foi obtida nos frutos dos tratamentos controle e AVG na dose recomendada em uma única aplicação ou parcelada em duas aplicações. Na segunda colheita, a maior concentração de procianidina B1 foi encontrada nos frutos que receberam aplicação pré-colheita de metade da dose recomendada de AVG na dose de 62,5 mg L⁻¹, em comparação aos frutos que receberam aplicação de AVG na dose de 125 mg L⁻¹ e aos frutos do tratamento controle. Aplicação de AVG parcelada apresentou valores intermediários, não diferindo entre os tratamentos. Com o retardo da colheita, frutos do tratamento controle e frutos que receberam aplicação de AVG na dose de 125 mg L⁻¹ apresentaram redução na concentração de procianidina B1, enquanto que frutos que receberam aplicação de AVG parcelado mantiveram a concentração de procianidina B1 sem variação significativa entre as colheitas. Por outro lado, com o retardo da colheita, houve aumento na concentração de procianidina B1 nos frutos que receberam aplicação pré-colheita de AVG na dose de 62,5 mg L⁻¹ (Tabela 24).

O menor conteúdo de ácido clorogênico, floridizina, epicatequina e de procianidina B1 em maçãs anteriormente tratadas com AVG pode estar relacionado com a inibição da síntese de etileno, pois de acordo com Picoli et al. (2010), o estímulo à produção de etileno tem como consequência a ativação do metabolismo fenilpropanoide dos vegetais, em função do aumento da atividade da enzima fenilalanina amônia-liase (PAL), a qual regula a síntese de compostos fenólicos. Dessa forma, o AVG pode afetar classes individuais de compostos fenólicos, reduzindo as concentrações de polifenóis em maçãs tratadas com AVG. A utilização do AVG retarda os processos de senescência, pela diminuição da produção de etileno,

reduzindo a utilização dos compostos bioativos durante o armazenamento para a remoção das espécies reativas de oxigênio (ROS) originadas do metabolismo celular. Khan, Singh e Swinny (2009) indicaram que a diminuição no teor de compostos fenólicos em frutos tratados com AVG está relacionada à inibição da produção normal de radicais livres, induzida pelo AVG, durante o processo respiratório, e consequente não ativação do metabolismo secundário, reduzindo dessa forma sua concentração no fruto.

Com o retardo da colheita, observou-se redução no teor de CFT e na AAT, tanto na polpa como na casca (Tabelas 22 e 23), indicando que os frutos já estavam iniciando processo de senescência. A redução do conteúdo de CFT em maçãs, com o retardo da colheita, pode estar relacionada com o aumento da produção de radicais livres em frutos em estágio de maturação mais avançado, favorecendo o consumo de compostos fenólicos para eliminação dos radicais livres e, consequente, a redução da atividade antioxidante nos frutos. Estes resultados indicam que, para o melhor aproveitamento dos compostos funcionais, as maçãs colhidas na colheita comercial são as que podem apresentar melhores benefícios à saúde dos consumidores. Por outro lado, com o retardo da colheita, o aumento no conteúdo de procianidina B1 em maçãs que receberam aplicação pré-colheita de AVG na dose de 62,5 mg L⁻¹ pode ser devido às condições ambientais, práticas culturais, teores de nutrientes e os níveis de amadurecimento dos frutos, pois segundo Rato et al. (2008), as composições químicas das frutas, incluindo compostos fenólicos, variam de acordo com esses fatores.

Apesar de na casca, qualquer forma de aplicação pré-colheita de AVG, independente da combinação ou não com etefom, ter ocasionado redução da AAT, na polpa não foi observado efeito da aplicação pré-colheita de AVG. Todavia, na maçã a porção de casca é muito inferior à de polpa e, é frequentemente descartada pelos consumidores, indicando que a polpa também tem contribuição para o potencial antioxidante. Sendo assim, a aplicação pré-colheita de AVG pode não apresentar grandes prejuízos sobre potencial antioxidante dos frutos. Diversos trabalhos mostram os possíveis efeitos do consumo de maçãs e de seus compostos fenólicos à saúde. Serra et al. (2012), avaliando o efeito protetor cardiovascular do consumo de diferentes cultivares de maçã e a correlação com a composição química, afirmam que catequina, epicatequina, procianidina B1 e o β -caroteno são os principais compostos responsáveis pela redução do colesterol. Portanto, o consumo regular de maçãs pode

contribuir para uma dieta com maior conteúdo de compostos bioativos, refletindo em benefícios na saúde dos consumidores. A procianidina B1 demonstrou efeito anti-diabetes (YAMASHITA et al., 2013) e anti-alzheimer (KANNO et al., 2015). O ácido clorogênico é o principal ácido fenólico presente na maçã e apresenta grande capacidade de eliminar radicais livres (PANZELLA et al., 2013). O seu consumo está associado à prevenção de doenças cardiovasculares (BONITA et al., 2007), redução do risco de diabetes tipo II (BIDEL; HU; TUOMILEHTO, 2008) e ação anti-inflamatória (MARTINEZ-MICHAEL et al., 2015). A epicatequina foi responsável pela melhoria nas funções cardiovasculares (SCHROETER et al., 2010), demonstrou ação anti-inflamatória (RUIJTERS et al., 2014) e benefícios sobre alterações renais associadas a doenças inflamatórias ou metabólicas (PRINCE et al., 2016).

4.4 CONCLUSÕES

Aplicação pré-colheita de aminoetoxivinilglicina em maçãs 'Baigent' na dose de 125 mg L⁻¹ e parcelada, proporciona frutos menos amarelecidos, com maior firmeza de polpa, textura e acidez titulável e menor incidência de rachadura e, de polpa farinácea após oito meses de armazenamento em atmosfera controlada. A aplicação de aminoetoxivinilglicina na dose de 125 mg L⁻¹ ocasiona baixa incidência de podridões. Aplicação pré-colheita de etefom após aplicação de aminoetoxivinilglicina ocasiona aumento na incidência de podridões e de polpa farinácea.

Aplicação pré-colheita de aminoetoxivinilglicina não altera o conteúdo de compostos fenólicos totais e a atividade antioxidante total da polpa. Na casca, a aplicação de aminoetoxivinilglicina ocasiona redução da atividade antioxidante total, enquanto que apenas a aplicação de aminoetoxivinilglicina na dose de 125 mg L⁻¹ reduz o conteúdo de compostos fenólicos totais.

Aplicação pré-colheita de aminoetoxivinilglicina, reduz as concentrações de ácido clorogênico, floridizina e de epicatequina em maçãs 'Baigent' colhidas na colheita comercial, cultivadas sob tela antigranizo e armazenadas em atmosfera controlada.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos no presente trabalho evidenciam que a aplicação pré-colheita de AVG, tanto na dose de 125 mg L^{-1} como na forma parcelada, retardam a maturação de maçãs 'Baigent' produzidas sob tela antigranizo e, mantém a qualidade dos frutos após o armazenamento refrigerado, porém, reduz a intensidade e a porcentagem de cor vermelha da casca. Contudo, a aplicação parcelada de aminoetoxivinilglicina, combinada ou não com etefom, não afeta negativamente o desenvolvimento da coloração vermelha da epiderme, sem prejudicar o aspecto visual dos frutos, indicando que, a aplicação parcelada de AVG pode ser uma alternativa para minimizar os efeitos deletérios causados pela aplicação de AVG na dose de 125 mg L^{-1} . Além disso, a aplicação parcelada de aminoetoxivinilglicina não influencia ou apresenta efeito negativo menos pronunciado sobre o teor de compostos fenólicos totais e da atividade antioxidante total da casca, tanto na colheita como após o armazenamento refrigerado e, de antocianinas na casca na colheita, proporcionando maçãs que, podem apresentar, quando consumidas regularmente, benefícios à saúde do consumidor.

A aplicação pré-colheita de AVG parcelada e na dose de $62,5 \text{ mg L}^{-1}$ proporciona, após oito meses de armazenamento em atmosfera controlada, maçãs com qualidade similar àquelas que receberam aplicação pré-colheita de AVG na dose de 125 mg L^{-1} , indicando serem alternativas para a manutenção da qualidade de maçãs 'Baigent' produzidas sob tela antigranizo e armazenadas em atmosfera controlada ($1,0 \text{ kPa O}_2 + 2,0 \text{ kPa CO}_2/0,5 \text{ °C}/ 92\% \text{ de UR}$). Porém, todas as formas de aplicação de AVG reduzem a atividade antioxidante na casca, e apenas a aplicação de AVG na dose de 125 mg L^{-1} reduz o teor de compostos fenólicos da casca, podendo causar prejuízos sobre o potencial antioxidante dos frutos. Além disso, a aplicação pré-colheita de etefom após aplicação de aminoetoxivinilglicina ocasiona aumento na incidência de podridões e de polpa farinácea.

REFERÊNCIAS

- AGATI, G. et al. Flavonoids as antioxidants in plants: location and functional significance. **Plant Science**, Shannon, v.196, n.1, p.67-76, 2012.
- AGATI, G. et al. Functional roles of flavonoids in photoprotection: new evidence, lessons from the past. **Plant Physiology and Biochemistry**, Amsterdam, v.72, n.1, p.35-45, 2013.
- AGLAR, E. et al. The effects of aminoethoxyvinylglycine and foliar zinc treatments on pre-harvest drops and fruit quality attributes of Jersey Mac apples. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 213, n. 1, p. 173–178, 2016.
- AIYEGORO, O.A.; OKOH, A.I. Phytochemical Screening and Polyphenolic Antioxidant Activity of Aqueous Crude Leaf Extract of *Helichrysum pedunculatum*. **International Journal of Molecular Sciences**, Basileia, v. 10, n. 11, p. 4990–5001, 2009.
- AMARANTE, C.V.T. et al. Effect of aminoethoxyvinylglycine (AVG) on preharvest fruit drop and maturity of apples. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.24, n.3, p.661–664, 2002.
- AMARANTE, C.V.T. et al. Radiação, fotossíntese, rendimento e qualidade de frutos em macieiras 'Royal Gala' cobertas com telas antigranizo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, p.925-931, 2007.
- AMARANTE, C.V.T. et al. Disponibilidade de luz em macieiras 'Fuji' cobertas com telas antigranizo e seus efeitos sobre a fotossíntese, o rendimento e a qualidade dos frutos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.31, p.664-670, 2009.
- AMARANTE, C.V.T.; STEFFENS, C.A.; BLUM, L.E.B. Coloração do fruto, distúrbios fisiológicos e doenças em maçãs 'Gala' e 'Fuji' pulverizadas com aminoetoxivinilglicina. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.32, n.1, p.9-18, 2010.
- ARGENTA, L. C. et al. Diagnóstico da qualidade de maçãs no mercado varejista brasileiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.37, n.1, p.48-63, 2015.

AWAD, M.A. et al. Flavonoid and chlorogenic acid levels in apple fruit: characterisation of variation. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.83, p.249–263, 2001.

AWAD, M. A.; JAGER, A. de; VAN WESTING, L. M. Flavonoid and clorogenic acid levels in apple fruit characterization of variation. **Science Horticultural**, Amsterdam v. 83, n. 3-4, p. 249-263, 2000.

AWAD, M. A.; JAGER, A. Formation of flavanoids, especially anthocyanin and chlorogenic acid in Jonagold apple skin: Influences of growth regulators and fruit maturity. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 93, n. 3-4, p. 257-266, 2002.

BASTTÍAS, R.M. et al. Effects of photoselective nets on phenolic composition in apple fruits. **Acta Horticulturae**, Leuven, n.939, p.77-84, 2012.

BI, X. et al. Anthocyanin contributes more to hydrogen peroxide scavenging than other phenolics in apple peel. **Food Chemistry**, Barking, v.152, n.1, p.205–209, 2014.

BIDEL, S.; HU, G.; TUOMILEHTO, J. Coffee consumption and type 2 diabetes– an extensive review. **Central European Journal of Medicine**, Berlin, v.3, n.1, p.9-19, 2008.

BOLLING, B.W.; CHEN, Y.Y.; CHEN, C.Y.O. Contributions of phenolics and added vitamin C to the antioxidant capacity of pomegranate and grape juices: synergism and antagonism among constituents. **International Journal of Food Science and Technology**, New York, v.48, n.12, p.2650-2658, 2013.

BONITA, J. S. et al. Coffee and cardiovascular disease: in vitro, cellular, animal, and human studies. **Pharmacological Research**, Londres, v.55, n.3, p.187-198, 2007.

BOUAYED, J.; BOHN, T. Exogenous antioxidants – Doubleedged swords in cellular redox state: Health beneficial effects at physiologic doses versus deleterious effects at high doses. **Oxidative Medicine and Cellular Longevity**, New York, v.3, n.4, p.228–237, 2010.

BOUAYED, J. Polyphenols: A potential new strategy for the prevention and treatment of anxiety and depression. **Current Nutrition and Food Science**, Boston, v.6, n.1, p.13–18, 2010.

BOUAYED, J. et al. Bioaccessible and dialysable polyphenols in selected apple varieties following in vitro digestion vs. their native patterns. **Food Chemistry**, Barking, n.4, v.131, p.1466–1472, 2011.

BRACKMANN, A. et al. Armazenamento de maçãs 'Royal Gala' sob diferentes temperaturas e pressões parciais de oxigênio e gás carbônico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.23, n.3, p.532-536, 2001.

BRACKMANN, A. et al. Qualidade da maçã cv. Gala tratada com 1-metilciclopropeno. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.5, p.1415-1420, 2004.

BRACKMANN, A. et al. Armazenamento de ameixas cvs. Reubennel e Pluma 7 sob diferentes temperaturas, em atmosfera controlada e refrigerada. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.11, n.1, p.85-89, 2005.

BRACKMANN, A. et al. Manejo do etileno e sua relação com a maturação de maçãs 'Gala' armazenadas em atmosfera controlada. **Bragantia**, Campinas, v.68, n.2, p.519-525, 2009a.

BRACKMANN, A. et al. Absorção de 1-metilciclopropeno aplicado em maçãs 'Royal Gala' armazenadas em atmosfera refrigerada juntamente com madeira. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.6, p.1676-1681, 2009b.

BRACKMANN, A. et al. Controlled atmosphere storage of Gala mutants apple. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v.34, n.1, p.136-143, 2009.

BRACKMANN, A. et al. Aminoethoxyvinylglycine: isolated and combined with other growth regulators on quality of 'Brookfield' apples after storage. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.72, n.3, p.221-228, 2015a.

BRACKMANN, A. et al. Effect of growth regulators application on the quality maintenance of 'Brookfield' apples. **Bragantia**, Campinas, v. 74, n. 4, p.453-456, 2015b.

CEYMANN, M. et al. Identification of apples rich in healthpromoting flavan-3-ols and phenolic acids by measuring the polyphenol profile. **Journal of Food Composition and Analysis**, New York, v.26, n.1, p.128-135, 2012.

CHINNICI, F. et al. Radical scavenging activities of peels and pulps from cv. golden delicious apples as related to their phenolic composition. **Journal of Agricultural Food Chemistry**, Washington: ACS, v. 52, p. 4684-4689, 2004.

CONDEZO-HOYOS, L.; MOHANTY, I. P.; NORATTO, G. D. Assessing non-digestible compounds in apple cultivars and their potential as modulators of obese faecal microbiota in vitro. **Food Chemistry**, Barking, v.161, n., p.208-215, 2014.

D'AQUINO, S. et al. Preharvest aminoethoxyvinylglycine treatments reduce internal browning and prolong the shelf-life of early ripening pears. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam v. 125, p. 353-360, 2010.

DRAKE, S.R. et al. The influence of aminoethoxyvinylglycine and ethephon on objective and sensory quality of 'Delicious' apples and apple juice at harvest and after storage. **Washington tree fruit postharvest conference**, Wenatchee, v. 1, n.1, p.1-13, 2005.

DROGOUDI, P.; MICHAILIDIS, Z.; PANTELIDIS, G. Peel and flesh antioxidant content and harvest quality characteristics of seven apple cultivars. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 115, n. 2, p. 149-153, 2008.

DROGOUDI, P.D.; PANTELIDIS, G. Effects of position on canopy and harvest time on fruit physico-chemical and antioxidant properties in different apple cultivars. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.129, p.752-760, 2011.

FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Apple. 2016. Disponível em: Acesso em: 02 mar. 2018.

FIORAVANÇO, J.C.; CZERMAINSKI, A. B.C.; OLIVEIRA, P.R.D. Avaliação da Cultivar de Macieira Baigent (Brookfield®) em Vacaria, RS. Bento Gonçalves: Embrapa. **Comunicado Técnico**, n.140, 8 p., 2013.

GIADA, M. L. R.; MANCINI FILHO, J. Importância dos compostos fenólicos da dieta na promoção da saúde humana. **Publicatio UEPG Ciências Biológicas e da Saúde**, Ponta Grossa, v.12, n. 4, p.7-15, 2006.

GREENE, D.W.; SCHUPP, J.R. Effect of aminoethoxyvinylglycine (AVG) on preharvest drop, fruit quality, and maturation of 'McIntosh' apples. II. Effect of timing and concentration relationships and spray volume. **Hortscience**, Alexandria, v. 39, n. 5, p. 1036-1041, 2004.

ONZÁLEZ-TALICE, J. et al. Relations among pigments, color and phenolic concentrations in the peel of two Gala apple strains according to canopy position and light environment. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.151, p.83-89, 2013.

GREENE, D.W. An update on preharvest drop control of apples with aminoethoxyvinylglycine (ReTain). **Acta Horticulturae**, Leuven, v.1, n.727, p.311-319, 2006.

GWANPUA, S. G. et al. Kinetic modeling of firmness breakdown in 'Braeburn' apples stored under different controlled atmosphere conditions. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 67, n.1, p.68-74, 2012.

GUERRERO, V.M. et al. The effect of hail nets and ethephon on color development of 'Redchief Delicious' apple fruit in the highlands of Chihuahua, Mexico. **Journal of the American Pomological Society**, New York, v.56, p.132–135, 2002.

GUILLERMIN, P. et al. Rheological and technological properties of two cider apple cultivars. **LWT – Food Science and Technology**, Athens, v.39, p.995-1000, 2006.

HALVORSEN, B. et al. Content of redox-active compounds (i.e., antioxidants) in foods consumed in the United States. **The American Journal of Clinical Nutrition**, Maryland, v. 84, n. 1, p. 95-135, 2006.

HARKER, F. R. et al. Sensory interpretation of instrumental measurements 1: texture of apple fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.24, n.1, p.225-239, 2002.

HARKER, F. R. et al. Eating quality standards for apples based on consumer preferences. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.50, n.1, p.70-78, 2008.

HAWERROTH, F.J. et al. Uso de aminoetoxivinilglicina na maturação e queda pré-colheita de maçãs 'Imperial Gala'. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n.5, p. 612-618, set/out, 2011.

HOANG, N.T.T.; GOLDING, J.B.; WILKES, M.A. The effect of postharvest 1-MCP treatment and storage atmosphere on 'Cripps Pink' apple phenolics and antioxidant activity. **Food Chemistry**, Barking, v.127, n.3, p.1249–1256, 2011.

HODGES, D.M.; FORNEY, C.F. Postharvest ascorbate metabolism in two cultivars of spinach differing in their senescence rates. **Journal of American Society Horticultural Science**, v.128, p.930–935, 2003.

HUANG, M.; LU, R. Apple mealiness detection using hyperspectral scattering technique. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 58, n. 3, p. 168–175, 2010.

HYSON, D.A. A comprehensive review of apples and apple components and their relationship to human health. **American Society of Nutrition**, Bethesda, v.2, n.5, p.408-420, 2011.

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.

KANNO, H. et al. Protective effects of glycoumarin and procyanidin B1, active components of traditional Japanese medicine yokukansan, on amyloid β oligomer-induced neuronal death. **Journal of Ethnopharmacology**, Lausanne, v.159, n.1, p.122-128, 2015.

KARAMAN, S. et al. The effects of pre-harvest application of aminoethoxyvinylglycine on the bioactive compounds and fruit quality of 'Fortune' plum variety during cold storage. **Food Science and Technology International**, v.19, n.6, p.567–576, 2013.

KEVERS, C. et al. Influence of cultivar, harvest time, storage conditions, and peeling on the antioxidant capacity and phenolic and ascorbic acid contents of apples and pears. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.59, n.11, p.6165-6171, 2011.

KHAN, A.S.; SINGH, Z.; ABBASI, N.A. Pre-storage putrescine application suppresses ethylene biosynthesis and decelerates fruit softening during low temperature storage in "Angelino" plum. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.46, n.1, p.36-46, 2007.

KHAN, A.S.; SINGH, Z.; SWINNY, E.E. Postharvest application of 1-methylcyclopropene modulates fruit ripening, storage life, and quality of "Tegan Blue" Japanese plum kept in ambient and cold storage. **International Journal of Food Sciences and Technology**, New York, v.44, n.1, p.1272–1280, 2009.

KIM, D. O. et al. Quantification of polyphenolics and their antioxidant capacity of fresh plums. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 51, n.1, p.6509-6515, 2003.

KUCUKER et al. Effect of pre-harvest aminoethoxyvinylglycine (AVG) application on bioactive compounds and fruit quality of plum (*Prunus salicina* Lindell cv. Black beauty) at the time of harvest and during cold storage. **The Journal of Animal & Plant Sciences**, Lahore, v.25, n.3, p.763-770, 2015a.

KUCUKER et al. Effect of aminoethoxyvinylglycine (AVG) on the quality of Japanese plum (*Prunus salicina* Lindell cv. Fortune) fruits. **ACTA Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus**, Lublin, v.14, n.5, p.3-17. 2015b.

JAKOBEK, L. et al. Polyphenolic characterisation of old local apple varieties from Southeastern European region. **Journal of Food Composition and Analysis**, Amsterdam, v.31, n.2, p.199-211, 2013.

LARRIGAUDIÈRE, C. et al. Oxidative behaviour of Blanquilla pears treated with 1-methylcyclopropene during cold storage. **Journal Science Food Agriculture**, New York, v.84, p.1871–1877, 2004.

LEE, K. W. et al. Major phenolics in apple and their contribution to the total antioxidant capacity. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 51, p.6516- 6520, 2003.

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

LEJA, M., MAREZEK, A., BEN, J. Antioxidant properties of two apple cultivars during long-term storage. **Food Chemistry**, Barking, v. 80, n.1, p.303-307, 2001.

LEOPOLDINI, M.; RUSSO, N.; TOSCANO, M. The molecular basis of working mechanism of natural polyphenolic antioxidants. **Food Chemistry**, Barking, v.125, n.2, p.288-306, 2011.

LI, Y. et al. Low molecular weight apple polysaccharides induced cell cycle arrest in colorectal tumor. **Nutrition and Cancer**, Philadelphia, v.64, n.3, p.439-463, 2012.

LI, J.; ZHU, H.; YUAN, R. Profiling the Expression of Genes Related to Ethylene Biosynthesis, Ethylene Perception, and Cell Wall Degradation during Fruit Abscission

and Fruit Ripening in Apple. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.135, n.5, p.391–401, 2010.

LI, J.; YUAN, R. NAA and ethylene regulate expression of genes related to ethylene biosynthesis, perception, and cell wall degradation during fruit abscission and ripening in 'Delicious' apples. **Journal of Plant Growth Regulators**, v.27, n.1, p.283-295, 2008.

LUNARDI, R. et al. Efeito da aplicação pré-colheita de aminoetoxivinilglicina (AVG) na suculência de maçãs 'Gala' armazenadas em atmosfera controlada. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.10, n.4, p.493-497, 2004.

LURIE, S. Regulation of ethylene biosynthesis in fruits by aminoethoxyvinylglycine and 1-methylcyclopropene. **Acta Horticulturae**, Leuven, v.3, n.4, p.1-8, 2005.

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.

MARTINEZ-MICHAEL, N. et al. Procyanidin B2 inhibits inflammasome-mediated IL-1b production in lipopolysaccharide-stimulated macrophages. **Molecular Nutrition and Food Research**, Weinheim, v.59, n.2, p.262-269, 2015.

MASIA, A. Physiological effects of oxidative stress in relation to ethylene in postharvest produce, p. 165–197. In: D.M. Hodges (ed.). Postharvest oxidative stress in horticultural crops. **Food Products Press**, New York, p.165-197, 2003.

MATTHES, A.; CHMITZ-EIBERGER, M. Polyphenol content and antioxidant capacity of apple fruit: effect of cultivar and storage conditions. **Journal of Applied Botany and Food Quality**, v.82, n.1, p.152 – 157, 2009.

McGHIE, T. K.; HUNT, M.; BARNETT, L. E. Cultivar and growing region determine the antioxidant polyphenolic concentration and composition of apples grown in New Zealand. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.53, n.8, p.3065–3070, 2005.

MINATEL, I.O. et al. Phenolic Compounds: Functional Properties, Impact of Processing and Bioavailability. **Intech – Open Science Open Minds**, Reino Unido, n.1, v.1, p. 1-24, 2017.

MITSUHASHI-GONZALEZ, K.M. et al. Bruising profile of fresh apples associated with tissue type and structure. **Applied Engineering in Agriculture**, Michigan, v.26, n.3, p.509-517, 2010.

MIR, N.A. et al. Relationship between ethylene response manipulation and volatile production in Jonagold variety apples. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.47, n.1, p.2653-2659, 1999.

NAPOLITANO, A. et al. Influence of variety and storage on the polyphenol composition of apple flesh. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.52, n.1, p. 6526-6531, 2004.

NISHIYAMA, K. et al. Ethylene regulation of fruit softening and cell wall disassembly in charentais melon. **Journal of Experimental Botany**, v.58, n.1, p.1281- 1290, 2007.

OZKAN, Y. et al. The effect of NAA (1-naphthalene acetic acid) and AVG (aminoethoxyvinylglycine) on physical, chemical, colour and mechanical properties of Braeburn apple. **International Journal of Food Engineering**, v.8, n.3, p.1-18, 2012.

OZTURK, B. et al. The effects of cold storage and aminoethoxyvinylglycine (AVG) on bioactive compounds of plum fruit (*Prunus salicina* Lindell cv. 'Black Amber'). **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.72, n.1, p.35-41, 2012.

OZTURK, B. et al. Effect of aminoethoxyvinylglycine on biochemical, physico-mechanical and colour properties of cv. Braeburn apples. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 3, p. 1111-1120, 2013.

OZTURK, B.; OZKAN, Y.; YILDIZ, K. AVG application regimes play an important role on pre-harvest drop and ripening of 'Jonagold' apples. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, n. 6, p. 3595-3604, 2015.

PALAFIX-CARLOS, H.; AYALA-ZAVALA, J. F.; GONZÁLEZ-AGUILAR, G. A. The role of dietary fiber in the bioaccessibility and bioavailability of fruit and vegetable antioxidants. **Journal of Food Science**, Malden, v.76, n.1, p.6- 15, 2011.

PANZELLA, L. et al. A reappraisal of traditional apple cultivars from Southern Italy as a rich source of phenols with superior antioxidant activity. **Food Chemistry**, Barking, v.140, n.4, p.672–679, 2013.

PAYASI, A. et al. Biochemistry of fruit softening: an overview. **Physiology and Molecular Biology of Plants**, v.15, p.103-113, 2009.

PETKOVSEK, M. M. et al. The influence of organic/ integrated production on the content of phenolic compounds in apple leaves and fruits in four different varieties over a 2-year period. **Journal of the science of food and agriculture**, Londres, v.90, n.14, p.2366-2378, 2010.

PETKOVSEK, M. M.; STAMPAR, F.; VEBERIC, R. Parameters of inner quality of the apple scab resistant and susceptible apple cultivars (*Malus domestica* Borkh). **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 114, p. 37-44, 2007.

PETRI, J.L.; HAWERROTH, F.J.; LEITE, G.B. Maturação, qualidade e queda pré-colheita de maçãs 'Imperial Gala' em função da aplicação de aminoetoxivinilglicina. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 3, p599-608, 2010.

PETRI, J.L.; LEITE, G.B.; ARGENTA, L.C. Eficácia do tratamento de AVG no controle queda e maturação dos frutos de maçã, cultivar Imperial Gala. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 2, p. 239-244, 2007.

PICOLI, et al. Avaliação de biorreguladores no metabolismo secundário de beterrabas inteiras e minimamente processadas. **Bragantia**, Campinas, v.69, n.4, p.983-988, 2010.

PINTO, J.A.V. et al. Induction of mass loss in postharvest quality of 'Eragil' peaches in cold storage. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.42, n.6, p.962-968, 2012.

PLAZA, M; KARIUKI, J.; TURNER, C. Quantification of Individual Phenolic Compounds' Contribution to Antioxidant Capacity in Apple: A Novel Analytical Tool Based on Liquid Chromatography with Diode Array, Electrochemical, and Charged Aerosol Detection. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.62, n.2, p.409-418, 2014.

POEL, B.V.; STRAETEN, D.V.D. 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC) in plants: more than just the precursor of ethylene. **Frontiers Plant Science**, Lausanne, v.5, n.640, p.1-11, 2014.

PRE-AYMARD, C.; WEKSLER, A.; LURIE, S. 2003. Responses of 'Anna', a rapidly ripening summer apple, to 1-methylcyclopropene. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.27, p.163-170, 2003.

PRINCE, P. D. et al. Dietary (-)-epicatechin mitigates oxidative stress, NO metabolism alterations, and inflammation in renal cortex from fructose-fed rats. **Free Radical Biology and Medicine**, Nova Iorque, v.90, n.1, p.35-46, 2016.

RABINOVICH, A.T. **Studies on Apple Peel Color Regulation**. 2009. 65p. Dissertation (Mestrado) - University of Minnesota, James M. Bradeen.

RATO, A. E. et al. Soil and rootstock influence on fruit quality of plums (*Prunus domestica* L.). **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.118, n.1, p.218-222, 2008.

REBER, J. D.; EGGETT, D. L.; PARKER, T. L. Antioxidant capacity interactions and a chemical/structural model of phenolic compounds found in strawberries. **International Journal of Food Science and Nutrition**, Basingstoke, v.62, n.5, p.445-452, 2011.

ROTILI, M. C. C. et al. Composição, atividade antioxidante e qualidade do maracujá-amarelo durante armazenamento. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.34, n.1, p.227-240, 2013.

RUFINO, M.S.M. et al. Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH. Fortaleza: Embrapa, **Comunicado Técnico**, n.127, 4 p., 2007a.

RUFINO, M.S.M. et al. Metodologia Científica: Determinação da atividade Antioxidante Total em Frutas pela Captura do Radical Livre ABTS. Fortaleza: Embrapa, **Comunicado Técnico**, n.128, 4 p., 2007b.

RUIJTERS, E. J. B. et al. The cocoa flavanol (-)-epicatechin protects the cortisol response. **Pharmacological Research**, Kansas, v.79, n.1, p.28-33, 2014.

SAQUET, A.A. **Efeito das temperaturas e concentrações de CO₂ e O₂ sobre a qualidade da maçã cultivar Gala durante o armazenamento em atmosfera controlada**. 1997. 105p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

SCALBERT, A.; WILLIAMSON, G. Dietary intake and bioavailability of polyphenols. **Journal of Nutrition**, v.130, p. 2073-2085, 2000.

SCALZO, J. A. et al. Plant genotype affects total antioxidant capacity and phenolic content in fruit. **Nutrition**, Los Angeles, v.21, n.1, p.207-213, 2005.

SCHROETER, H. et al. Recommending flavanols and procyanidins for cardiovascular health: Current knowledge and future needs. **Molecular Aspects of Medicine**, Oxford, v.31, n.6, p.546-557, 2010.

SERRA, A. T. et al. Evaluation of cardiovascular protective effect of different apple varieties – Correlation of response with composition. **Food Chemistry**, Barking, v.135, n.4, p.2378-2383, 2012.

STANGER, M.C. et al. Phenolic Content and Antioxidant Activity during the Development of 'Brookfield' and 'Mishima' Apples. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.65, n.17, p.3453–3459, 2017.

STANGER, M.C. et al. Phenolic compounds content and antioxidant activity of 'Galaxy' apples stored in dynamic controlled atmosphere and ultralow oxygen conditions. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.144, p.70–76, 2018.

STEFFENS, C.A.; GIEHL, R.F.H.; BRACKMANN, A. Maçã 'Gala' armazenada em atmosfera controlada e tratada com aminoetoxivinilglicina e ethephon. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.9, p.837-843, 2005.

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

STEFFENS, C.A.; BRACKMANN, A. Maturação da maçã 'fuji' com aplicação pré-colheita de aminoetoxivinilglicina e ethephon. **Revista da FZVA**, Uruguaiana, v.13, n.2, p.76-84, 2006.

STEFFENS, C.A. et al. Taxa respiratória de frutas de clima temperado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.1, p. 313-321, 2007.

STEFFENS, C.A. et al. O tratamento pré-colheita com aminoetoxivinilglicina ou ácido giberélico preserva a qualidade pós-colheita de ameixas 'Laetitia'. **Bragantia**, Campinas, v.70, n.1, p.222-227, 2011.

TSAO, R. et al. Polyphenolic profiles in eight apple cultivars using high-performance liquid chromatography (HPLC). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.51, n.22, p.6347-6353, 2003.

TSAO, R. et al. Which polyphenolic compounds contribute to the total antioxidant activities of apple. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.53, n.12, p.4989-4995, 2005.

VALERO, D. et al. Quality improvement and extension of shelf life by 1-Methylcyclopropene in plum as affected by ripening stage at harvest. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v.4, n.1, p.339–348, 2003

VALAVANIDIS, A. et al. Polyphenolic profile and antioxidant activity of five apple cultivars grown under organic and conventional agricultural practices. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v.44, p.1167–1175, 2009.

VALERO, D.; SERRANO, M. **Postharvest biology and technology for preserving fruit quality**. CRC-Taylor & Francis, Boca Raton, pp. 269, 2010.

VIEIRA, F. et al. Physico-chemical and antioxidant properties of six apple cultivars (*Malus domestica* Borkh.) grown in southern Brazil. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 122, n. 3, p. 421-425, 2009.

VOLZ, R. K.; MCGHIE, T. K. Genetic variability in apple fruit polyphenol composition in *Malus x domestica* and *Malus sieversii* germplasm grown in New Zealand. **Journal Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.59, n.21, p.11509-11521, 2011.

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

WEBER, A. et al. Atmosfera controlada para o armazenamento da maçã 'Maxi Gala'. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.44, n.2, p.294-301, 2013.

WAPA - **The world apple and pear association**. Disponível em: http://www.wapaassociation.org/docs/2010/Facts_and_Figures/Gain_report_Brazil_2009.pdf. Acesso em: 09 de maio de 2018.

WEI, J. et al. Changes and postharvest regulation of activity and gene expression of enzymes related to cell wall degradation in ripening apple fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 56, n.1, p.147-154, 2010.

WHALE, S. K. et al. Fruit quality in 'Cripp's Pink' apple, especially colour, as affected by preharvest sprays of aminoethoxyvinylglycine and ethephon. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 115, n. 4, p. 342- 351, 2008.

WOJDYLO, A.; OSZMIANSKI, J.; LASKOWSKI, P. Polyphenolic compounds and antioxidant activity of new and old apple varieties. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.56, p.6520-30, 2008.

WU, X. et al. Lipophilic and hydrophilic antioxidant capacities of common foods in United States. **Journal of Agricultural Food Chemistry**, Washington, v. 52, n. 12, p. 4026-4037, 2004.

YAMASHITA, Y.; OKABE, M.; NATSUME, M.; ASHIDA, H. Cinnamtannin A2, a tetrameric procyanidin, increases GLP-1 and insulin secretion in mice. **Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry**, Toquio, v.77, n.4, p.888-891, 2013.

YILDIZ, K.; OZTURK, B.; OSKAN, Y. Effects of aminoethoxyvinylglycine (AVG) on preharvest fruit drop, fruit maturity, and quality of 'Red Chief' apple. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.144, p.121-124, 2012.

YUAN, R.; CARBAUGH, D.H. Effects of ANA, AVG, and 1-MCP on ethylene biosynthesis, preharvest fruit drop, fruit maturity and quality 'Golden Delicious' apples. **HortScience**, Alexandria, v.42, n.1, p.101- 105, 2007.

ZHENG, H.; KIM, Y.; CHUNG, K. A profile of physicochemical and antioxidant changes during fruit growth for the utilization of unripe apples. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.131, n.1, p.106-110, 2012.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Maças ‘Baigent’ colhidas na colheita comercial (colheita 1) e produzidas sob tela antigranizo do tratamento controle, na safra 2014/15.



APÊNDICE B – Maças ‘Baigent’ colhidas na colheita comercial (colheita 1), produzidas sob tela antigranizo e tratadas com AVG (125 mg L⁻¹), na safra 2014/15.



APÊNDICE C – Maçãs ‘Baigent’ colhidas na colheita comercial (colheita 1), produzidas sob tela antigranizo e tratadas com etefom (120 mg L^{-1}), na safra 2014/15.



APÊNDICE D – Maçãs ‘Baigent’ colhidas na colheita comercial (colheita 1), produzidas sob tela antigranizo e tratadas com AVG parcelado ($62,5 \text{ mg L}^{-1} + 62,5 \text{ mg L}^{-1}$) na safra 2014/15.



APÊNDICE E – Maçãs ‘Baigent’ colhidas na colheita comercial (colheita 1), produzidas sob tela antigranizo e tratadas com AVG ($62,5 \text{ mg L}^{-1} + 62,5 \text{ mg L}^{-1}$) + etefom (120 mg L^{-1}) na safra 2014/15.



APÊNDICE F – Maçãs ‘Baigent’ com presença de rachaduras após oito meses em armazenamento em atmosfera controlada ($1,0 \text{ kPa O}_2 + 2,0 \text{ kPa CO}_2/0,5 \text{ °C}/92\% \text{ de UR}$).

