

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA-UDESC
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS-CAV
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
MESTRADO EM PRODUÇÃO VEGETAL**

ANDREIA MARIA TOMAZINI SCOLARO

**MANEJO DA MATURAÇÃO NA PLANTA E CONSERVAÇÃO DA QUALIDADE DE
MAÇÃS PELA INIBIÇÃO DA SÍNTESE OU AÇÃO DO ETILENO**

LAGES – SC

2012

ANDREIA MARIA TOMAZINI SCOLARO

**MANEJO DA MATURAÇÃO NA PLANTA E CONSERVAÇÃO DA QUALIDADE DE
MAÇÃS PELA INIBIÇÃO DA SÍNTESE OU AÇÃO DO ETILENO**

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

Orientadores: Pesquisador Dr. Luiz Carlos
Argenta
Prof. PhD. Cassandro Vidal
Talamini do Amarante
Co-orientador: Prof. Dr. Cristiano André
Steffens

LAGES – SC

2012

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária
Renata Weingärtner Rosa – CRB 228/14ª Região
(Biblioteca Setorial do CAV/UDESC)

Scolaro, Andreia Maria Tomazini
Manejo da maturação na planta e conservação da qualidade de maçãs
pela inibição da síntese ou ação do etileno / Andreia Maria Tomazini
Scolaro; orientador: Luiz Carlos Argenta. – Lages, 2012.
85f.

Inclui referências.
Dissertação (mestrado) – Centro de Ciências Agroveterinárias /
UDESC.

1. Etileno. 2. 1-metilciclopropeno. 3. Aminoetoxivinilglicina.
4. Armazenagem. I. Título.

CDD – 634.11

ANDREIA MARIA TOMAZINI SCOLARO

**MANEJO DA MATURAÇÃO NA PLANTA E CONSERVAÇÃO DA QUALIDADE DE
MAÇÃS PELA INIBIÇÃO DA SÍNTESE OU AÇÃO DO ETILENO**

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal do Programa de Pós-graduação em Ciências Agrárias do Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina.

Banca Examinadora

Orientador:

Dr. Luiz Carlos Argenta
EPAGRI/Caçador

Orientador:

PhD. Cassandro Vidal Talamini do Amarante
CAV/UDESC

Co-orientador:

Dr. Cristiano André Steffens
CAV/UDESC

Membro:

Dr. Sérgio Tonetto de Freitas
EMBRAPA Semiárido/Petrolina

Lages, 01 de Novembro de 2012

Aos meus pais e eternos professores:
Tranquilo Scolaro e Maria Isabel Tomazini
Scolaro, por tudo que me ensinaram e me
ensinam até hoje.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado a oportunidade de viver.

Aos meus pais Maria Isabel Tomazini Scolaro e Tranquilo Scolaro, que sempre me apoiaram e me ajudaram a crescer, pela motivação e paciência em todos os momentos da minha vida.

Às minhas irmãs Adriana, Sandra e Solange, pela amizade e colaboração.

À UDESC, Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV), por ter me aceito no Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias.

À Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina pelo aceite a minha participação no desenvolvimento de projetos de pesquisas na Estação Experimental de Caçador.

Ao Pesquisador Dr. Luiz Carlos Argenta pela orientação, pela ajuda incondicional, pelo exemplo de profissionalismo e pelos enormes conhecimentos transmitidos.

Ao orientador Prof. PhD. Cassandro Vidal Talamini do Amarante e ao co-orientador Prof. Dr. Cristiano André Steffens pelo apoio, sugestões e ensinamentos.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal.

Ao Dr. Fernando José Hawerth pelo auxílio na revisão da dissertação.

Ao Dr. José Luiz Petri pela colaboração na implantação dos experimentos nos pomares.

Aos meus amigos Sandra, Amanda, Aline, Leandro, Adenilson e Francielle pela colaboração na execução dos experimentos.

À AgroFresh Inc. pelo apoio financeiro a esse projeto de pesquisa.

Às amigas e colegas da Pós-Graduação Mayara, Elis e Daiane pela colaboração, paciência, amizade e companheirismo.

Aos meus amigos do Laboratório de Pós-colheita da EPAGRI, Karyne e Cleiton, pelos momentos de alegria em meio a tanto trabalho.

A uma pessoa muito especial, Leonardo Pereira, pelo apoio e carinho.

Meus sinceros agradecimentos a todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a concretização deste trabalho.

“De tudo ficaram três coisas: a certeza de que estamos começando; a certeza de que é preciso continuar e a certeza de que podemos ser interrompidos antes de terminar; Fazemos da interrupção um caminho novo; da queda, um passo de dança; do medo, uma escada; do sonho, uma ponte e da procura, um encontro.”
(Fernando Sabino)

RESUMO

SCOLARO, Andreia Maria Tomazini. **Manejo da maturação na planta e conservação da qualidade de maçãs pela inibição da síntese ou ação do etileno.** 2012. 85 f. Mestrado (Dissertação em Produção Vegetal – Área: Biologia e Tecnologia Pós-Colheita) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal, Lages, 2012.

Esse estudo foi desenvolvido para avaliar os efeitos da inibição da ação do etileno pelo 1-MCP (1-metilciclopropeno) e da síntese do etileno pelo AVG (aminoetoxivinilglicina) sobre a maturação de maçãs na planta e conservação da sua qualidade durante a armazenagem. Macieiras [*Malus sylvestris* var. *domestica* (Borkh.) Mansf.] ‘Imperial Gala’ e ‘Royal Gala’ de dois pomares comerciais de Fraiburgo, SC, foram pulverizadas com 1-MCP (150 mg L⁻¹, AgroFresh Inc.) em meio aquoso (1-MCP_a) ou AVG (124 mg L⁻¹, Valent BioSciences Inc.) 7 e 28 dias antes da primeira data de colheita, respectivamente, por quatro anos consecutivos. Plantas não tratadas com 1-MCP_a nem AVG foram usadas como testemunha. Os frutos foram colhidos semanalmente, durante quatro semanas a partir do 7º dia após a aplicação do 1-MCP_a, analisados um dia após a colheita e sete dias após a armazenagem. O retardamento da maturação na planta foi quantificado por análises de regressão da firmeza da polpa em função das datas de colheita. Índices de maturação e qualidade dos frutos na colheita e após a armazenagem foram estimados por análise de regressão para as datas estimadas quando os frutos atingiram 75,6, 71,1 ou 66,7 N na planta, para cada tratamento. Os tratamentos 1-MCP_a e AVG atrasaram a maturação das maçãs na planta de ambos os pomares, diminuindo as taxas de produção de etileno, degradação do amido, amolecimento da polpa, amarelecimento da epiderme e de acúmulo de sólidos solúveis e pigmentos vermelhos. O tempo para os frutos atingirem 71,1 N na planta foi retardado em 4 a 7 dias pelo 1-MCP_a e 5 a 14 dias pelo AVG, dependendo do ano e pomar. Maçãs tratadas com 1-MCP_a ou AVG apresentaram índice de amido, produção de etileno e acidez titulável semelhante ou menor que maçãs testemunhas nas datas estimadas quando os frutos dos três tratamentos atingiram a mesma firmeza da polpa de 75,6, 71,1 ou 66,7 N. Maçãs tratadas com AVG apresentariam cor de fundo semelhante ou ligeiramente menos amarelecida e menor intensidade de cor vermelha que maçãs testemunhas se os frutos de ambos os tratamentos fossem colhidos com a mesma firmeza da polpa. 1-MCP_a e AVG retardaram a abscisão dos frutos. No entanto, a quantidade de frutos caídos de plantas tratadas com 1-MCP_a ou AVG seria semelhante ou maior a de plantas testemunhas nas datas estimadas quando os frutos de cada tratamento atingiram a mesma firmeza da polpa de 75,6, 71,1 ou 66,7 N. 1-MCP_a e AVG normalmente não afetaram a taxa de crescimento dos frutos. No entanto, nas datas estimadas quando os frutos dos três tratamentos atingiram a mesma firmeza da polpa de 75,6, 71,1 ou 66,7 N, aqueles tratados com 1-MCP_a ou AVG foram 2,2 a 5,1% ou 6,1 a 7,5%, respectivamente, maiores que os frutos testemunha. 1-MCP_a e AVG não afetaram a taxa de amolecimento da polpa durante a armazenagem sob atmosfera do ar (Ar), mas reduziram a taxa de amolecimento da polpa durante a armazenagem sob atmosfera controlada (AC), especialmente quando colhidas precocemente, poucos dias após a aplicação do 1-MCP_a. A severidade do escurecimento da polpa após a armazenagem foi maior nos frutos colhidos tardiamente, 28 dias após a aplicação

do 1-MCP_a. Frutos tratados com 1-MCP_a e AVG apresentaram severidade de escurecimento da polpa semelhante ou inferior, dependendo do pomar e atmosfera de armazenagem, à de maçãs testemunhas, se colhidos nas datas estimadas quando os frutos de cada tratamento atingiram firmeza da polpa de 75,6, 71,1 ou 66,7 N na planta.

Palavras-chave: Etileno. 1-metilciclopropeno. Aminoetoxivinilglicina. Armazenagem.

ABSTRACT

SCOLARO, Andreia Maria Tomazini. **Management of apple fruit maturation on the tree and quality maintenance by the inhibition of ethylene synthesis or action.** 2012. 85 f. Mestrado (Dissertação em Produção Vegetal – Área: Biologia e Tecnologia Pós-Colheita) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal, Lages, 2012.

The study was carry out to evaluate the effects of ethylene action inhibition by 1-MCP (1-methylcyclopropene) and ethylene synthesis inhibition by AVG (aminoethoxyvinylglycine) on apple fruit maturation on the tree and maintenance of apple fruit quality during storage. Apples trees [*Malus sylvestris* var. *domestica* (Borkh.) Mansf.] ‘Imperial Gala’ and ‘Royal Gala’ of two commercial orchards from Fraiburgo, SC, were sprayed with 1-MCP (150 mg L⁻¹, AgroFresh Inc.) in water (1-MCP_a) or AVG (124 mg L⁻¹, Valent BioSciences Inc.) 7 and 28 days before first harvest date, respectively, during four consecutive years. Untreated trees with neither 1-MCP_a nor AVG were used as control. Fruit were harvested weekly, during four weeks from the 7th day after 1-MCP_a application, assessed one day after harvest or seven days after storage. The length of fruit maturation delay on the tree by 1-MCP_a and AVG were quantified by regression analysis of fruit firmness as a function of harvest date. Indices of fruit maturity and quality at harvest and after storage were estimated by regression analysis for the date when fruit reach firmness of 75.6, 71.1 or 66.7 N on the tree. Both 1-MCP_a and AVG delayed apple fruit maturation on the tree slowing the increase of ethylene production, starch degradation, softening, degreening and the increase of soluble solid content and red color. The estimated date when apples reached firmness of 71.1 N on the tree was delayed for 4 to 7 days by 1-MCP_a and 5 to 14 days by AVG, depending on the year and orchard. 1-MCP_a and AVG treated apples had similar or lower starch index, ethylene production, and titratable acidity than control apples at estimated harvest dates when fruit of all treatments reached the same firmness of 75.6, 71.1 or 66.7 N, depending on orchard and harvest season. In addition, AVG treated apples would have similar or greener and less red color than control apples, at harvest, if fruits of both treatments were harvested with same firmness, depending on orchard and harvest season. 1-MCP_a and AVG treatments slowed fruit abscission from the trees. However, the amount of dropped fruit from trees treated with 1-MCP_a or AVG were similar or greater than that from control trees at estimated dates when fruit of all treatments had same firmness of 75.6, 71.1 or 66.7 N. 1-MCP_a and AVG treatments normally, did not affect rates of fruit growth. However, at estimated dates when fruit of all treatments reached the same firmness of 75.6, 71.1 or 66.7 N, 1-MCP_a or AVG treated fruit were larger by 2,2 to 5,1% or 6,1 to 7,5%, respectively. Fruit softening was reduced by 1-MCP_a and AVG in controlled atmosphere storage, especially in fruit harvested closer to 1-MCP_a application date, but not in regular air storage. Severity of internal browning after storage was the maximum at latest harvested fruit, 28 days after 1-MCP_a application. If harvested at estimated dates when control, 1-MCP_a and AVG fruits reached the same firmness of 75.6, 71.1 or 66.7 N on the tree, 1-MCP_a and AVG fruit had similar or less internal browning than control fruits, depending on orchard and storage atmosphere.

Key-words: Ethylene. 1-methylcyclopropene. Aminoethoxyvinylglycine. Storage.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Taxa de produção etileno, índice de amido e firmeza da polpa de maçãs ‘Imperial Gala’ e ‘Royal Gala’, não tratadas (testemunha) e tratadas com 1-MCP aquoso (1-MCP_a) ou aminoetoxivinilglicina (AVG), em função da data de colheita. Os frutos foram colhidos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação do 1-MCP_a e analisados em 24 h após a colheita. Os pontos representam médias de 4 anos (n=16, 4 repetições x 4 anos). Os tratamentos AVG e 1-MCP_a foram aplicados 28 e 7 dias, respectivamente, antes da 1^a colheita.....25

Figura 2 – Taxas respiratórias (CO₂ produzido), teor de sólidos solúveis e índice de cor de fundo de maçãs ‘Imperial Gala’ e ‘Royal Gala’, não tratadas (testemunha) e tratadas com 1-MCP_a (1-MCP aquoso) ou aminoetoxivinilglicina (AVG), em função da data de colheita. Os frutos foram colhidos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação do 1-MCP_a e analisados em 24 h após a colheita. Os pontos representam médias de 4 anos (n=16, 4 repetições x 4 anos) para o teor de sólidos solúveis e índice de cor de fundo e de 1 ano (n=4, 4 repetições x 1 ano) para a taxa respiratória. Os tratamentos AVG e MCP_a foram aplicados 28 e 7 dias, respectivamente, antes da 1^a colheita.26

Figura 3 – Acidez titulável, intensidade de cor vermelha e massa de maçãs ‘Imperial Gala’ e ‘Royal Gala’, não tratadas (testemunha) e tratadas com 1-MCP_a (1-MCP aquoso) ou aminoetoxivinilglicina (AVG), em função da data de colheita. Os frutos foram colhidos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação do 1-MCP_a e analisados em 24 h após a colheita. Os pontos representam médias de 4 anos (n=16, 4 repetições x 4 anos). Os tratamentos AVG e 1-MCP_a foram aplicados 28 e 7 dias, respectivamente, antes da 1^a colheita.....28

Figura 4 – Queda acumulada (%) de frutos de plantas não tratadas (testemunha) e tratadas com 1-MCP aquoso (1-MCP_a) ou aminoetoxivinilglicina (AVG), em função da data de colheita. Os frutos foram recolhidos do chão e contados aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação do 1-MCP aquoso (MCP_a). Os pontos representam médias de 4 anos (n=16, 4 repetições x 4 anos), na cultivar ‘Royal Gala’.....39

Figura 5 – Firmeza da polpa de maçãs ‘Imperial Gala’ e ‘Royal Gala’, após a armazenagem, em função da data de colheita. Dados de frutos não tratados (testemunha) e tratados com 1-MCP aquoso (1-MCP_a) ou aminoetoxivinilglicina (AVG) antes da colheita. Frutos analisados após a armazenagem sob atmosfera do ar (Ar) ou AC, mais 7 dias sob Ar a 22°C. Os dados representam médias de 4 anos (n=16, 4 repetições x 4 anos) para Ar e 2 anos (n=8, 4 repetições x 2 anos) para AC. Parte dos frutos armazenados sob atmosfera controlada (AC) foram tratados com gás 1-MCP um dia após a colheita (+ MCP_g).42

Figura 6 – Teor de sólidos solúveis em maçãs ‘Imperial Gala’ após a armazenagem. Dados de frutos não tratados (testemunha) e tratados com 1-MCP aquoso (MCP_a) ou aminoetoxivinilglicina (AVG) antes da colheita. Frutos analisados após a armazenagem sob atmosfera do ar (Ar) ou AC, mais 7 dias sob Ar a 22°C. Os dados representam médias de 4 anos (n=16, 4 repetições x 4 anos) para Ar e 2 anos (n=8, 4 repetições x 2 anos) para AC. Parte dos frutos armazenados sob atmosfera controlada (AC) foram tratados com gás 1-MCP um dia após a colheita (+ MCP_g).43

Figura 7 – Acidez titulável de maçãs ‘Imperial Gala’ e ‘Royal Gala’ após a armazenagem. Dados de frutos não tratados (testemunha) e tratados com 1-MCP aquoso (1-MCP_a) ou aminoetoxivinilglicina (AVG) antes da colheita. Frutos analisados após a armazenagem sob atmosfera do ar (Ar) ou AC, mais 7 dias sob Ar a 22°C. Os dados representam médias de 4 anos (n=16, 4 repetições x 4 anos) para Ar e 2 anos (n=8, 4 repetições x 2 anos) para AC. Parte dos frutos armazenados sob atmosfera controlada (AC) foram tratados com gás 1-MCP um dia após a colheita (+ MCP_g)..... 44

Figura 8 – Severidade de escurecimento interno em maçãs ‘Imperial Gala’ e ‘Royal Gala’ após a armazenagem. Dados de frutos não tratados (testemunha) e tratados com 1-MCP aquoso (1-MCP_a) ou aminoetoxivinilglicina (AVG) antes da colheita. Frutos analisados após a armazenagem sob atmosfera do ar (Ar) ou AC, mais 7 dias sob Ar a 22°C. Os dados representam médias de 4 anos (n=16, 4 repetições x 4 anos) para Ar e 2 anos (n=8, 4 repetições x 2 anos) para AC. Parte dos frutos armazenados sob atmosfera controlada (AC) foram tratados com gás 1-MCP um dia após a colheita (+ MCP_g). 47

Figura 9 – Severidade de rachaduras em maçãs ‘Imperial Gala’ e ‘Royal Gala’ após a armazenagem. Dados de frutos não tratados (testemunha) e tratados com 1-MCP aquoso (1-MCP_a) ou aminoetoxivinilglicina (AVG) antes da colheita. Frutos analisados após a armazenagem sob atmosfera do ar (Ar) ou AC, mais 7 dias sob Ar a 22°C. Os dados representam médias de 4 anos (n=16, 4 repetições x 4 anos) para Ar e 2 anos (n=8, 4 repetições x 2 anos) para AC. Parte dos frutos armazenados sob atmosfera controlada (AC) foram tratados com gás 1-MCP um dia após a colheita (+ MCP_g). 48

Figura 10 – Severidade de podridões em maçãs ‘Imperial Gala’ e ‘Royal Gala’ após a armazenagem. Dados de frutos não tratados (testemunha) e tratados com 1-MCP aquoso (1-MCP_a) ou aminoetoxivinilglicina (AVG) antes da colheita. Frutos analisados após a armazenagem sob atmosfera do ar (Ar) ou AC, mais 7 dias sob Ar a 22°C. Os dados representam médias de 4 anos (n=16, 4 repetições x 4 anos) para Ar e 2 anos (n=8, 4 repetições x 2 anos) para AC. Parte dos frutos armazenados sob atmosfera controlada (AC) foram tratados com gás 1-MCP um dia após a colheita (+ MCP_g). 49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Firmeza da polpa e índice de amido de maçãs ‘Imperial Gala’ e ‘Royal Gala’ na data de aplicação do AVG (aminoetoxivinilglicina), aproximadamente 28 dias antes do início da colheita comercial, e na data de aplicação do 1-MCP aquoso (1-MCP_a), 7 dias antes do período de colheita comercial. Dados representam médias de 4 anos.....20

Tabela 2 – Número de dias para frutos não tratados (test.) e tratados com 1-MCP aquoso (MCP_a) ou aminoetoxivinilglicina (AVG) atingirem firmeza da polpa de 75,6, 71,1 ou 66,7 N na planta a partir do dia da aplicação do 1-MCP_a. Dados estimados pela análise de regressão da firmeza da polpa em função de dias após a aplicação do 1-MCP_a. Os valores entre parênteses indicam o tempo de retardamento da maturação (dias para atingir firmeza de 75,6, 71,1 ou 66,7 N) pelos tratamentos 1-MCP_a e AVG.30

Tabela 3 – Índices de amido (escores 1 a 9) de maçãs não tratadas (test.) e tratadas com 1-MCP aquoso (MCP_a) ou aminoetoxivinilglicina (AVG) quando a firmeza da polpa atingiu 75,6, 71,1 ou 66,7 N na planta, em quatro safras agrícolas. Dados estimados pela análise de regressão dos índices de amido em função de dias após a aplicação do 1-MCP_a. Os índices de amido foram determinados pela análise dos frutos em 24 h após a colheita.33

Tabela 4 – Taxas de produção de etileno ($\eta\text{Mol kg}^{-1} \text{h}^{-1}$) de maçãs não tratadas (test.) e tratadas com 1-MCP aquoso (MCP_a) ou aminoetoxivinilglicina (AVG) quando a firmeza da polpa atingiu 75,6, 71,1 ou 66,7 N na planta, em quatro safras agrícolas. Dados estimados pela análise de regressão das taxas de produção de etileno em função de dias após a aplicação do 1-MCP_a. As taxas de produção de etileno foram determinadas em 24 h após a colheita....33

Tabela 5 – Índices de cor de fundo (escores 1 a 5) de maçãs não tratadas (test.) e tratadas com 1-MCP aquoso (MCP_a) ou aminoetoxivinilglicina (AVG), quando a firmeza da polpa atingiu 75,6, 71,1 ou 66,7 N na planta, em quatro safras agrícolas. Dados estimados pela análise de regressão dos índices de cor de fundo em função de dias após a aplicação do 1-MCP_a. Os índices de cor de fundo foram determinados pela análise dos frutos em 24 h após a colheita.34

Tabela 6 – Teores de sólidos solúveis (%) de maçãs não tratadas (test.) e tratadas com 1-MCP aquoso (MCP_a) ou aminoetoxivinilglicina (AVG), quando a firmeza da polpa atingiu 75,6, 71,1 ou 66,7 N na planta, em quatro safras agrícolas. Dados estimados pela análise de regressão dos teores de sólidos solúveis em função de dias após a aplicação do 1-MCP_a. Os teores de sólidos solúveis foram determinados pela análise dos frutos em 24 h após a colheita.35

Tabela 7 – Acidez titulável (%) de maçãs não tratadas (test.) e tratadas com 1-MCP aquoso (MCP_a) ou aminoetoxivinilglicina (AVG), quando a firmeza da polpa atingiu 75,6, 71,1 ou 66,7 N na planta, em quatro safras agrícolas. Dados estimados pela análise de regressão da acidez titulável em função de dias após a aplicação do 1-MCP_a. A acidez titulável foi determinada pela análise dos frutos em 24 h após a colheita.35

Tabela 8 – Intensidade de cor vermelha (%) de maçãs não tratadas (test.) e tratadas com 1-MCP aquoso (MCP_a) ou aminoetoxivinilglicina (AVG), quando a firmeza da polpa atingiu 75,6, 71,1 ou 66,7 N na planta, em quatro safras agrícolas. Dados estimados pela análise de regressão da intensidade de cor vermelha em função de dias após a aplicação do 1-MCP_a. A intensidade de cor vermelha foi determinada pela análise dos frutos em 24 h após a colheita.36

Tabela 9 – Massa (g) de maçãs não tratadas (test.) e tratadas com 1-MCP aquoso (MCP_a) ou aminoetoxivinilglicina (AVG), quando a firmeza da polpa atingiu 75,6, 71,1 ou 66,7 N na planta, em quatro safras agrícolas. Dados estimados pela análise de regressão da massa em função de dias após a aplicação do 1-MCP_a. A massa foi determinada pela análise dos frutos em 24 h após a colheita.37

Tabela 10 – Queda acumulada (%) de frutos de plantas não tratadas (test.) e tratadas com 1-MCP aquoso (MCP_a) ou aminoetoxivinilglicina (AVG), quando a firmeza da polpa dos frutos atingiu 75,6, 71,1 ou 66,7 N na planta, em quatro safras agrícolas. Dados estimados pela análise de regressão da percentagem acumulada de frutos caídos em função de dias após a aplicação do 1-MCP_a, na cultivar ‘Royal Gala’.39

Tabela 11 – Firmeza da polpa (N) de maçãs ‘Imperial Gala’ e ‘Royal Gala’, após a armazenagem sob atmosfera do ar (Ar) estimada por análise de regressão em função das datas de colheita. Os valores foram estimados para as datas de colheita em que os frutos de cada ano, cultivar e tratamento, atingiram firmeza da polpa de 75,6, 71,1 ou 66,7 N na planta, em quatro safras agrícolas. As datas que os frutos atingiram firmeza da polpa de 75,6, 71,1 ou 66,7 N na planta também foram estimadas por análises de regressão da firmeza da polpa em função da data de colheita. Dados de frutos não tratados (test.) e tratados com 1-MCP aquoso (MCP_a) ou aminoetoxivinilglicina (AVG) antes da colheita. Frutos foram analisados quanto à firmeza da polpa um dia após a colheita e após a armazenagem sob Ar mais 7 dias sob Ar a 22°C.54

Tabela 12 – Firmeza da polpa (N) de maçãs ‘Imperial Gala’ e ‘Royal Gala’, após a armazenagem sob atmosfera controlada (AC) estimada por análise de regressão em função das datas de colheita. Os valores foram estimados para as datas de colheita em que os frutos de cada ano, cultivar e tratamento atingiram firmeza da polpa de 75,6, 71,1 ou 66,7 N na planta, em quatro safras agrícolas. As datas que os frutos atingiram firmeza da polpa de 75,6, 71,1 ou 66,7 N na planta também foram estimadas por análises de regressão da firmeza da polpa em função da data de colheita. Dados de frutos não tratados (test.) e tratados com 1-MCP aquoso (MCP_a) ou aminoetoxivinilglicina (AVG) antes da colheita. Parte dos frutos foram tratados com gás 1-MCP (+ MCP_g) um dia após a colheita. Frutos foram analisados quanto a firmeza da polpa um dia após a colheita e após a armazenagem sob AC mais 7 dias sob atmosfera do ar (Ar) a 22°C.54

Tabela 13 – Acidez titulável (%) de maçãs ‘Imperial Gala’ e ‘Royal Gala’, após a armazenagem sob atmosfera do ar (Ar), estimada por análise de regressão em função das datas de colheita. Os valores foram estimados para as datas de colheita em que os frutos de cada ano, cultivar e tratamento atingiram firmeza da polpa de 75,6, 71,1 ou 66,7 N na planta, em quatro safras agrícolas. As datas que os frutos atingiram firmeza da polpa de 75,6, 71,1 ou 66,7 N na planta também foram estimadas por análises de regressão da firmeza da polpa em

função da data de colheita. Dados de frutos não tratados (test.) e tratados com 1-MCP aquoso (MCP_a) ou aminoetoxivinilglicina (AVG) antes da colheita. Frutos foram analisados quanto à firmeza da polpa um dia após a colheita e após a armazenagem sob Ar, mais 7 dias sob Ar a 22°C.55

Tabela 14 – Acidez titulável (%) de maçãs ‘Imperial Gala’ e ‘Royal Gala’, após a armazenagem sob atmosfera controlada (AC), estimada por análise de regressão em função das datas de colheita. Os valores foram estimados para as datas de colheita em que os frutos de cada ano, cultivar e tratamento atingiram firmeza da polpa de 75,6, 71,1 ou 66,7 N na planta, em quatro safras agrícolas. As datas que os frutos atingiram firmeza da polpa de 75,6, 71,1 ou 66,7 N na planta também foram estimadas por análises de regressão da firmeza da polpa em função da data de colheita. Dados de frutos não tratados (test.) e tratados com 1-MCP aquoso (MCP_a) ou aminoetoxivinilglicina (AVG) antes da colheita. Parte dos frutos foram tratados com gás 1-MCP (+ MCP_g) um dia após a colheita. Frutos foram analisados quanto a firmeza da polpa um dia após a colheita e quanto à acidez, após a armazenagem sob AC, mais 7 dias sob atmosfera do ar (Ar) a 22°C.55

Tabela 15 – Severidade de escurecimento interno (escala 1 a 4) em maçãs ‘Imperial Gala’ e ‘Royal Gala’, após a armazenagem sob atmosfera do ar (Ar), estimada por análise de regressão em função das datas de colheita. Os valores foram estimados para as datas de colheita em que os frutos de cada ano, cultivar e tratamento atingiram firmeza da polpa de 75,6, 71,1 ou 66,7 N na planta, em quatro safras agrícolas. As datas que os frutos atingiram firmeza da polpa de 75,6, 71,1 ou 66,7 N na planta também foram estimadas por análises de regressão da firmeza da polpa em função da data de colheita. Dados de frutos não tratados (test.) e tratados com 1-MCP aquoso (MCP_a) ou aminoetoxivinilglicina (AVG) antes da colheita. Frutos foram analisados quanto a firmeza da polpa um dia após a colheita e quanto a severidade de escurecimento interno, após a armazenagem sob Ar, mais 7 dias sob Ar a 22°C.56

Tabela 16 – Severidade de escurecimento interno (escala 1 a 4) em maçãs ‘Imperial Gala’ e ‘Royal Gala’, após a armazenagem sob atmosfera controlada (AC), estimada por análise de regressão em função das datas de colheita. Os valores foram estimados para as datas de colheita em que os frutos de cada ano, cultivar e tratamento atingiram firmeza da polpa de 75,6, 71,1 ou 66,7 N na planta, em quatro safras agrícolas. As datas que os frutos atingiram firmeza da polpa de 75,6, 71,1 ou 66,7 N na planta também foram estimadas por análises de regressão da firmeza da polpa em função da data de colheita. Dados de frutos não tratados (test.) e tratados com 1-MCP aquoso (MCP_a) ou aminoetoxivinilglicina (AVG) antes da colheita. Parte dos frutos foram tratados com gás 1-MCP (+ MCP_g) um dia após a colheita. Frutos foram analisados quanto a firmeza da polpa um dia após a colheita e quanto à severidade de escurecimento interno, após a armazenagem sob AC, mais 7 dias sob atmosfera do ar (Ar) a 22°C.56

Tabela 17 – Severidade de rachaduras (escala 1 a 2) em maçãs ‘Imperial Gala’ e ‘Royal Gala’, após a armazenagem sob atmosfera do ar (Ar), estimada por análise de regressão em função das datas de colheita. Os valores foram estimados para as datas de colheita em que os frutos de cada ano, cultivar e tratamento atingiram firmeza da polpa de 75,6, 71,1 ou 66,7 N na planta, em quatro safras agrícolas. As datas que os frutos atingiram firmeza da polpa de 75,6, 71,1 ou 66,7 N na planta também foram estimadas por análises de regressão da firmeza da

polpa em função da data de colheita. Dados de frutos não tratados (test.) e tratados com 1-MCP aquoso (MCP_a) ou aminoetoxivinilglicina (AVG) antes da colheita. Frutos foram analisados quanto a firmeza da polpa um dia após a colheita e quanto a severidade de rachaduras, após a armazenagem sob Ar, mais 7 dias sob Ar a 22°C.57

Tabela 18 – Severidade de rachaduras (escala 1 a 2) em maçãs ‘Imperial Gala’ e ‘Royal Gala’, após a armazenagem sob atmosfera controlada (AC), estimada por análise de regressão em função das datas de colheita. Os valores foram estimados para as datas de colheita em que os frutos de cada ano, cultivar e tratamento atingiram firmeza da polpa de 75,6, 71,1 ou 66,7 N na planta, em quatro safras agrícolas. As datas que os frutos atingiram firmeza da polpa de 75,6, 71,1 ou 66,7 N na planta também foram estimadas por análises de regressão da firmeza da polpa em função da data de colheita. Dados de frutos não tratados (test.) e tratados com 1-MCP aquoso (MCP_a) ou aminoetoxivinilglicina (AVG) antes da colheita. Parte dos frutos foram tratados com gás 1-MCP (+ MCP_g) um dia após a colheita. Frutos foram analisados quanto a firmeza da polpa um dia após a colheita e quanto a severidade de rachaduras, após a armazenagem sob AC, mais 7 dias sob atmosfera do ar (Ar) a 22°C.57

Tabela 19 – Severidade de podridões (escala 1 a 3) em maçãs ‘Imperial Gala’ e ‘Royal Gala’, após a armazenagem sob atmosfera do ar (Ar), estimada por análise de regressão em função das datas de colheita. Os valores foram estimados para as datas de colheita em que os frutos de cada ano, cultivar e tratamento atingiram firmeza da polpa de 75,6, 71,1 ou 66,7 N na planta, em quatro safras agrícolas. As datas que os frutos atingiram firmeza da polpa de 75,6, 71,1 ou 66,7 N na planta também foram estimadas por análises de regressão da firmeza da polpa em função da data de colheita. Dados de frutos não tratados (test.) e tratados com 1-MCP aquoso (MCP_a) ou aminoetoxivinilglicina (AVG) antes da colheita. Frutos foram analisados quanto a firmeza da polpa um dia após a colheita, e quanto a severidade de podridões, após a armazenagem sob Ar, mais 7 dias sob Ar a 22°C.58

Tabela 20 – Severidade de podridões (escala 1 a 3) em maçãs ‘Imperial Gala’ e ‘Royal Gala’, após a armazenagem sob atmosfera controlada (AC), estimada por análise de regressão em função das datas de colheita. Os valores foram estimados para as datas de colheita em que os frutos de cada ano, cultivar e tratamento atingiram firmeza da polpa de 75,6, 71,1 ou 66,7 N na planta, em quatro safras agrícolas. As datas que os frutos atingiram firmeza da polpa de 75,6, 71,1 ou 66,7 N na planta também foram estimadas por análises de regressão da firmeza da polpa em função da data de colheita. Dados de frutos não tratados (test.) e tratados com 1-MCP aquoso (MCP_a) ou aminoetoxivinilglicina (AVG) antes da colheita. Parte dos frutos foram tratados com gás 1-MCP (+ MCP_g) um dia após a colheita. Frutos foram analisados quanto a firmeza da polpa um dia após a colheita, e quanto à severidade de podridões, após a armazenagem sob AC, mais 7 dias sob atmosfera do ar (Ar) a 22°C.58

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	19
2.1	POMARES	19
2.2	TRATAMENTOS PRÉ-COLHEITA.....	19
2.3	COLHEITA DOS FRUTOS.....	20
2.4	TRATAMENTOS PÓS-COLHEITA.....	21
2.5	MEDIDAS DA MATURAÇÃO, QUALIDADE DOS FRUTOS E QUEDA PRÉ-COLHEITA	21
2.6	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE DE DADOS	23
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
3.1	MATURAÇÃO E VARIAÇÕES DA QUALIDADE DOS FRUTOS NA PLANTA.....	24
3.2	ESCALONAMENTO DA COLHEITA	30
3.3	ÍNDICES DE MATURAÇÃO E QUALIDADE DOS FRUTOS NA PLANTA, NO PERÍODO IDEAL DE COLHEITA, ESTIMADOS PELAS ANÁLISES DE REGRESSÕES	32
3.4	QUEDA PRÉ-COLHEITA DE FRUTOS.....	38
3.5	QUALIDADE DOS FRUTOS APÓS A ARMAZENAGEM.....	40
3.6	ÍNDICES DE QUALIDADE DOS FRUTOS APÓS A ARMAZENAGEM, PARA O PERÍODO IDEAL DE COLHEITA, ESTIMADOS PELAS ANÁLISES DE REGRESSÕES	50
3.7	DISTINÇÕES ENTRE EFEITOS DO 1-MCP _a E AVG	59
3.8	EFEITOS COMPARATIVOS DO 1-MCP _a E 1-MCP _g SOBRE A QUALIDADE PÓS-ARMAZENAGEM	61
4	CONCLUSÕES	63
	REFERÊNCIAS	64
	ANEXOS	69

1 INTRODUÇÃO

A cultivar ‘Gala’ e seus clones representam, aproximadamente, 60% da produção brasileira de maçãs, estimada em 1,28 milhões de toneladas em 2010 (FAOSTAT, 2012). A colheita comercial de maçãs é determinada principalmente por atributos de qualidade, como coloração e tamanho dos frutos, e por índices de maturação como firmeza da polpa, índice de amido e cor de fundo. Para a armazenagem de médios e longos períodos, a colheita de maçãs ‘Gala’ deve ser realizada quando os frutos apresentam firmeza da polpa superior a 71,1 e 75,6 N, respectivamente (ARGENTA; MONDARDO, 1994). Maçãs ‘Gala’ colhidas precocemente, com a firmeza da polpa superior a 84,5 N, podem apresentar coloração, tamanho e sabor deficientes (ARGENTA; MONDARDO, 1994; PLOTTO et al., 1995). Em contrapartida, maçãs ‘Gala’ colhidas tardiamente apresentam menor potencial de conservação pós-colheita, sendo mais suscetíveis a podridões e distúrbios relacionados à senescência durante a armazenagem, além da baixa qualidade sensorial (ARGENTA; MONDARDO, 1994; PLOTTO et al., 1995).

Maçãs ‘Gala’ apresentam rápida maturação no período de colheita, resultante, em parte, de sua maior produção de etileno durante a maturação na planta em relação a outras cultivares (ARGENTA, 1993). Devido ao padrão de rápida maturação na planta, ao grande rendimento e à grande área de exploração de maçãs ‘Gala’, parte da produção dos frutos é, inevitavelmente, colhida após o período de maturação ideal para armazenamento em longo prazo, resultando em menor vida pós-colheita dos frutos e alto índice de perda da produção por deterioração. Além disso, a abscisão dos frutos, antes de atingirem cor vermelha e tamanho exigidos pelo mercado, resulta em perdas significativas da produção (BYERS, 1997), sobretudo em cultivares com alta sensibilidade à queda de frutas em pré-colheita, como a cultivar ‘Gala’ (PETRI; LEITE; ARGENTA, 2007). Por isso, o escalonamento da colheita pelo manejo da maturação de maçãs na planta é uma forma de reduzir as perdas da produção antes da colheita e durante a armazenagem, para aumento da rentabilidade econômica.

AVG (aminoetoxivinilglicina) pulverizado a macieiras reduz a produção de etileno e retarda a degradação do amido, o amolecimento da polpa e o desenvolvimento de coloração avermelhada e de pingo-de-mel, além de retardar a abscisão dos frutos (BANGERTH, 1978; BRAMLAGE et al., 1980; BYERS, 1997; WANG; DILLEY, 2001; SCHUPP; GREENE, 2004; GREENE, 2005; YUAN; CARBAUGH, 2007). A efetividade do AVG no controle da maturação de frutos antes da colheita se deve à inibição da biossíntese do etileno através do

bloqueio da conversão de S-adenosil-metionina (SAM) para ácido 1-carboxi-1-amino-ciclopropano (ACC), um precursor do etileno (YU; YANG, 1979; YANG; HOFFMANN, 1984). O AVG é registrado para aplicação comercial quatro semanas antes da colheita, como tecnologia para retardamento da maturação e prevenção da queda pré-colheita de maçãs (YUAN; CARBAUGH, 2007).

O gás inibidor da ação do etileno, 1-metilciclopropeno (1-MCP), tem sido aplicado comercialmente, em câmaras herméticas, para retardar o amadurecimento e senescência pós-colheita de maçã e vários outros frutos climatéricos (FAN; BLANKENSHIP; MATTEIS, 1999; WATKINS; NOCK; WHITAKER, 2000; BLANKENSHIP; DOLE, 2003). Acredita-se que o 1-MCP se liga a receptores do etileno, de modo que a percepção de etileno e os seus efeitos fisiológicos sejam bloqueados (SISLER; SEREK, 2003). O 1-MCP reduz a produção de etileno, aumenta a conservação da firmeza da polpa e da acidez titulável e previne o desenvolvimento de alguns distúrbios fisiológicos, tais como a escaldadura superficial e o escurecimento senescente da polpa de maçãs (FAN; BLANKENSHIP; MATTEIS, 1999; WATKINS; NOCK; WHITAKER, 2000; BLANKENSHIP; DOLE, 2003; WATKINS; MILLER, 2005).

Além de aplicação pós-colheita, o potencial para melhorar o rendimento e qualidade dos produtos por aplicação pré-colheita de 1-MCP mostra-se promissora (BURNS, 2008). Recentemente estudos apontam diferentes efeitos do 1-MCP em meio aquoso (1-MCP_a) pulverizado às plantas antes da colheita. O 1-MCP_a pode retardar a maturação de maçãs na planta e sua abscisão (YUAN; CARBAUGH, 2007; YUAN; LI, 2008; McARTNEY et al., 2008). Entretanto, alguns estudos indicam que 1-MCP_a pode ter pequeno ou nenhum efeito sobre o retardamento da maturação na planta, embora possa aumentar a conservação dos frutos durante a armazenagem, dependendo da cultivar, região produtora e época de colheita dos frutos (ELFVING et al, 2007; McARTNEY et al., 2009; WATKINS et al., 2010; DeELL; MOGHADDAM, 2010).

O presente estudo foi desenvolvido para avaliar os efeitos da inibição da ação do etileno pelo 1-MCP e da síntese do etileno pelo AVG sobre a maturação na planta e conservação da qualidade de maçãs ‘Gala’ durante a armazenagem.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 POMARES

O estudo foi conduzido em dois pomares comerciais de macieira [*Malus sylvestris* var. *domestica* (Borkh.) Mansf.] em Fraiburgo, Meio Oeste do estado de Santa Catarina (Altitude: 960 m, Longitude: 51°00' W, Latitude: 26°46' S), por quatro anos, de 2007 a 2010. Foi utilizado um pomar com macieiras 'Royal Gala' enxertadas sobre porta-enxerto M7, implantado em 1998, na densidade de 1100 plantas ha⁻¹, com espaçamento de 4,8 m entre linhas e 1,9 m entre plantas. O outro pomar utilizado era composto por macieiras da cultivar 'Imperial Gala', enxertadas sobre porta-enxerto Marubakaido com interenxerto M9, implantado em 2000, com densidade 1480 plantas ha⁻¹, cujo espaçamento era de 4,5 m entre linhas e 1,5 m entre plantas. Em ambos os pomares, as plantas foram manejadas de acordo com recomendações do sistema de produção integrada da macieira (SANHUEZA; PROTAS; FREIRE, 2006).

2.2 TRATAMENTOS PRÉ-COLHEITA

As macieiras 'Imperial Gala' e 'Royal Gala' foram tratadas com 1-MCP (1-metilciclopropeno-ciclodextrina, HarvistaTM, AgroFresh Inc.) ou AVG (aminoetoxivinilglicina, ReTainTM, Valent BioSciences Inc.) antes da colheita. Frutos de plantas não pulverizadas foram usados como testemunha. Nesse trabalho, o termo 1-MCP_a (1-metilciclopropeno aquoso) será usado para se referir ao 1-MCP pulverizado às plantas em água antes da colheita e o termo 1-MCP_g (1-metilciclopropeno gasoso) será usado para se referir ao 1-MCP aplicado na forma gasosa aos frutos após a colheita. O 1-MCP_a foi aplicado com pulverizador costal pressurizado com CO₂ e equipado com bico leque OC-12. Pulverizou-se aproximadamente 1200 L ha⁻¹ a 420 kPa de uma emulsão contendo 1-MCP [150 mg (i.a.) L⁻¹] e óleo mineral AssistTM (1%; v/v), 7 dias antes da data prevista para colheita comercial dos frutos não tratados (testemunha). A aplicação de AVG foi realizada com pulverizador costal motorizado, equipado com bico leque DS, aplicando-se volume de calda de 1000 L ha⁻¹ a 680 kPa de uma solução contendo AVG [124 mg (i.a.)L⁻¹] e espalhante adesivo Silwet[®] (0,05%; v/v), 28 dias antes da data prevista para colheita comercial (2ª passada) dos frutos não tratados. Na data de aplicação do AVG, maçãs 'Imperial

Gala’ e ‘Royal Gala’ apresentavam firmeza da polpa de 102,2 e 101,8 N, e índice de amido de 1,3 e 1,2 respectivamente (Tabela 1). Na data de aplicação do 1-MCP_a, maçãs ‘Imperial Gala’ e ‘Royal Gala’ apresentavam firmeza da polpa de 85,3 e 83,6 N, e índice de amido de 3,5 e 2,1 respectivamente (Tabela 1).

Tabela 1 – Firmeza da polpa e índice de amido de maçãs ‘Imperial Gala’ e ‘Royal Gala’ na data de aplicação do AVG (aminoetoxivinilglicina), aproximadamente 28 dias antes do início da colheita comercial, e na data de aplicação do 1-MCP aquoso (1-MCP_a), 7 dias antes do período de colheita comercial. Dados representam médias de 4 anos.

Cultivar	Firmeza da Polpa (N)	Índice de Amido (1-9)
Na data de aplicação do AVG		
‘Imperial Gala’	102,2±4,0	1,3±0,31
‘Royal Gala’	101,8±2,2	1,2±0,25
Na data de aplicação do 1-MCP _a		
‘Imperial Gala’	85,3±3,1	3,5±0,44
‘Royal Gala’	83,6±2,7	2,1±0,48

2.3 COLHEITA DOS FRUTOS

A previsão da data de colheita comercial, nas quatro safras agrícolas, foi realizada com base na data da plena floração e considerando que o ponto de colheita comercial de maçãs ‘Gala’ normalmente ocorre 117 dias após a plena floração (BENDER, 1986). As datas de início da colheita comercial, para maçãs ‘Imperial Gala’, nos anos de 2007, 2008, 2009 e 2010, foram 07/fev., 07/fev., 05/fev. e 10/fev., respectivamente, e para maçãs ‘Royal Gala’ 12/fev., 11/fev., 10/fev. e 14/fev., respectivamente.

Os frutos foram colhidos semanalmente, durante quatro semanas, sendo que a primeira colheita ocorreu 7 dias após a data da aplicação do tratamento 1-MCP_a. Frutos de apenas uma planta por bloco foram amostrados em cada data de colheita, sendo a colheita dos frutos realizada uma única vez em cada planta. Em cada data de colheita, colheram-se todos os frutos de cada planta. Em laboratório, amostraram-se 125 frutos por planta, descartando-se frutos com defeitos ou menos representativos da população de frutos da respectiva planta. Dos 125 frutos amostrados, 50 foram destinados à análise um dia após a colheita e 75 destinados à análise após a armazenagem.

2.4 TRATAMENTOS PÓS-COLHEITA

Frutos foram armazenados sob atmosfera do ar (Ar) a $0,5^{\circ}\text{C}\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e $86\%\pm 4\%$ de umidade relativa por 120 dias ou sob atmosfera controlada (AC) a $0,7^{\circ}\text{C}\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e $90\%\pm 3\%$ de umidade relativa, com pressões parciais de 1,8 kPa de O_2 e 2,0 kPa de CO_2 , por 210 dias. Para cada data de colheita e bloco, foram armazenados 25 frutos sob Ar e 50 frutos sob AC. Metade dos frutos armazenados sob AC foi tratada com $1\ \mu\text{L L}^{-1}$ de gás 1-MCP (1-MCP_g) um dia após a colheita.

O 1-MCP_g foi aplicado em câmara hermética de $1\ \text{m}^3$, por 24 h na temperatura ambiente. Frutos não tratados com 1-MCP_g (testemunha) foram mantidos na mesma temperatura durante as 24 h de tratamento do 1-MCP_g. O gás 1-MCP foi gerado misturando-se pó de 1-metilciclopropeno-ciclodextrina (1,6 g de EthylBloc™, 0,14% i.a., AgroFresh Inc.) e água a 25°C , num frasco de 0,5 L, e bombeado à câmara de tratamento em sistema fechado. A concentração de 1-MCP no ar da câmara de tratamento foi monitorada por meio de um cromatógrafo a gás (Shimadzu 14B, Tóquio) equipado com um detector de ionização de chama e coluna de vidro de 2,5 m, e diâmetro interno de 3,2 mm, empacotada com Poropak Q, 80 a 100 mesh, usando 1-MCP como padrão. As temperaturas do forno, do detector e do injetor, foram de 90, 200 e 100°C , respectivamente. Os fluxos de N_2 , H_2 e ar utilizados foram de 25, 25 e $300\ \text{mL min}^{-1}$, respectivamente.

2.5 MEDIDAS DA MATURAÇÃO, QUALIDADE DOS FRUTOS E QUEDA PRÉ-COLHEITA

A queda de frutos em pré-colheita foi quantificada mediante a contagem acumulada de frutos caídos em cada data de colheita, determinando sua proporção em relação ao número total de frutos de cada planta. Depois de realizada a colheita, as maçãs foram analisadas quanto à maturação e qualidade (24 h após a colheita), sendo mensuradas as variáveis firmeza da polpa, índice de amido, massa média, coloração, acidez titulável (AT), sólidos solúveis (SS) e taxas respiratórias e de produção de etileno.

A massa média de cada fruto foi determinada pela divisão da massa total de todos os frutos de cada planta pelo número total de frutos de cada planta.

A firmeza da polpa foi medida em um lado da superfície de cada fruto na região de transição de cor, do mais avermelhado (mais exposto ao sol) ao menos avermelhado (menos

exposto ao sol), pela utilização de um penetrômetro eletrônico, motorizado com ponteira de 11 mm (Güss, África do Sul). O índice de degradação do amido foi estimado visualmente usando-se uma escala de 1 a 9 (1 = 100% da superfície com amido, 9 = 0% da superfície com amido) depois de expor uma secção equatorial de cada fruto à solução de I_2+KI (BENDER; EBERT, 1985).

Amostras de suco dos frutos foram coletadas pelo uso de um espremedor centrífugo (Champion, Plastaket Mfg. USA) para determinação da AT e SS. O teor de SS no suco foi determinado usando-se refratômetro digital com compensação automática de temperatura (Atago, Japão), enquanto a AT foi determinada pela titulação de 10 mL de suco com 0,1 N NaOH até pH 8,2 usando-se um titulador automático (Radiometer Analytical, França).

A coloração de fundo foi estimada na área menos avermelhada da superfície dos frutos com auxílio de catálogo de cores (ARGENTA, 2004) com escala de 1 (verde) a 5 (amarelo-laranja). A proporção de cor vermelha (%) foi estimada visualmente, considerando a percentagem de área avermelhada relativa à superfície total do fruto e a densidade de cor vermelha, especialmente entre as estrias de cor vermelha. Considerou-se como baixa densidade de vermelho quando havia pouca coloração avermelhada entre as estrias.

Amostras de aproximadamente 1 kg de maçãs foram colocadas em jarras de 4 L, supridas com ar comprimido, livre de etileno, a 100 mL min^{-1} , e mantidas a $22 \pm 0,3^\circ\text{C}$ durante 12 h para estabilização da temperatura. No ar efluente foram determinadas as concentrações de etileno e de CO_2 por cromatografia gasosa, conforme descrito por Argenta et al. (2003), para determinação das taxas respiratórias e de produção de etileno.

Após a armazenagem os frutos foram avaliados quanto à firmeza da polpa, AT, SS, danos fisiológicos e podridões. Para a avaliação de danos fisiológicos e podridões, após a armazenagem, os frutos foram fatiados transversalmente e visualmente identificados pelo grau de severidade conforme segue: O distúrbio ‘escurecimento interno’ que ocorre predominantemente na região do córtex foi analisado pela severidade do sintoma de ‘polpa amarronzada’ (pardacenta), conforme segue: 1) ausência de sintoma; 2) inicial: 1 a 30% da secção transversal com coloração amarronzada, predominantemente clara e difusa; 3) moderada: 30% a 60% da secção transversal com coloração amarronzada difusa, parcialmente clara e parcialmente escura e 4) severa: mais de 60% da secção transversal com coloração amarronzada, predominantemente marrom-escura e difusa. Considerando que a severidade desse distúrbio normalmente diminuiu longitudinalmente a partir do pedúnculo, o seu grau de severidade foi determinado num único corte transversal ao fruto, na região equatorial, entre o

meio e a margem superior da cavidade carpelar (tangencial à metade superior da cavidade carpelar). A severidade de podridões foram avaliadas de acordo com o tamanho das lesões visíveis externamente, conforme segue: 1) ausente; 2) inicial: uma ou duas lesões com somatório de diâmetro(s) inferior a 1 cm e 3) severa: uma ou mais lesões com somatório de diâmetro(s) superior a 1 cm. A rachadura senescente dos frutos, visível externamente, foi analisada como ausente (escore 1) ou presente (escore 2). Após a armazenagem os frutos foram mantidos por 7 dias a $22 \pm 0,3^{\circ}\text{C}$ antes de serem analisados.

A firmeza da polpa, o índice de amido, a massa média, a coloração e a severidade de distúrbios fisiológicos e fitopatológicos foram analisados para cada fruto. A AT e o teor de SS foram determinados em quatro amostras de suco por repetição. Cada amostra de suco foi preparada a partir de fatias de 6 a 7 frutos. As taxas respiratórias e de produção de etileno foram determinadas em quatro amostras de 6 a 8 frutos (± 1 kg) por repetição.

2.6 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE DE DADOS

Para cada cultivar avaliada, o delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados, com quatro repetições compostas de uma planta, seguindo esquema fatorial (3x4), obtido da combinação de três níveis do fator ‘tratamento’ (testemunha, 1-MCP_a e AVG) e quatro níveis para o fator ‘data de colheita’ (7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação do 1-MCP_a).

Os dados foram submetidos à análise de variância usando o software SAS (2002). A discriminação do fator ‘tratamento’ foi realizada pelo teste de Fisher e os efeitos do fator ‘data de colheita’ foram analisados por contrastes ortogonais. A significância dos polinômios ortogonais foi calculada pelo teste F.

Equações de regressão lineares e quadráticas foram usadas para estimar a data (DAAM) em que os frutos atingiram firmeza da polpa de 75,6, 71,1 ou 66,7 N, a partir dos dados de firmeza da polpa e dias após aplicação do 1-MCP_a (DAAM).

Índices de maturação e qualidade foram estimados por análise de regressão, em função da data de colheita, quando os frutos atingiram firmeza da polpa de 75,6, 71,1 ou 66,7 N na planta, para cada tratamento, em diferentes datas de colheita apenas quando significativas ($p < 0,05$).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 MATURAÇÃO E VARIAÇÕES DA QUALIDADE DOS FRUTOS NA PLANTA

Os tratamentos 1-MCP_a e AVG atrasaram a maturação de maçãs ‘Royal Gala’ e ‘Imperial Gala’, na planta, retardando o aumento da produção de etileno, a degradação do amido, o amolecimento da polpa e o amarelecimento da superfície dos frutos (Figuras 1 e 2). Os efeitos dos tratamentos 1-MCP_a e AVG variaram com a cultivar e data de colheita, descrita nesse estudo pelo número de dias após a aplicação do 1-MCP_a (DAAM). Diferenças entre frutos tratados e não tratados quanto à produção de etileno, foram maiores nos frutos colhidos tardiamente, 28 DAAM, em ambas as cultivares (Figura 1). Por outro lado, os efeitos do 1-MCP_a e AVG sobre o índice de degradação de amido foram maiores nos frutos colhidos precocemente, 7 DAAM (Figura 1). As diferenças de firmeza da polpa entre maçãs ‘Royal Gala’ não tratadas (testemunha) e tratadas com 1-MCP_a ou AVG se mantiveram aproximadamente as mesmas do 7º ao 28º DAAM (Figura 1). Entretanto, para ‘Imperial Gala’, as diferenças de firmeza da polpa entre maçãs testemunha e tratadas com 1-MCP_a ou AVG foram maiores na colheita tardia (28 DAAM) que na colheita precoce (7 DAAM). Esses resultados mostram que 1-MCP_a retarda a degradação do amido, especialmente nos primeiros 7 dias após a sua aplicação e que os efeitos do 1-MCP_a sobre a produção de etileno persistem por mais tempo (são mais duradouros), se revelando maiores nos frutos colhidos tardiamente. Já, para a firmeza da polpa, o efeito do 1-MCP_a ocorreu principalmente na 1ª semana após sua aplicação para ‘Royal Gala’, mas aumenta do 7º ao 28º DAAM para ‘Imperial Gala’.

Maçãs ‘Imperial Gala’ tratadas com 1-MCP_a e AVG apresentaram menores taxas respiratórias, em relação às maçãs testemunha no 7º e 14º DAAM, enquanto maçãs ‘Royal Gala’ tratadas com 1-MCP_a e AVG apresentaram menores taxas respiratórias em relação às não tratadas, aos 7º e 28º DAAM (Figura 2).

Os tratamentos 1-MCP_a e AVG resultaram em menores teores de SS nas maçãs de ambas as cultivares a exceção para maçãs ‘Royal Gala’ colhidas 28 DAAM (Figura 2).

O índice de amarelecimento (índice de cor de fundo) da área não avermelhada da superfície dos frutos tratados com 1-MCP_a foi menor que aquele dos frutos não tratados do 14º ao 28º DAAM para ‘Imperial Gala’ e do 7º ao 21º DAAM para ‘Royal Gala’ (Figura 2). Maçãs de ambas as cultivares tratadas com AVG apresentaram menor índice de amarelecimento que maçãs não tratadas em todas as datas de colheita.

Figura 1 – Taxa de produção etileno, índice de amido e firmeza da polpa de maçãs ‘Imperial Gala’ e ‘Royal Gala’, não tratadas (testemunha) e tratadas com 1-MCP aquoso (1-MCP_a) ou aminoetoxivinilglicina (AVG), em função da data de colheita. Os frutos foram colhidos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação do 1-MCP_a e analisados em 24 h após a colheita. Os pontos representam médias de 4 anos (n=16, 4 repetições x 4 anos). Os tratamentos AVG e 1-MCP_a foram aplicados 28 e 7 dias, respectivamente, antes da 1ª colheita.

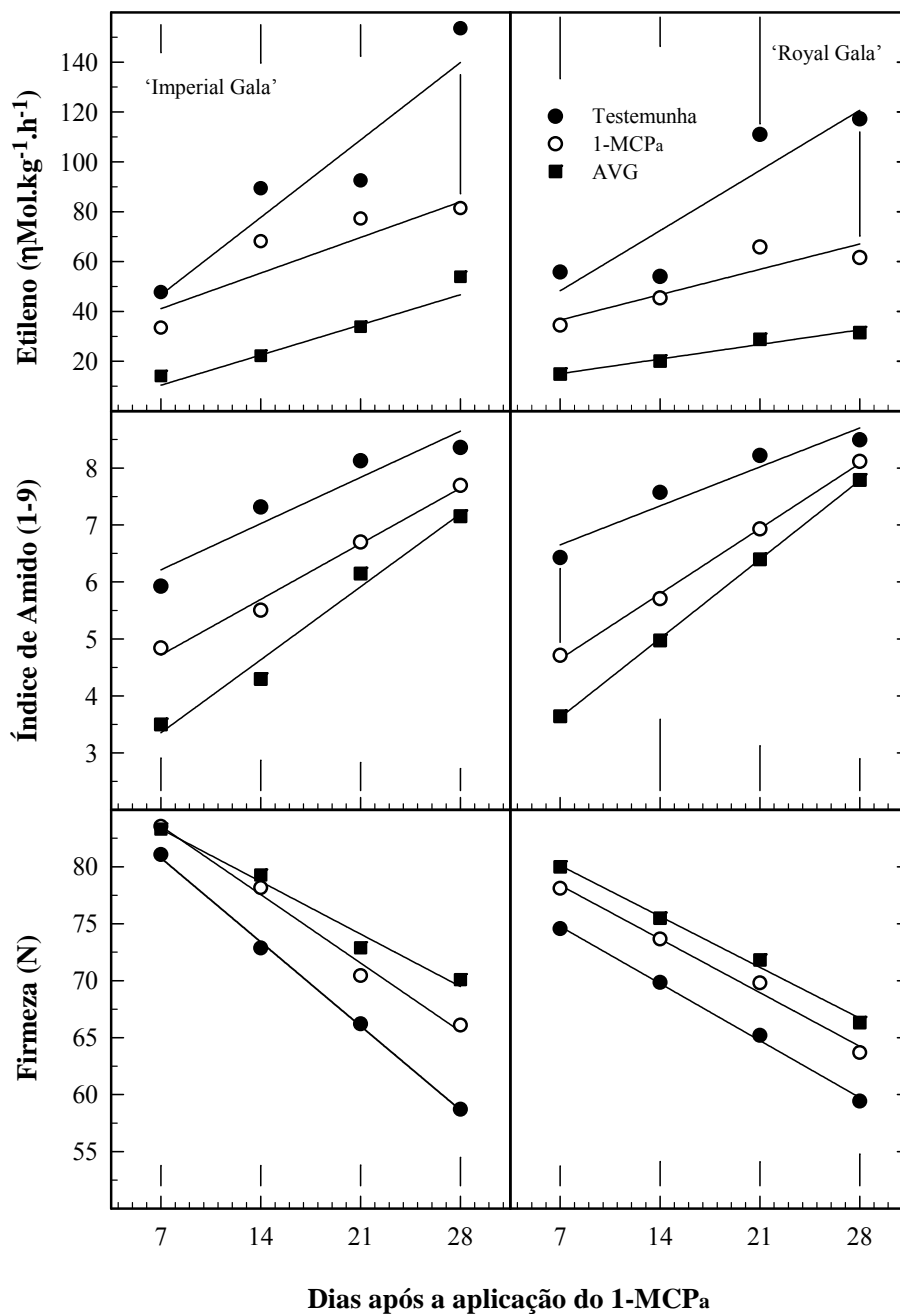
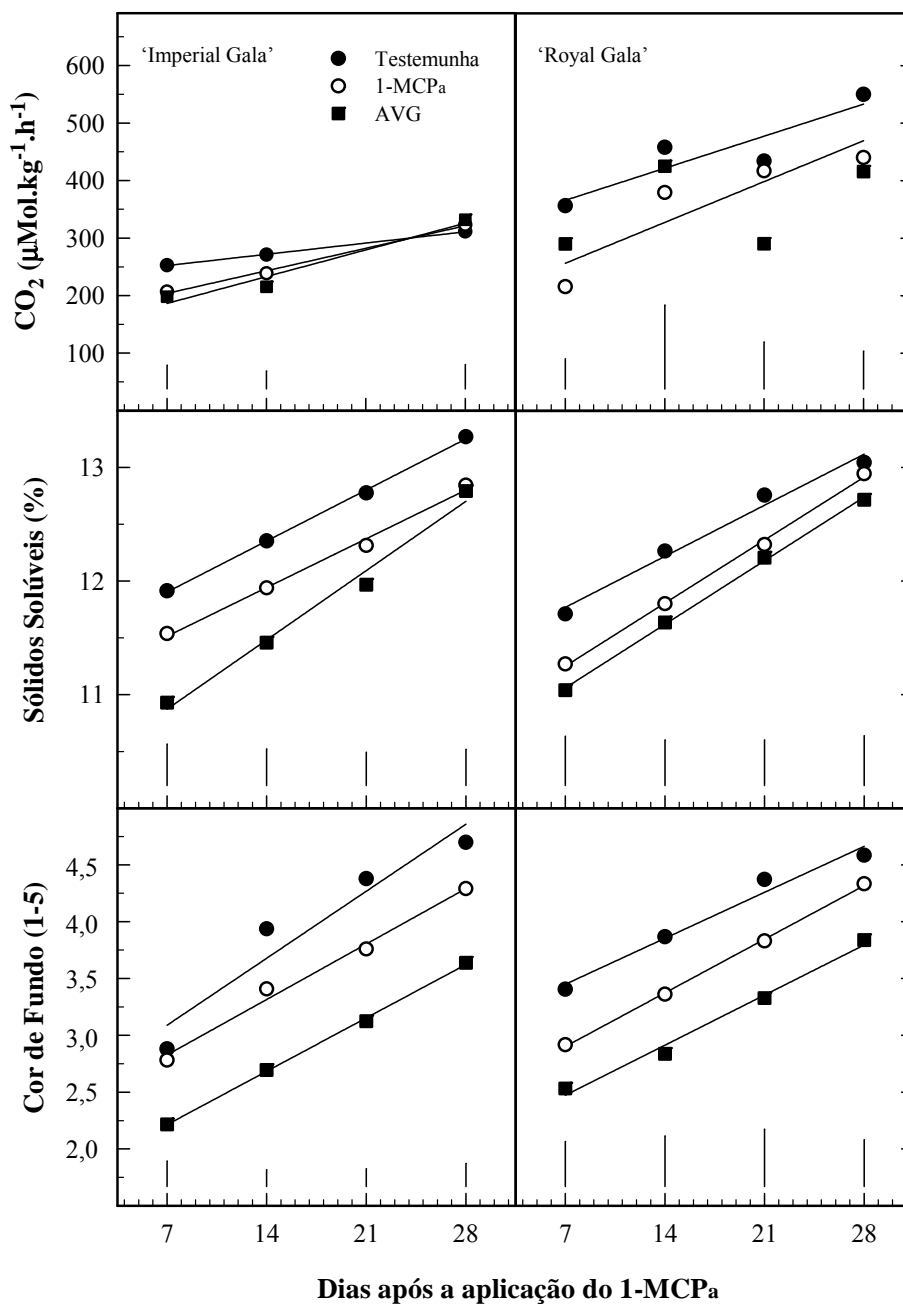


Figura 2 – Taxas respiratórias (CO_2 produzido), teor de sólidos solúveis e índice de cor de fundo de maçãs ‘Imperial Gala’ e ‘Royal Gala’, não tratadas (testemunha) e tratadas com 1-MCP_a (1-MCP aquoso) ou aminoetoxivinilglicina (AVG), em função da data de colheita. Os frutos foram colhidos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação do 1-MCP_a e analisados em 24 h após a colheita. Os pontos representam médias de 4 anos (n=16, 4 repetições x 4 anos) para o teor de sólidos solúveis e índice de cor de fundo e de 1 ano (n=4, 4 repetições x 1 ano) para a taxa respiratória. Os tratamentos AVG e MCP_a foram aplicados 28 e 7 dias, respectivamente, antes da 1ª colheita.

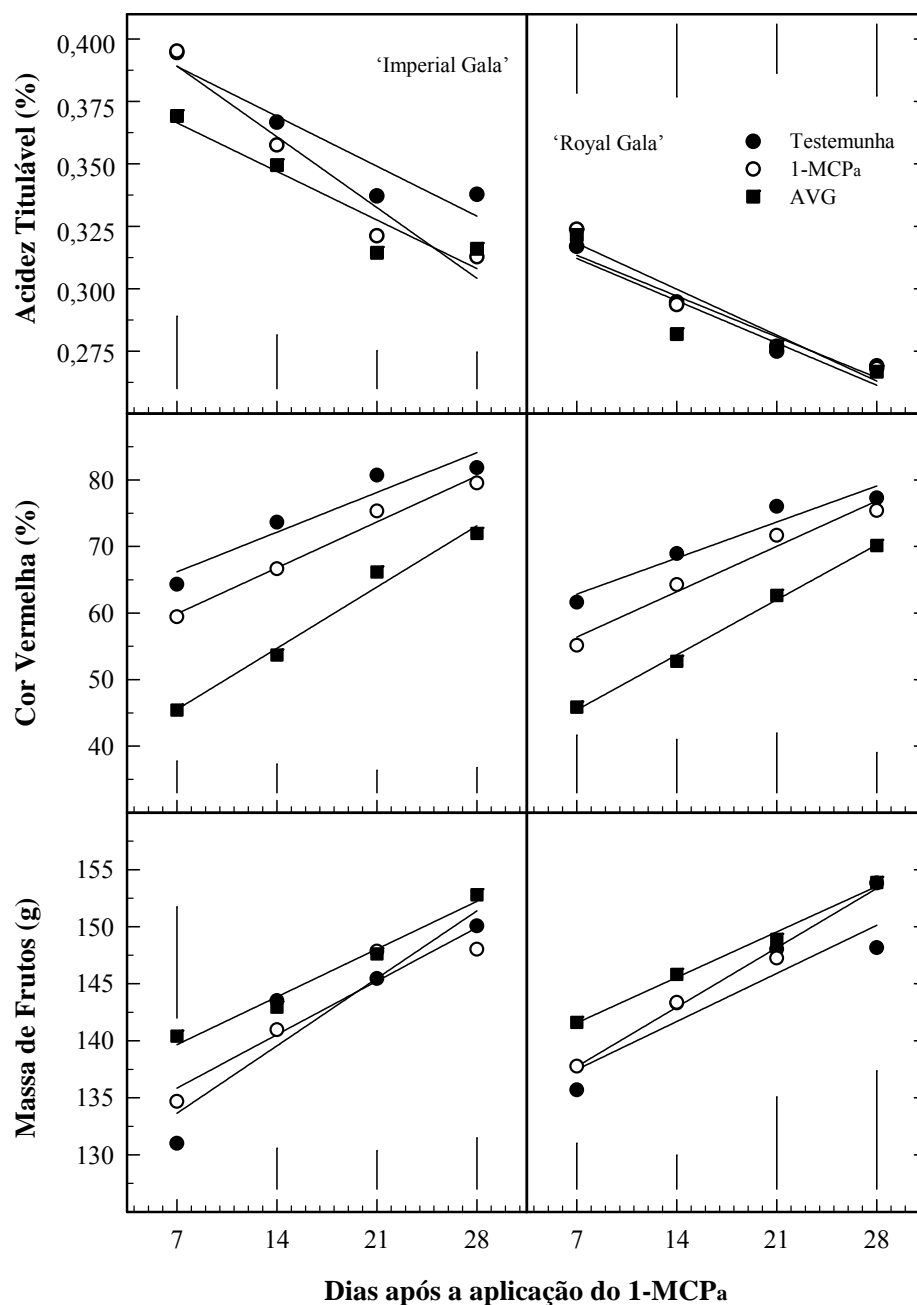


O desenvolvimento de cor vermelha na superfície das maçãs ‘Imperial Gala’ foi retardado por ambos os tratamentos, 1-MCP_a e AVG (Figura 3). Entretanto, nas maçãs ‘Royal Gala’, o desenvolvimento da cor vermelha foi retardado pelo tratamento AVG, mas não pelo tratamento 1-MCP_a. Maçãs ‘Imperial Gala’ colhidas 7 DAAM apresentaram coloração avermelhada em 45% da superfície quando tratadas com AVG, em 60% da superfície quando tratadas com 1-MCP_a e em aproximadamente 64% da superfície quando não tratadas com 1-MCP_a nem AVG. Efeitos negativos dos tratamentos 1-MCP_a e AVG, sobre o desenvolvimento de cor vermelha, foram menores nos frutos colhidos tardiamente em relação àqueles nos frutos colhidos precocemente.

A acidez titulável (AT) diminuiu, enquanto a massa das maçãs de ambas as cultivares aumentou ao longo do período de maturação comercial na planta, entre o 7º e 28º DAAM (Figura 3). A AT das maçãs ‘Royal Gala’ e a massa das maçãs de ambas as cultivares não foram afetadas pelos tratamentos 1-MCP_a e AVG, a exceção da massa de ‘Royal Gala’ colhidas 7 DAAM que foi máxima para o tratamento AVG. Redução da AT pelos tratamentos 1-MCP_a e AVG foi observada apenas em maçãs ‘Imperial Gala’ colhidas no 21º e 28º DAAM.

A inibição da produção de etileno e o retardamento da maturação de maçãs na planta pelo AVG têm sido bem demonstrados há muitos anos (BANGERTH, 1978; BRAMLAGE et al., 1980; WANG; DILLEY, 2001; SCHUPP; GREENE, 2004; GREENE, 2005; AUTIO; BRAMLAGE, 1982; BYERS, 1997; AMARANTE et al., 2002; YILDIZ; OZTURK; OZKAN, 2012), embora, esse efeito não ocorra para algumas cultivares tardias como ‘Fuji’ (AMARANTE et al., 2002; PETRI et al., 2006; LURIE, 2008).

Figura 3 – Acidez titulável, intensidade de cor vermelha e massa de maçãs ‘Imperial Gala’ e ‘Royal Gala’, não tratadas (testemunha) e tratadas com 1-MCP_a (1-MCP aquoso) ou aminoetoxivinilglicina (AVG), em função da data de colheita. Os frutos foram colhidos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação do 1-MCP_a e analisados em 24 h após a colheita. Os pontos representam médias de 4 anos (n=16, 4 repetições x 4 anos). Os tratamentos AVG e 1-MCP_a foram aplicados 28 e 7 dias, respectivamente, antes da 1ª colheita.



A capacidade do 1-MCP_a retardar a maturação de maçãs na planta também tem sido demonstrada. A redução da produção de etileno e o retardamento da degradação do amido parecem ser os indicadores da maturação dos frutos mais frequentemente afetados pelo 1-MCP_a pulverizado em macieiras antes da colheita (ELFVING et al., 2007; YUAN; CARBAUGH, 2007; YUAN; LI, 2008; WATKINS et al., 2010). Redução da perda da firmeza da polpa de maçãs na planta pela pulverização de 1-MCP_a tem sido observada para ‘Golden Delicious’ (YUAN; CARBAUGH, 2007; McARTNEY et al., 2008). 1-MCP_a também pode diminuir ou não afetar o amolecimento da polpa de maçãs ‘Bisbee Delicious’, na planta, dependendo da dose e do ano (YUAN; LI, 2008) e de maçãs ‘Law Rome’, dependendo da região de produção (McARTNEY et al., 2008; 2009). Em contraste, a firmeza da polpa de maçãs ‘Delicious’, ‘McIntosh’, ‘Honeycrisp’ e ‘Cameo’, na planta, não foi afetada pela pulverização de 1-MCP_a (ELFVING et al., 2007; DeELL; MOGHADDAM, 2010; WATKINS et al., 2010).

Os dados médios de quatro anos do presente estudo indicam redução do acúmulo de SS pelo 1-MCP_a durante a maturação de maçãs ‘Imperial Gala’ e ‘Royal Gala’ na planta (Figura 2). No entanto, a maioria dos estudos anteriores indicam que 1-MCP_a não afeta ou, apenas excepcionalmente, reduz o teor de SS das maçãs durante a maturação na planta dependendo da cultivar, ano e região de produção (ELFVING et al., 2007; YUAN; LI, 2008; McARTNEY et al., 2008; DeELL; MOGHADDAM, 2010). Em contraste, aumento do teor de SS pelo 1-MCP_a foi observado em maçãs ‘McIntosh’ (WATKINS et al., 2010).

Assim como observado no presente estudo para maçãs ‘Imperial Gala’ e ‘Royal Gala’ (Figura 2, 1-MCP_a retardou o amarelecimento da epiderme em ‘Golden Delicious’ (YUAN; CARBAUGH, 2007; McARTNEY et al., 2008), mas não afetou o acúmulo de massa em maçãs ‘Golden Delicious’ e ‘Delicious’ (YUAN; CARBAUGH, 2007; YUAN; LI, 2008) nem a AT em maçãs ‘Delicious’ e ‘Cameo’ (ELFVING et al., 2007). A AT em maçãs ‘Honeycrisp’ não foi afetada ou foi excepcionalmente reduzida pelo 1-MCP_a dependendo da data de colheita e época de aplicação (DeELL; MOGHADDAM, 2010). Já, a intensidade de coloração avermelhada foi diminuída pelo 1-MCP_a em maçãs ‘Imperial Gala’ (Figura 3) e em ‘McIntosh’ (WATKINS et al., 2010), mas não foi significativamente afetada pelo 1-MCP_a em maçãs ‘Royal Gala’ (Figura 3) nem em ‘Delicious’ (YUAN; LI, 2008; WATKINS et al., 2010).

3.2 ESCALONAMENTO DA COLHEITA

A firmeza da polpa é um dos principais indicadores do estágio de maturação correspondente ao período ideal de colheita de maçãs destinadas a armazenagem (WARTKINS, 2003). Maçãs ‘Royal Gala’ produzidas na América do Norte apresentam máxima qualidade sensorial após curtos e longos períodos de armazenagem quando colhidas com firmeza da polpa de 93 a 77,4 N e de 84,6 a 69 N, respectivamente (PLOTTO et al., 1995). No período ideal de colheita, maçãs ‘Gala’ produzidas no Brasil devem possuir firmeza da polpa entre 84,4 e 75,6 N quando destinadas a armazenagem por período longo, e entre 75,5 e 66,7 N quando destinadas a armazenagem por período curto ou médio (ARGENTA; MONDARDO, 1994).

As variações da firmeza da polpa em função da data de colheita, descritas nesse estudo pelo número de dias após a aplicação do 1-MCP_a (DAAM), se ajustaram significativamente ($p < 0,001$) a modelos lineares de regressões (Anexo A), para ambas as cultivares e para os três tratamentos, independentemente do ano (Figura 1). Esses modelos lineares de regressões permitiram estimar o número de dias entre a data de aplicação do 1-MCP_a e as datas que os frutos atingiram firmeza da polpa de 75,6, 71,1 ou 66,7 N, correspondentes ao período de colheita comercial, para cada cultivar e ano (Tabela 2).

Tabela 2 – Número de dias para frutos não tratados (test.) e tratados com 1-MCP aquoso (MCP_a) ou aminoetoxivinilglicina (AVG) atingirem firmeza da polpa de 75,6, 71,1 ou 66,7 N na planta a partir do dia da aplicação do 1-MCP_a. Dados estimados pela análise de regressão da firmeza da polpa em função de dias após a aplicação do 1-MCP_a. Os valores entre parênteses indicam o tempo de retardamento da maturação (dias para atingir firmeza de 75,6, 71,1 ou 66,7 N) pelos tratamentos 1-MCP_a e AVG.

Ano	75,6 N			71,1 N			66,7 N		
	Test.	MCP _a	AVG	Test.	MCP _a	AVG	Test.	MCP _a	AVG
‘Imperial Gala’									
2007	9	14 (5)	18 (9)	13	18 (5)	25 (12)	16	23 (7)	32 (16)
2008	23	27 (4)	32 (9)	27	32 (5)	39 (12)	31	37 (6)	45 (14)
2009	13	17 (4)	22 (9)	18	24 (6)	32 (14)	23	30 (7)	41 (18)
2010	2	8 (6)	6 (4)	7	12 (5)	12 (5)	12	17 (5)	17 (5)
Média	12	16 (4)	20 (8)	16	22 (6)	27 (11)	20	27 (7)	34 (14)
‘Royal Gala’									
2007	8	12 (4)	18 (10)	15	20 (5)	26 (11)	22	28 (6)	35 (13)
2008	7	14 (7)	18 (11)	14	20 (6)	25 (11)	21	26 (5)	33 (12)
2009	8	11 (3)	11 (3)	13	17 (4)	18 (5)	18	24 (6)	24 (6)
2010	1	9 (8)	12 (11)	7	14 (7)	18 (11)	13	20 (7)	23 (10)
Média	6	11 (5)	15 (9)	12	18 (6)	22 (10)	19	25 (6)	29 (10)

Através das regressões lineares, estimou-se, por exemplo, que maçãs ‘Imperial Gala’ não tratadas (testemunha) e tratadas com 1-MCP_a ou AVG atingiriam firmeza da polpa de 71,1 N aos 16, 22 e 27 DAAM, respectivamente, considerando a média de 4 anos (Tabela 2). Dessa forma, se evidenciou que os tratamentos 1-MCP_a e AVG podem retardar a colheita de maçãs ‘Imperial Gala’ por 6 e 11 dias (média de 4 anos), se colhidas com firmeza da polpa de 71,1 N e por 7 e 14 dias, respectivamente, se colhidas com 66,7 N (Tabela 2). Semelhantemente, se evidenciou que os tratamentos 1-MCP_a e AVG podem retardar a colheita de maçãs ‘Royal Gala’ por 6 e 10 dias (média de 4 anos), respectivamente, se colhidas com firmeza da polpa de 71,1 N ou 66,7 N.

As análises de regressões para redução da firmeza da polpa em função da data de colheita também demonstraram que o retardamento da colheita pelos tratamentos 1-MCP_a e AVG variam entre anos e cultivares (pomares). Visando a colheita dos frutos com 71,1 N, 1-MCP_a retardou a colheita de ‘Imperial Gala’ por 5 a 6 dias e de ‘Royal Gala’ por 4 a 7 dias, enquanto AVG retardou a colheita de ‘Imperial Gala’ por 5 a 14 dias e de ‘Royal Gala’ por 5 a 11 dias, dependendo do ano. Visando a colheita dos frutos com 66,7 N, 1-MCP_a retardou a colheita de ambas as cultivares por 5 a 7 dias, enquanto AVG retardou a colheita de ‘Imperial Gala’ por 5 a 18 dias e de ‘Royal Gala’ por 6 a 13 dias dependendo do ano.

Assim, os resultados do presente estudo indicam que 1-MCP_a pulverizado às macieiras possibilita o atraso da colheita por até sete dias quando se deseja colher as maçãs tratadas com 1-MCP_a com a mesma firmeza da polpa das maçãs não tratadas (testemunhas). Por isso, 1-MCP_a possibilita o escalonamento da colheita de maçãs, assim como já demonstrado por pulverização com AVG (BYERS, 1997; GREENE, 2005; YILDIZ; OZTURK; OZKAN, 2012). O escalonamento da colheita pelo controle da maturação com reguladores de crescimento é uma importante maneira de prevenir a colheita de maçãs sobre-maduras, especialmente quando não há escalonamento por diversificação de cultivares, como é o caso do Brasil, e quando condições climáticas desfavoráveis e/ou insuficiência de mão de obra impedem a colheita no período ideal. A colheita de frutos sobre maduros implica em redução do potencial (tempo) de armazenagem e/ou aumento dos riscos de perda da produção durante a armazenagem por deterioração dos frutos. Adicionalmente, o escalonamento da colheita permite redução de custos de colheita e recepção dos frutos nos parques de armazenagem, classificação e empacotamento.

Estudos anteriores indicam que AVG retarda o início da colheita, baseando-se na análise da firmeza da polpa, em 7 a 10 dias para maçãs ‘McIntosh’ (STOVER et al., 2003) e 5

a 12 dias para maçãs ‘Gala’ (AMARANTE et al., 2002; PHAN-THIEN et al., 2004). ARGENTA et al., 2006 observaram um retardo na colheita com o uso do AVG de 8 a 18 dias dependendo da cultivar e ano.

3.3 ÍNDICES DE MATURAÇÃO E QUALIDADE DOS FRUTOS NA PLANTA, NO PERÍODO IDEAL DE COLHEITA, ESTIMADOS PELAS ANÁLISES DE REGRESSÕES

Assim como observado para firmeza da polpa, a variação dos demais indicadores da maturação e qualidade das maçãs em função da data de colheita, se ajustaram significativamente ($p < 0,05$) a modelos lineares de regressões (Anexo A, Figuras 1 a 3). Exceção ocorreu para as taxas respiratórias de maçãs ‘Royal Gala’ tratadas com AVG, que não variaram de forma linear ou quadrática em função da data de colheita (Figura 2). Os modelos lineares de regressões foram usados para estimar os índices de maturação e qualidade dos frutos de cada tratamento, cultivar e ano, nas datas (DAAM) que eles atingiram firmeza da polpa de 75,6, 71,1 ou 66,7 N (Tabelas 3 a 9), correspondentes ao período ideal (comercial) de colheita (ARGENTA; MONDARDO, 1994; PLOTTO et al., 1995).

Dessa forma, foi estimado, por exemplo, que os índices de amido de maçãs ‘Imperial Gala’ não tratadas e tratadas com 1-MCP_a ou AVG seriam 7,0, 6,0 e 5,8 (média de 4 anos), respectivamente, nas datas (estimadas pela análise de regressão) em que os frutos de cada tratamento atingissem firmeza da polpa de 75,6 N (Tabela 3). Da mesma forma, se estimou que maçãs ‘Royal Gala’ tratadas com 1-MCP_a ou AVG apresentariam menor índice de amido que maçãs não tratadas (testemunha) nas datas em que os frutos de cada tratamento atingissem firmeza da polpa de 75,6 ou 71,1 N. Maçãs não tratadas e tratadas com 1-MCP_a ou AVG teriam o mesmo índice de amido se colhidas tardiamente, quando a firmeza da polpa dos três tratamentos fosse 66,7 N, na maioria dos anos estudados.

As taxas de produção de etileno em maçãs ‘Imperial Gala’ tratadas com 1-MCP_a seriam semelhantes às de maçãs testemunhas, para a maioria dos anos, se as maçãs de ambos os tratamentos fossem colhidas com a mesma firmeza da polpa de 75,6, 71,1 ou 66,7 N (Tabela 4).

Em maçãs ‘Royal Gala’ tratadas com 1-MCP_a, as taxas de produção de etileno seriam frequentemente menores, dependendo do ano, que aquelas em maçãs testemunha, se ambas fossem colhidas com firmeza da polpa de 71,1 ou 66,7 N. Por outro lado, nas datas em que maçãs não tratadas e tratadas com AVG atingissem firmeza da polpa de 75,6, 71,1 ou 66,7 N,

as taxas de produção de etileno das maçãs tratadas com AVG seriam sempre menores que aquelas de maçãs não tratadas, independentemente da cultivar e do ano (Tabela 4).

Tabela 3 – Índices de amido (escores 1 a 9) de maçãs não tratadas (test.) e tratadas com 1-MCP aquoso (MCP_a) ou aminoetoxivinilglicina (AVG) quando a firmeza da polpa atingiu 75,6, 71,1 ou 66,7 N na planta, em quatro safras agrícolas. Dados estimados pela análise de regressão dos índices de amido em função de dias após a aplicação do 1-MCP_a. Os índices de amido foram determinados pela análise dos frutos em 24 h após a colheita.

Ano	75,6 N			71,1 N			66,7 N		
	Test.	MCP _a	AVG	Test.	MCP _a	AVG	Test.	MCP _a	AVG
‘Imperial Gala’									
2007	6,6	5,3	5,4	7,0	6,3	6,9	7,4	7,2	8,3
2008	7,5	6,2	6,4	8,1	6,7	7,4	8,7	7,3	8,3
2009	6,7	6,6	5,8	7,5	7,5	8,3	8,2	8,4	10,7
2010	7,1	6,0	5,7	7,4	6,5	6,3	7,7	7,0	6,9
Média	7,0	6,0	5,8	7,5	6,7	7,2	8,0	7,5	8,6
‘Royal Gala’									
2007	5,0	3,6	4,1	6,0	5,6	5,9	7,1	7,5	7,7
2008	7,1	5,8	5,3	7,6	6,8	6,9	8,2	7,8	8,4
2009	6,0	4,3	4,2	6,8	5,8	5,9	7,6	7,3	7,6
2010	8,5	7,6	5,8	8,6	7,8	6,5	8,7	8,1	7,2
Média	6,7	5,3	4,8	7,3	6,5	6,3	7,9	7,7	7,7

Tabela 4 – Taxas de produção de etileno ($\eta\text{Mol kg}^{-1} \text{h}^{-1}$) de maçãs não tratadas (test.) e tratadas com 1-MCP aquoso (MCP_a) ou aminoetoxivinilglicina (AVG) quando a firmeza da polpa atingiu 75,6, 71,1 ou 66,7 N na planta, em quatro safras agrícolas. Dados estimados pela análise de regressão das taxas de produção de etileno em função de dias após a aplicação do 1-MCP_a. As taxas de produção de etileno foram determinadas em 24 h após a colheita.

Ano	75,6 N			71,1 N			66,7 N		
	Test.	MCP _a	AVG	Test.	MCP _a	AVG	Test.	MCP _a	AVG
‘Imperial Gala’									
2007	29	39	20	52	55	35	75	71	49
2008	100	93	56	110	104	65	120	115	73
2009	66	60	19	75	67	28	84	74	38
2010	27	51	18	59	59	31	91	67	44
Média	55	61	28	74	71	40	93	82	51
‘Royal Gala’									
2007	24	24	15	47	48	24	69	72	33
2008	34	61	28	112	70	36	189	80	43
2009	52	38	21	62	42	26	72	46	30
2010	84	46	17	82	51	21	81	56	25
Média	48	42	20	76	53	27	103	63	33

Dados estimados pelas análises de regressões também mostram que maçãs de ambas as cultivares tratadas com 1-MCP_a apresentariam o mesmo índice de amarelecimento (cor de

fundo) que maçãs não tratadas (testemunha), se ambas fossem colhidas com a mesma firmeza da polpa (Tabela 5), apesar de maçãs tratadas com 1-MCP_a apresentarem índice de amarelecimento menor que o de maçãs não tratadas (testemunha), quando ambas foram colhidas na mesma data (DAAM) (Figura 2). Por outro lado, o índice de amarelecimento de maçãs ‘Royal Gala’ tratadas com AVG permaneceria ligeiramente menor (mais verde) que aquele de maçãs não tratadas (testemunha), se as maçãs de ambos os tratamentos fossem colhidas com a mesma firmeza da polpa (75,6, 71,1 ou 66,7 N). O mesmo é válido para maçãs ‘Imperial Gala’, se os frutos de ambos os tratamentos fossem colhidos com firmeza da polpa de 75,6 N.

Tabela 5 – Índices de cor de fundo (escores 1 a 5) de maçãs não tratadas (test.) e tratadas com 1-MCP aquoso (MCP_a) ou aminoetoxivinilglicina (AVG), quando a firmeza da polpa atingiu 75,6, 71,1 ou 66,7 N na planta, em quatro safras agrícolas. Dados estimados pela análise de regressão dos índices de cor de fundo em função de dias após a aplicação do 1-MCP_a. Os índices de cor de fundo foram determinados pela análise dos frutos em 24 h após a colheita.

Ano	75,6 N			71,1 N			66,7 N		
	Test.	MCP _a	AVG	Test.	MCP _a	AVG	Test.	MCP _a	AVG
‘Imperial Gala’									
2007	3,3	3,1	2,8	3,5	3,5	3,2	3,8	3,8	3,6
2008	4,6	4,4	4,2	4,8	4,7	4,7	5,0	5,0	5,3
2009	3,6	3,6	3,3	4,0	4,0	4,0	4,4	4,4	4,7
Média	3,8	3,7	3,4	4,1	4,0	4,0	4,4	4,4	4,5
‘Royal Gala’									
2007	2,7	2,6	2,6	3,2	3,2	2,9	3,7	3,8	3,2
2008	4,1	3,9	3,3	4,4	4,2	3,8	4,7	4,6	4,2
2009	3,6	3,2	2,9	3,9	3,7	3,5	4,3	4,3	4,2
Média	3,5	3,2	2,9	3,8	3,7	3,4	4,2	4,2	3,9

Embora maçãs de ambas as cultivares tratadas com 1-MCP_a ou AVG tenham apresentado teores de SS menores que aqueles de maçãs testemunha, quando colhidas numa mesma data (DAAM) (Figura 2), frequentemente, dependendo do ano, não haveria diferença entre os três tratamentos quanto ao teor de SS, se os frutos de todos os três tratamentos fossem colhidos com a mesma firmeza da polpa (75,6, 71,1 ou 66,7 N) (Tabela 6).

Maçãs ‘Imperial Gala’ tratadas com 1-MCP_a ou AVG teriam menor AT (7 a 16,5%) que aquelas não tratadas se os frutos dos três tratamentos fossem colhidos com a mesma firmeza da polpa de 75,6, 71,1 ou 66,7 N (Tabela 7). Semelhantemente, maçãs ‘Royal Gala’ tratadas com AVG teriam menor AT (3 a 7,5%) que maçãs testemunha, se ambas, testemunha e AVG, fossem colhidas com firmeza da polpa de 71,1 ou 66,7 N.

Tabela 6 – Teores de sólidos solúveis (%) de maçãs não tratadas (test.) e tratadas com 1-MCP aquoso (MCP_a) ou aminoetoxivinilglicina (AVG), quando a firmeza da polpa atingiu 75,6, 71,1 ou 66,7 N na planta, em quatro safras agrícolas. Dados estimados pela análise de regressão dos teores de sólidos solúveis em função de dias após a aplicação do 1-MCP_a. Os teores de sólidos solúveis foram determinados pela análise dos frutos em 24 h após a colheita.

Ano	75,6 N			71,1 N			66,7 N		
	Test.	MCP _a	AVG	Test.	MCP _a	AVG	Test.	MCP _a	AVG
‘Imperial Gala’									
2007	11,6	11,1	11,1	11,6	11,3	11,5	11,7	11,5	11,8
2008	14,3	13,7	14,2	14,8	14,2	15,1	15,3	14,6	15,9
2009	12,1	11,9	11,8	12,4	12,1	12,6	12,6	12,4	13,4
2010	11,4	11,8	11,5	11,8	12,2	11,9	12,2	12,5	12,4
Média	12,4	12,1	12,2	12,7	12,4	12,8	13,0	12,8	13,4
‘Royal Gala’									
2007	11,4	11,0	11,4	11,8	11,8	12,1	12,2	12,5	12,7
2008	12,2	12,1	12,0	12,5	12,5	12,7	12,8	12,9	13,4
2009	11,6	11,1	11,0	11,9	11,6	11,6	12,2	12,2	12,3
2010	10,5	11,4	11,6	11,1	11,8	12,0	11,6	12,3	12,3
Média	11,4	11,4	11,5	11,8	11,9	12,1	12,2	12,5	12,7

Tabela 7 – Acidez titulável (%) de maçãs não tratadas (test.) e tratadas com 1-MCP aquoso (MCP_a) ou aminoetoxivinilglicina (AVG), quando a firmeza da polpa atingiu 75,6, 71,1 ou 66,7 N na planta, em quatro safras agrícolas. Dados estimados pela análise de regressão da acidez titulável em função de dias após a aplicação do 1-MCP_a. A acidez titulável foi determinada pela análise dos frutos em 24 h após a colheita.

Ano	75,6 N			71,1 N			66,7 N		
	Test.	MCP _a	AVG	Test.	MCP _a	AVG	Test.	MCP _a	AVG
‘Imperial Gala’									
2007	0,317	0,300	0,278	0,304	0,282	0,251	0,292	0,265	0,224
2008	0,453	0,375	0,384	0,437	0,348	0,372	0,421	0,321	0,360
2009	0,342	0,339	0,310	0,328	0,306	0,274	0,314	0,272	0,238
2010	0,361	0,354	0,350	0,358	0,345	0,341	0,356	0,335	0,333
Média	0,368	0,342	0,330	0,357	0,320	0,309	0,346	0,298	0,288
‘Royal Gala’									
2007	0,304	0,293	0,284	0,288	0,281	0,265	0,272	0,269	0,246
2008	0,370	0,347	0,336	0,350	0,324	0,320	0,330	0,302	0,303
2009	0,309	0,301	0,289	0,293	0,277	0,269	0,276	0,252	0,249
2010	0,281	0,301	0,293	0,276	0,291	0,279	0,271	0,281	0,266
Média	0,316	0,310	0,300	0,302	0,293	0,283	0,287	0,276	0,266

Maçãs ‘Royal Gala’ e ‘Imperial Gala’ tratadas com 1-MCP_a teriam intensidade de cor vermelha semelhante a de maçãs testemunhas, se ambas fossem colhidas com a mesma firmeza da polpa de 75,6, 71,1 ou 66,7 N (Tabela 8). Entretanto, maçãs ‘Royal Gala’ tratadas com AVG teriam menor intensidade de cor vermelha que maçãs testemunhas se ambas fossem colhidas com firmeza da polpa de 75,6 ou 71,1 N. O mesmo é válido para maçãs

‘Imperial Gala’ colhidas com firmeza da polpa de 75,6 N. Esse efeito negativo do AVG sobre a intensidade de cor vermelha não ocorreria se maçãs tratadas e não tratadas fossem colhidas tardiamente, com firmeza da polpa de 66,7 N.

Tabela 8 – Intensidade de cor vermelha (%) de maçãs não tratadas (test.) e tratadas com 1-MCP aquoso (MCP_a) ou aminoetoxivinilglicina (AVG), quando a firmeza da polpa atingiu 75,6, 71,1 ou 66,7 N na planta, em quatro safras agrícolas. Dados estimados pela análise de regressão da intensidade de cor vermelha em função de dias após a aplicação do 1-MCP_a. A intensidade de cor vermelha foi determinada pela análise dos frutos em 24 h após a colheita.

Ano	75,6 N			71,1 N			66,7 N		
	Test.	MCP _a	AVG	Test.	MCP _a	AVG	Test.	MCP _a	AVG
‘Imperial Gala’									
2007	59	58	51	63	63	56	67	68	61
2008	79	78	75	79	80	82	80	83	88
2009	68	67	63	74	76	84	80	86	105
2010	68	69	58	72	74	65	76	79	72
Média	69	68	62	72	73	72	76	79	82
‘Royal Gala’									
2007	49	47	45	55	55	52	62	64	60
2008	71	72	65	75	75	72	79	78	80
2009	63	57	45	68	67	59	73	77	73
2010	59	58	53	63	63	57	67	67	61
Média	60	58	52	65	65	60	70	72	68

A massa das maçãs tratadas e não tratadas com 1-MCP_a ou AVG não diferiram, quando comparadas numa mesma data de colheita (Figura 3). Se as maçãs testemunhas e tratadas com 1-MCP_a ou AVG, de ambas as cultivares, fossem colhidas nas datas quando a firmeza da polpa atingisse 75,6, 71,1 ou 66,7 N, aquelas tratadas com 1-MCP_a ou AVG teriam maior massa que as testemunhas na maioria dos anos (Tabela 9). Considerando a média dos quatro anos, os aumentos da massa devidos ao tratamento 1-MCP_a seriam de 2,4 e 2,2% para ‘Imperial Gala’ e de 3,1 e 5,1% para ‘Royal Gala’ colhidas com firmeza da polpa de 75,6 e 66,7 N, respectivamente, enquanto os aumentos da massa devidos ao tratamento AVG seriam de 6,1 e 7,0% para ‘Imperial Gala’ e de 7,1 e 7,5% para ‘Royal Gala’ colhidas com firmeza da polpa de 75,6 e 66,7 N, respectivamente (Tabela 9). Esses resultados evidenciam que aumento da massa de maçãs associado aos tratamentos 1-MCP_a e AVG pode ocorrer apenas quando há escalonamento da colheita. Segundo Greene (2002, 2006), a massa de maçãs pode aumentar em até 1% a cada dia de atraso da colheita de maçãs.

Em resumo, os dados das análises de regressões indicam que maçãs tratadas com 1-MCP_a ou AVG podem apresentar índice de amido, taxa de produção de etileno e acidez

titulável ligeiramente inferiores e maior massa que aqueles de maçãs testemunhas, quando os frutos dos três tratamentos forem colhidos com a mesma firmeza da polpa. Adicionalmente, maçãs tratadas com AVG podem apresentar cor de fundo menos amarelecida e menor intensidade de cor vermelha que maçãs testemunhas, quando os frutos de ambos os tratamentos forem colhidos com a mesma firmeza da polpa. Esses resultados indicam que o sincronismo da maturação das maçãs na planta pode ser levemente alterado pelo 1-MCP_a e AVG, dependendo da cultivar, ano e época (precoce ou tardia) de colheita dos frutos, assim como demonstrado em outros estudos.

Tabela 9 – Massa (g) de maçãs não tratadas (test.) e tratadas com 1-MCP aquoso (MCP_a) ou aminoetoxivinilglicina (AVG), quando a firmeza da polpa atingiu 75,6, 71,1 ou 66,7 N na planta, em quatro safras agrícolas. Dados estimados pela análise de regressão da massa em função de dias após a aplicação do 1-MCP_a. A massa foi determinada pela análise dos frutos em 24 h após a colheita.

Ano	75,6 N			71,1 N			66,7 N		
	Test.	MCP _a	AVG	Test.	MCP _a	AVG	Test.	MCP _a	AVG
‘Imperial Gala’									
2007	137	141	151	140	144	149	142	147	148
2008	131	132	138	136	136	142	140	139	146
2009	145	151	157	149	155	167	153	160	178
2010	141	144	144	145	147	148	148	151	153
Média	139	142	147	142	146	152	146	149	156
‘Royal Gala’									
2007	135	136	142	138	144	147	140	153	152
2008	124	126	132	126	129	139	128	132	145
2009	140	145	146	145	149	147	150	153	148
2010	140	149	157	144	154	161	149	158	165
Média	135	139	144	138	144	148	142	149	153

O tratamento pré-colheita com AVG pode afetar mais a degradação do amido, o amarelecimento e o desenvolvimento da cor vermelha que a firmeza da polpa em maçãs ‘Gala’ (AMARANTE et al., 2002; ARGENTA et al., 2006). Semelhantemente, os efeitos do AVG são maiores pela redução da produção de etileno e a degradação do amido que pelo retardamento da perda de firmeza da polpa durante a maturação de maçãs ‘Pink Lady’ e ‘Gala’ na planta (PHAN-THIEN et al., 2004). Déficit no acúmulo de antocianinas e menor degradação da clorofila na epiderme de maçãs tratadas com AVG também foram reportados por Greene (2005) e Lurie (2008). O etileno é crucial para a regulação do desenvolvimento da coloração da epiderme em maçãs (LANCASTER, 1992), estando relacionado ao desencadeamento da expressão de genes da biossíntese de antocianinas (AWAD; JAGER,

2002). Segundo Awad e Jager (2002), o AVG pode atrasar ou inibir a expressão de tais genes, resultando em forte atraso e diminuição da coloração avermelhada da epiderme dos frutos.

Efeitos do 1-MCP_a aplicado antes da colheita também não foram uniformes para todos os índices da maturação e qualidade de maçãs de outras cultivares, conforme demonstrado por estudos anteriores (ELFVING et al., 2007; McARTNEY et al., 2008; YUAN; LI, 2008; WATKINS et al., 2010). O 1-MCP_a pode reduzir a produção de etileno e retardar a degradação do amido sem afetar a perda de firmeza da polpa de maçãs ‘Delicious’, ‘McIntosh’ e ‘Cameo’ (ELFVING et al., 2007; WATKINS et al., 2010). O desenvolvimento da cor vermelha é reduzido, enquanto a firmeza da polpa não é afetada pelo 1-MCP_a aplicado em maçãs ‘McIntosh’ antes da colheita (WATKINS et al., 2010). Ao contrário, o 1-MCP_a pode retardar a perda de firmeza da polpa, mas não o desenvolvimento da coloração avermelhada durante a maturação de maçãs ‘Bisbee Delicious’ na planta, indicando que o escalonamento da colheita com 1-MCP_a pode resultar em maçãs com a mesma firmeza da polpa, mas mais avermelhadas (YUAN; LI, 2008).

3.4 QUEDA PRÉ-COLHEITA DE FRUTOS

Diminuição significativa da queda pré-colheita de maçãs ‘Royal Gala’ ocorreu no 28° DAAM devido ao tratamento 1-MCP_a e no 21° e 28° DAAM devido ao tratamento AVG (Figura 4). Apesar da queda pré-colheita de maçãs ‘Royal Gala’ ter sido retardada pelos tratamentos 1-MCP_a e AVG ao longo do 7° ao 28° DAAM, estimou-se que a quantidade acumulada de frutos caídos das plantas testemunha seria menor que aquelas das plantas tratadas com 1-MCP_a ou AVG, nas datas em que a firmeza da polpa dos frutos de todos os tratamentos atingissem a mesma firmeza da polpa de 75,6, 71,1 ou 66,7 N (Figura 4/Tabela 10). Esse resultado mostra que não há aumento da produção (em número de frutos) pelos tratamentos 1-MCP_a ou AVG, se maçãs de plantas não tratadas (testemunhas) fossem colhidas num mesmo estágio de maturação (mesma firmeza da polpa) que maçãs de plantas tratadas com 1-MCP_a ou AVG.

Retardamento da queda pré-colheita pelo tratamento MCP_a também foi reportado para maçãs ‘Delicious’ e ‘Golden Delicious’ (YUAN; CARBAUGH, 2007; YUAN; LI, 2008; ELFVING et al., 2007; McARTNEY et al., 2008), mas não para maçãs ‘Cameo’ (ELFVING et al., 2007). Os efeitos do 1-MCP_a sobre a prevenção da queda pré-colheita observados no presente estudo (Figura 4) foram menores que aqueles observados para ‘Delicious’ e

‘McIntosh’ (WATKINS et al., 2010), embora, ao contrário, os efeitos do 1-MCP_a sobre mudanças de firmeza da polpa dos frutos na planta observados no presente estudo (Figura 1) tenham sido maiores que aqueles observados para ‘Delicious’ e ‘McIntosh’ (WATKINS et al., 2010).

Figura 4 – Queda acumulada (%) de frutos de plantas não tratadas (testemunha) e tratadas com 1-MCP aquoso (1-MCP_a) ou aminoetoxivinilglicina (AVG), em função da data de colheita. Os frutos foram recolhidos do chão e contados aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação do 1-MCP aquoso (MCP_a). Os pontos representam médias de 4 anos (n=16, 4 repetições x 4 anos), na cultivar ‘Royal Gala’.

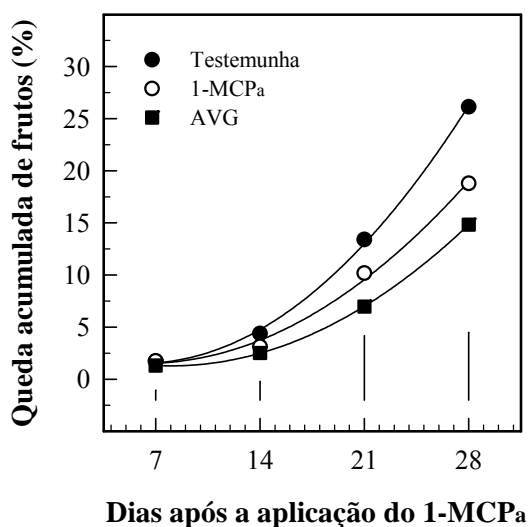


Tabela 10 – Queda acumulada (%) de frutos de plantas não tratadas (test.) e tratadas com 1-MCP aquoso (MCP_a) ou aminoetoxivinilglicina (AVG), quando a firmeza da polpa dos frutos atingiu 75,6, 71,1 ou 66,7 N na planta, em quatro safras agrícolas. Dados estimados pela análise de regressão da percentagem acumulada de frutos caídos em função de dias após a aplicação do 1-MCP_a, na cultivar ‘Royal Gala’.

Ano	75,6 N			71,1 N			66,7 N		
	Test.	MCP _a	AVG	Test.	MCP _a	AVG	Test.	MCP _a	AVG
2007	1,2	0,4	2,0	2,9	4,0	7,7	11,5	13,1	17,8
2008	0,0	5,4	6,1	10,0	13,7	14,4	20,0	25,8	25,8
2009	2,4	3,6	2,7	3,1	6,5	5,2	7,1	11,9	11,7
2010	1,5	0,8	0,8	1,1	2,1	2,5	3,1	5,9	6,1
Média	1,3	2,6	2,9	4,3	6,6	7,4	10,4	14,2	15,4

Segundo Ward et al. (1999) e Yuan e Carbaugh (2007), a queda pré-colheita de maçãs é decorrente da ação do etileno, que aumenta a síntese e atividade de poligalacturonases e celulases, importantes enzimas hidrolíticas envolvidas na degradação de paredes celulares e subsequentemente na abscisão de frutos e folhas. Dessa forma, com a redução do etileno nos tecidos em resposta à aplicação de 1-MCP_a e AVG, esperava-se obter redução significativa da

queda de frutos em pré-colheita. Apesar dos resultados obtidos evidenciarem a redução das taxas de produção de etileno em maçãs ‘Imperial Gala’ e ‘Royal Gala’ tratadas com 1-MCP_a ou AVG, em comparação a plantas não tratadas, não foi verificada redução na mesma proporção na queda de frutos, quando considerados os frutos com a mesma firmeza da polpa na colheita.

3.5 QUALIDADE DOS FRUTOS APÓS A ARMAZENAGEM

Maçãs tratadas com 1-MCP_a ou AVG mantiveram, após a armazenagem sob AC, maior firmeza da polpa que maçãs não tratadas, dependendo da data de colheita e da cultivar (Figura 5), assim como observado na colheita. Entretanto, as diferenças entre frutos tratados e não tratados com 1-MCP_a ou AVG quanto à firmeza da polpa foram reduzidas durante a armazenagem sob Ar, dependendo da data de colheita (Figura 5).

Análises de regressão (dos coeficientes angulares) (Anexo C) indicam que os efeitos de data de colheita sobre a firmeza da polpa após a armazenagem (Figura 5) frequentemente se mantiveram semelhantes àqueles observados na colheita (Anexo A), isso significa que a perda de firmeza da polpa durante a armazenagem normalmente independe da data de colheita. É igual para todas as datas. No entanto, os efeitos de data de colheita sobre a firmeza da polpa diminuíram após a armazenagem, em relação àqueles observados na colheita, para maçãs ‘Royal Gala’ não tratadas (testemunha) e armazenadas sob Ar ou AC e para maçãs ‘Imperial Gala’ não tratadas (testemunha) e armazenadas sob Ar, indicando que a perda de firmeza da polpa dos frutos colhidos precocemente foi maior que dos frutos colhidos tardiamente. Ao contrário, os efeitos de data de colheita sobre a firmeza da polpa excepcionalmente aumentaram após a armazenagem, em relação àqueles observados na colheita, para maçãs de ambas as cultivares tratadas com 1-MCP_a e armazenadas sob AC ou sob AC+MCP_g, e para maçãs ‘Imperial Gala’ tratadas com AVG e armazenadas sob AC, indicando que a perda de firmeza da polpa dos frutos colhidos tardiamente foi maior que dos frutos colhidos precocemente.

Diferentemente do que foi observado na colheita, maçãs ‘Imperial Gala’ tratadas com 1-MCP_a ou AVG não diferiram de maçãs não tratadas quanto ao teor de SS após a armazenagem, independentemente da data de colheita e atmosfera de armazenagem (Figura 6). Da mesma forma, os efeitos do ponto de colheita sobre o teor de SS foram claramente diminuídos durante a armazenagem. Esses resultados demonstram que o teor de SS nos frutos

tratados com 1-MCP_a ou AVG aumentou, durante a armazenagem, mais que nos frutos não tratados, quando colhidos precocemente, no 7º e 14º DAAM. Por outro lado, frutos testemunha perderam mais SS durante a armazenagem que frutos 1-MCP_a ou AVG, quando colhidos 28 DAAM.

Assim como observado na colheita, a AT normalmente não diferiu entre os tratamentos, para ambas as cultivares, com algumas exceções, dependendo da data de colheita e atmosfera de armazenagem (Figura 7). Ao contrário do que foi observado na colheita, quando ocorreram diferenças entre tratamentos a AT foi menor para frutos não tratados (testemunha).

Figura 5 – Firmeza da polpa de maçãs ‘Imperial Gala’ e ‘Royal Gala’, após a armazenagem, em função da data de colheita. Dados de frutos não tratados (testemunha) e tratados com 1-MCP aquoso (1-MCP_a) ou aminoetoxivinilglicina (AVG) antes da colheita. Frutos analisados após a armazenagem sob atmosfera do ar (Ar) ou AC, mais 7 dias sob Ar a 22°C. Os dados representam médias de 4 anos (n=16, 4 repetições x 4 anos) para Ar e 2 anos (n=8, 4 repetições x 2 anos) para AC. Parte dos frutos armazenados sob atmosfera controlada (AC) foram tratados com gás 1-MCP um dia após a colheita (+ MCP_g).

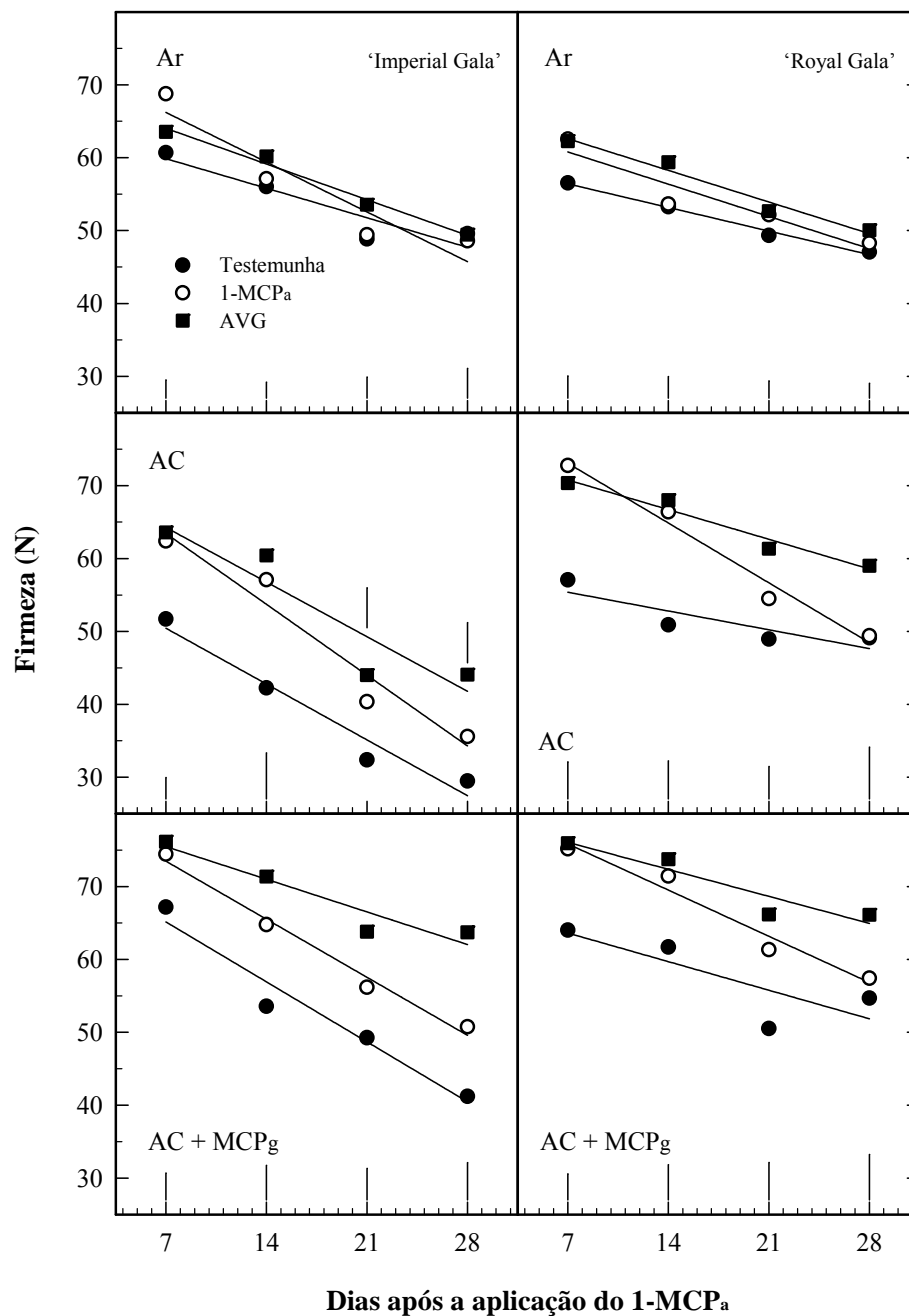


Figura 6 – Teor de sólidos solúveis em maçãs ‘Imperial Gala’ após a armazenagem. Dados de frutos não tratados (testemunha) e tratados com 1-MCP aquoso (MCP_a) ou aminoetoxivinilglicina (AVG) antes da colheita. Frutos analisados após a armazenagem sob atmosfera do ar (Ar) ou AC, mais 7 dias sob Ar a 22°C. Os dados representam médias de 4 anos (n=16, 4 repetições x 4 anos) para Ar e 2 anos (n=8, 4 repetições x 2 anos) para AC. Parte dos frutos armazenados sob atmosfera controlada (AC) foram tratados com gás 1-MCP um dia após a colheita (+ MCP_g).

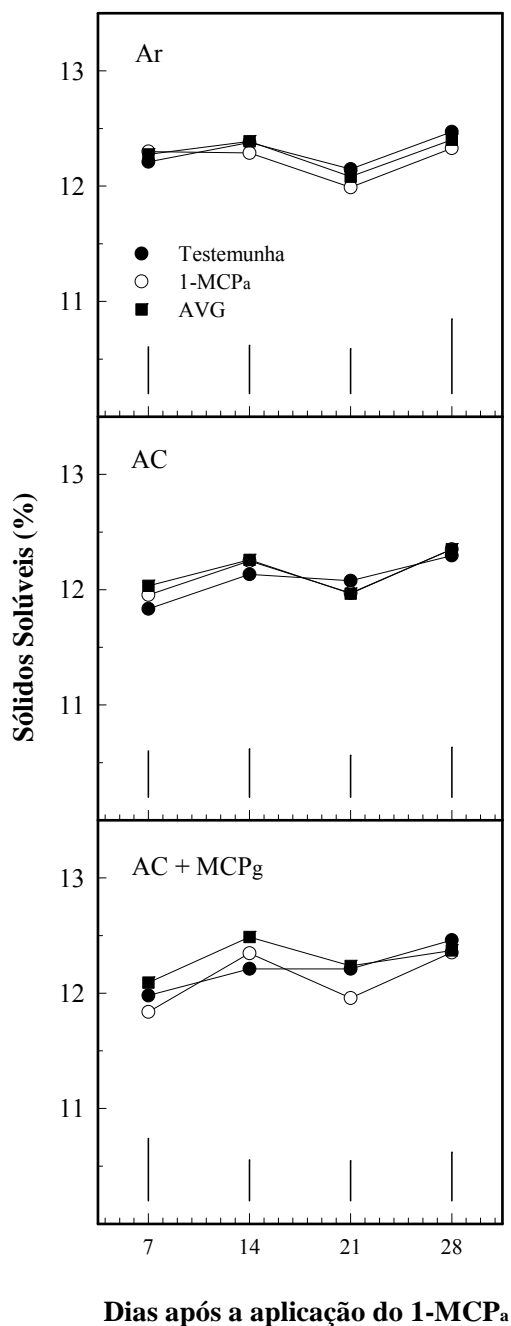
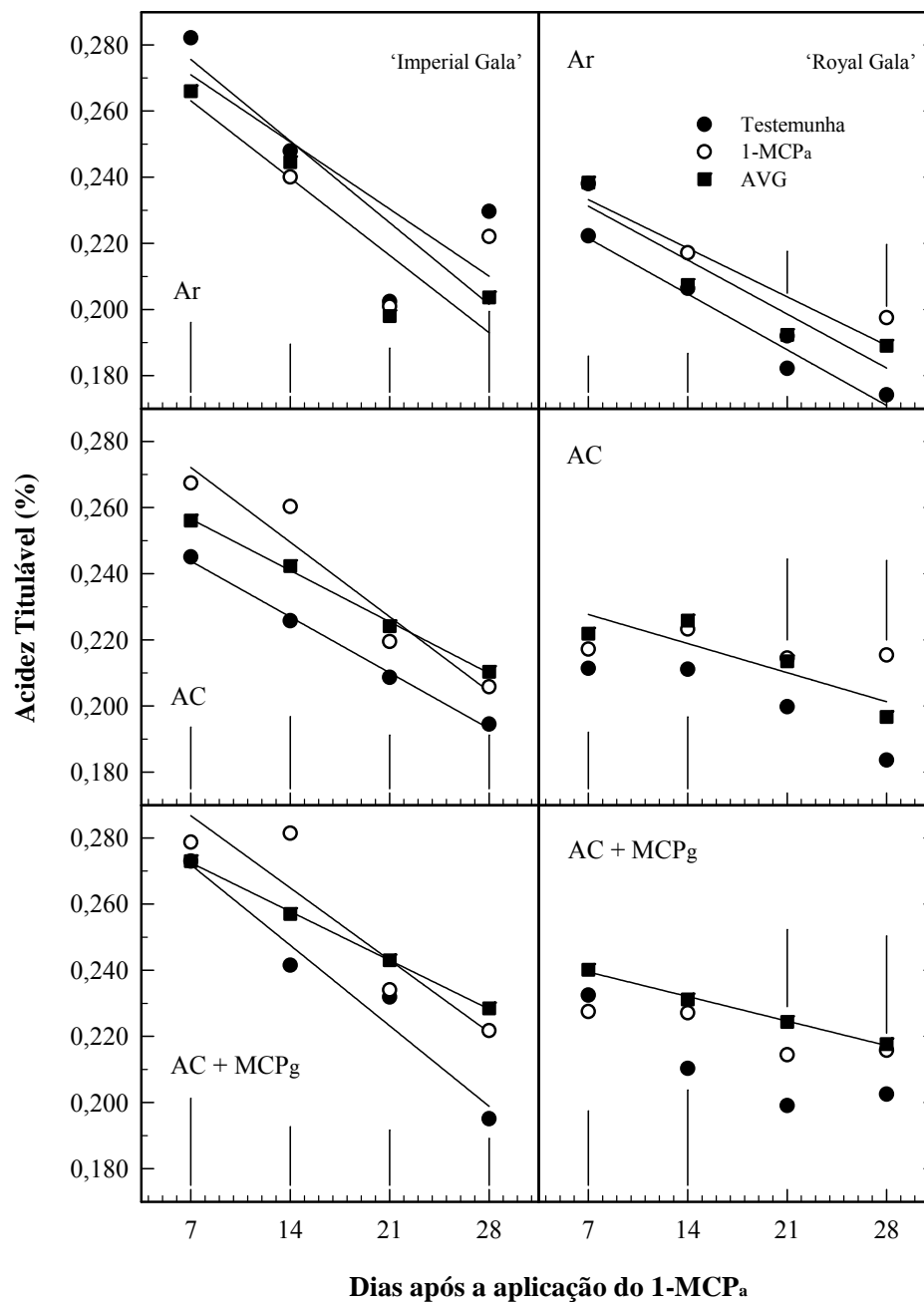


Figura 7 – Acidez titulável de maçãs ‘Imperial Gala’ e ‘Royal Gala’ após a armazenagem. Dados de frutos não tratados (testemunha) e tratados com 1-MCP aquoso (1-MCP_a) ou aminoetoxivinilglicina (AVG) antes da colheita. Frutos analisados após a armazenagem sob atmosfera do ar (Ar) ou AC, mais 7 dias sob Ar a 22°C. Os dados representam médias de 4 anos (n=16, 4 repetições x 4 anos) para Ar e 2 anos (n=8, 4 repetições x 2 anos) para AC. Parte dos frutos armazenados sob atmosfera controlada (AC) foram tratados com gás 1-MCP um dia após a colheita (+ MCP_g).



O escurecimento interno, a rachadura senescente e as podridões foram os principais distúrbios observados nas maçãs de ambas as cultivares após a armazenagem (Figuras 8, 9 e 10). A severidade desses distúrbios dependeu da data de colheita, da combinação atmosfera e tempo de armazenagem, dos tratamentos 1-MCP_a e AVG e da cultivar.

Colheita tardia resultou em aumento do escurecimento interno das maçãs de ambas as cultivares, especialmente quando armazenadas por 7 meses sob AC (Figura 8). Frutos de ambas as cultivares tratados com 1-MCP_a e AVG desenvolveram menos escurecimento interno durante a armazenagem sob AC que os frutos testemunha, especialmente quando colhidos no 21° ou no 28° DAAM, independentemente da aplicação pós-colheita do gás 1-MCP (1-MCP_g). Esse efeito do 1-MCP_a e AVG também ocorreu para ‘Imperial Gala’ colhidas no 14° DAAM quando armazenadas sob Ar. Menor severidade do escurecimento interno devido ao tratamento AVG também foi observado para ‘Imperial Gala’ colhidas no 28° DAAM e para ‘Royal Gala’ colhidas no 21° DAAM quando armazenadas sob Ar.

Maçãs de ambas as cultivares armazenadas sob Ar por 4 meses desenvolveram menos escurecimento interno que aquelas armazenadas sob AC por 7 meses, quando colhidos no 21° ou 28° DAAM ($p < 0,01$), independentemente dos tratamentos 1-MCP_a e AVG. O mesmo é válido para maçãs não tratadas, colhidas no 14° DAAM. Esse resultado evidencia o tempo de armazenagem em ambiente refrigerado tem papel importante sobre o desenvolvimento de escurecimento da polpa de maçãs ‘Gala’. Isso está de acordo com a observação de que o escurecimento da polpa em maçãs ‘Gala’ pode ser, em parte, uma expressão de dano por frio (BRAKMANN; ARGENTA; MAZARO, 1996).

A incidência de rachadura senescente aumentou com o retardamento da colheita em maçãs ‘Imperial Gala’ e ‘Royal Gala’ armazenadas sob Ar e em ‘Imperial Gala’ armazenadas sob AC, tanto em frutas não tratadas quanto em frutas tratadas com 1-MCP_a e AVG (Figura 9). Tratamentos AVG resultaram em menor incidência de rachadura senescente em frutos colhidos no 28° DAAM para ambas as cultivares armazenadas sob Ar e para ‘Imperial Gala’ armazenadas sob AC. O 1-MCP_a reduziu a incidência de rachaduras em maçãs ‘Royal Gala’ colhidas no 21° e 28° DAAM e armazenadas sob Ar e em maçãs ‘Imperial Gala’ colhidas no 21° DAAM e armazenadas sob AC. Rachaduras senescentes em maçãs ‘Imperial Gala’, associadas à colheita tardia, foram reduzidas pelo tratamento pós-colheita com 1-MCP_g, independentemente do tratamento pré-colheita com 1-MCP_a ou AVG ($p < 0,01$).

Colheita tardia das maçãs de ambas as cultivares também resultou em maior severidade de podridões (Figura 10). Maçãs ‘Royal Gala’ tratadas com 1-MCP_a ou AVG

desenvolveram menos podridões que maçãs não tratadas quando colhidas 28 DAAM, independentemente da atmosfera de armazenagem e do tratamento pós-colheita 1-MCP_g. O mesmo ocorreu para maçãs ‘Imperial Gala’ armazenadas sob AC, mas não tratadas com 1-MCP_g.

Maçãs ‘Imperial Gala’ desenvolveram mais escurecimento interno e rachadura senescente que maçãs ‘Royal Gala’ ($p < 0,01$) quando não tratadas com 1-MCP_g e armazenadas sob AC (Figuras 8 e 9). Ao contrário, maçãs ‘Royal Gala’ desenvolveram mais podridões que maçãs ‘Imperial Gala’ ($p < 0,01$) quando colhidas tardiamente, 28 DAAM, independentemente da atmosfera de armazenagem (Figura 10).

Figura 8 – Severidade de escurecimento interno em maçãs ‘Imperial Gala’ e ‘Royal Gala’ após a armazenagem. Dados de frutos não tratados (testemunha) e tratados com 1-MCP aquoso (1-MCP_a) ou aminoetoxivinilglicina (AVG) antes da colheita. Frutos analisados após a armazenagem sob atmosfera do ar (Ar) ou AC, mais 7 dias sob Ar a 22°C. Os dados representam médias de 4 anos (n=16, 4 repetições x 4 anos) para Ar e 2 anos (n=8, 4 repetições x 2 anos) para AC. Parte dos frutos armazenados sob atmosfera controlada (AC) foram tratados com gás 1-MCP um dia após a colheita (+ MCP_g).

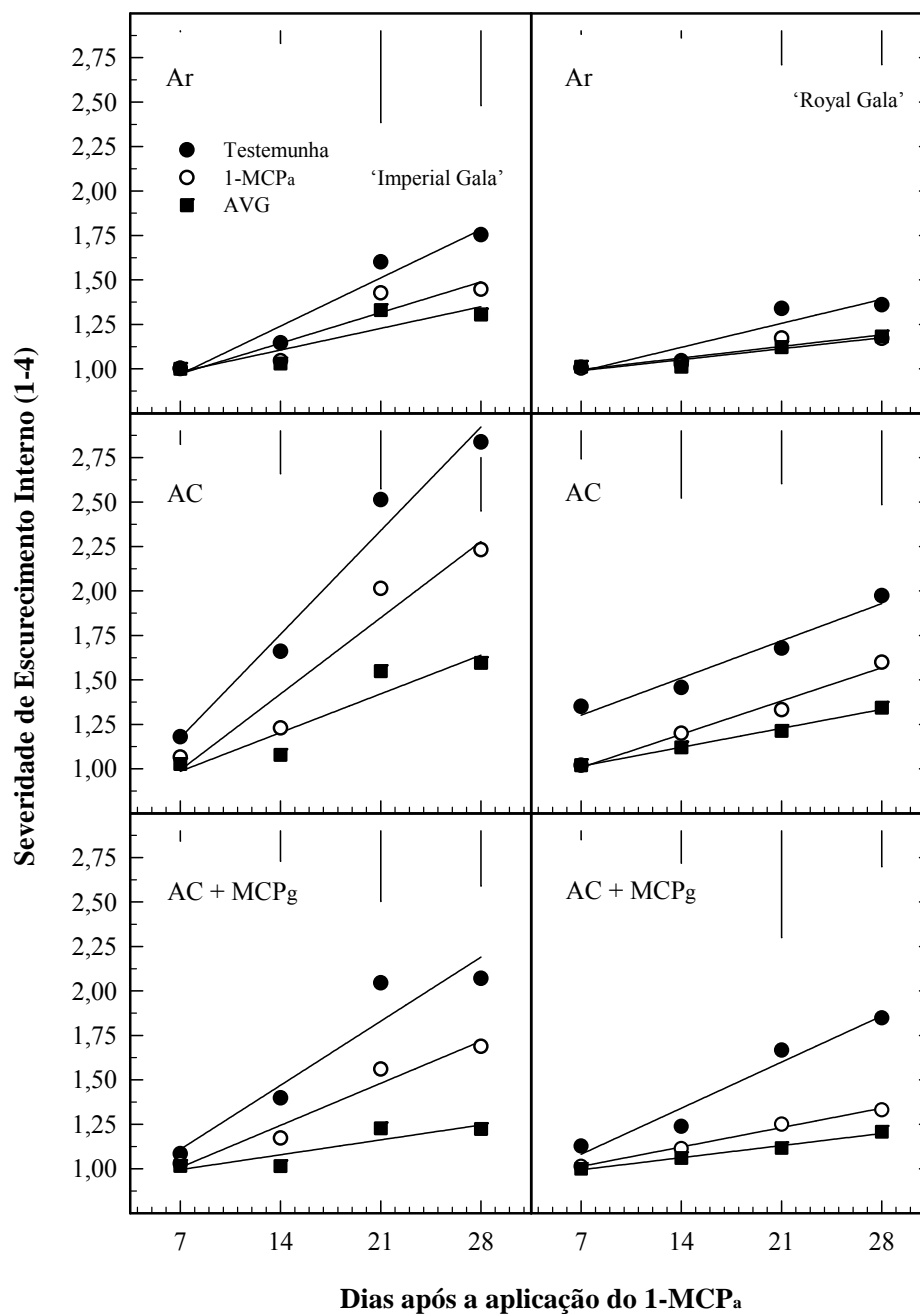


Figura 9 – Severidade de rachaduras em maçãs ‘Imperial Gala’ e ‘Royal Gala’ após a armazenagem. Dados de frutos não tratados (testemunha) e tratados com 1-MCP aquoso (1-MCP_a) ou aminoetoxivinilglicina (AVG) antes da colheita. Frutos analisados após a armazenagem sob atmosfera do ar (Ar) ou AC, mais 7 dias sob Ar a 22°C. Os dados representam médias de 4 anos (n=16, 4 repetições x 4 anos) para Ar e 2 anos (n=8, 4 repetições x 2 anos) para AC. Parte dos frutos armazenados sob atmosfera controlada (AC) foram tratados com gás 1-MCP um dia após a colheita (+ MCP_g).

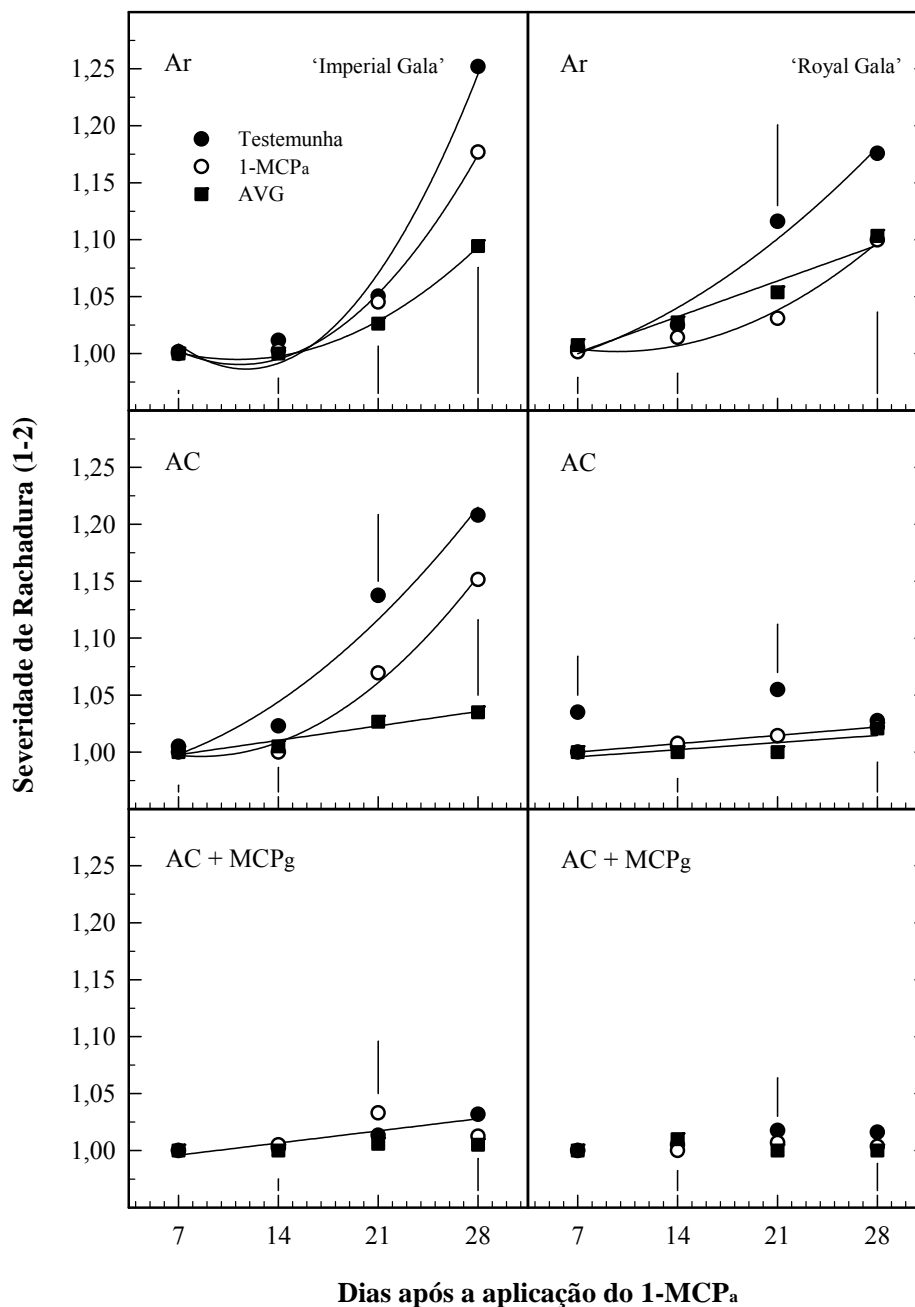
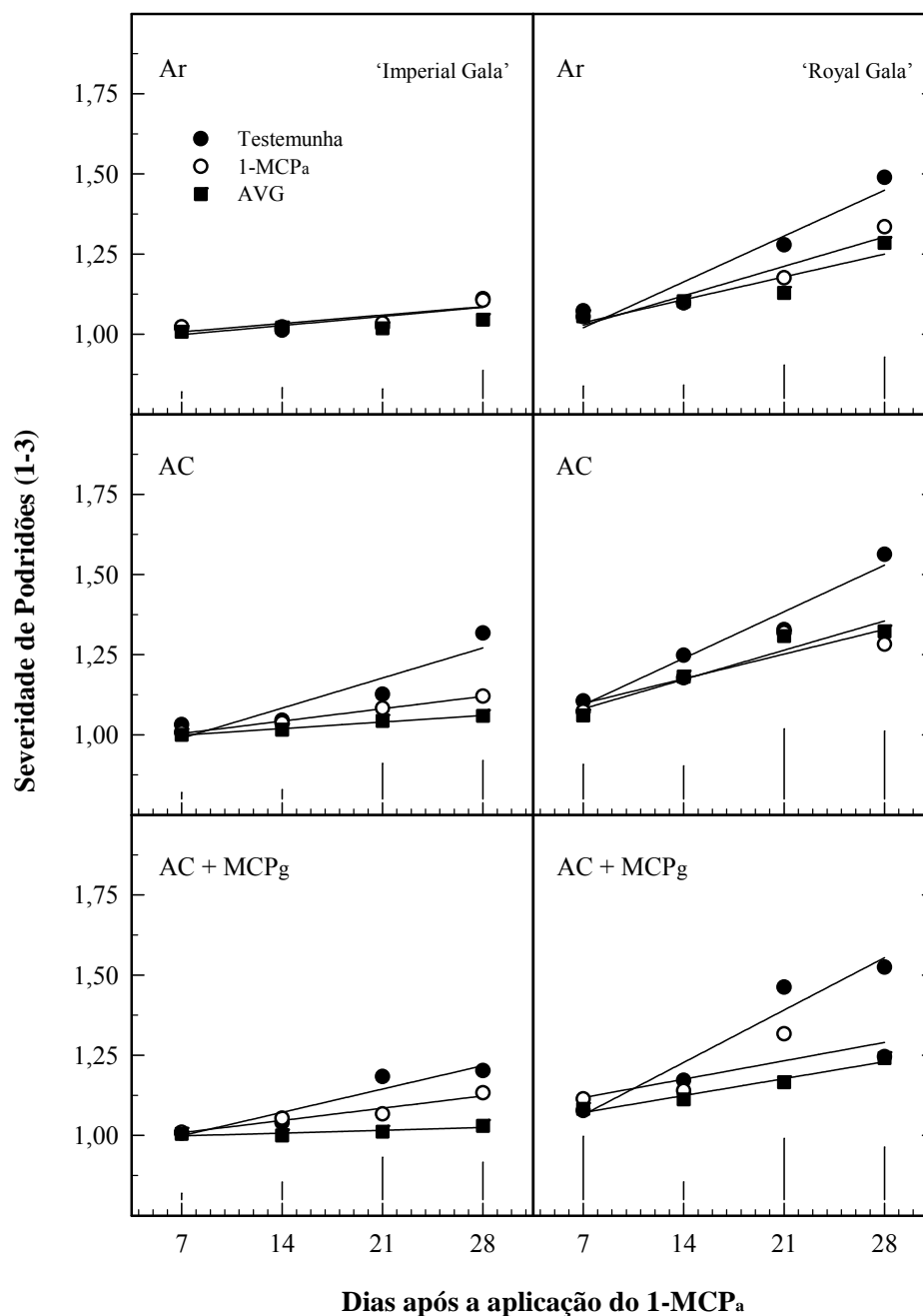


Figura 10 – Severidade de podridões em maçãs ‘Imperial Gala’ e ‘Royal Gala’ após a armazenagem. Dados de frutos não tratados (testemunha) e tratados com 1-MCP aquoso (1-MCP_a) ou aminoetoxivinilglicina (AVG) antes da colheita. Frutos analisados após a armazenagem sob atmosfera do ar (Ar) ou AC, mais 7 dias sob Ar a 22°C. Os dados representam médias de 4 anos (n=16, 4 repetições x 4 anos) para Ar e 2 anos (n=8, 4 repetições x 2 anos) para AC. Parte dos frutos armazenados sob atmosfera controlada (AC) foram tratados com gás 1-MCP um dia após a colheita (+ MCP_g).



3.6 ÍNDICES DE QUALIDADE DOS FRUTOS APÓS A ARMAZENAGEM, PARA O PERÍODO IDEAL DE COLHEITA, ESTIMADOS PELAS ANÁLISES DE REGRESSÕES

Modelos lineares e quadráticos de regressões também foram usados para estimar os índices de qualidade das maçãs após a armazenagem, para cada tratamento, cultivar, ano e atmosfera de armazenagem, nas datas (DAAM) que elas atingiram firmeza da polpa de 75,6, 71,1 ou 66,7 N na planta (Tabelas 11 a 20).

Maçãs ‘Imperial Gala’ e ‘Royal Gala’ tratadas com 1-MCP_a e AVG teriam, após 4 meses de armazenagem sob Ar, firmeza da polpa semelhante ou ligeiramente inferior (média de 4 anos) a de maçãs testemunhas, se os frutos dos três tratamentos fossem colhidos com a mesma firmeza da polpa de 71,1 ou 66,7 N (Tabela 11). Ao contrário, maçãs ‘Royal Gala’ e ‘Imperial Gala’ tratadas com 1-MCP_a e AVG teriam, após 7 meses de armazenagem sob AC, firmeza da polpa superior a de maçãs testemunhas, se os frutos dos três tratamentos fossem colhidos com a mesma firmeza da polpa de 75,6, independentemente do tratamento pós-colheita com 1-MCP_g (Tabela 12). O mesmo é válido para maçãs de ambas as cultivares, se colhidas com a mesma firmeza da polpa de 71,1 N e tratadas após a colheita com 1-MCP_g, e para maçãs ‘Royal Gala’ colhidas com 71,1 N, não tratadas com 1-MCP_g.

Se as maçãs testemunhas e tratadas com 1-MCP_a ou AVG de ambas as cultivares fossem colhidas com a mesma firmeza da polpa de 66,7 N, aquelas tratadas com AVG teriam maior firmeza da polpa que as testemunhas após 7 meses de armazenagem sob AC, quando tratadas com 1-MCP_g após a colheita (Tabela 12). O mesmo é válido para ‘Royal Gala’ não tratadas com 1-MCP_g. Entretanto, maçãs testemunhas e tratadas com 1-MCP_a de ambas as cultivares teriam a firmeza da polpa semelhantes após 7 meses de armazenagem sob AC se colhidas com a mesma firmeza da polpa de 66,7 N, independentemente do tratamento pós colheita com 1-MCP_g.

Em resumo, após a armazenagem, maçãs tratadas com 1-MCP_a apresentariam firmeza da polpa semelhante àquela de maçãs não tratadas (testemunha) se os frutos de ambos os tratamentos fossem colhidos com a mesma firmeza da polpa (75,6, 71,1 ou 66,7 N) e armazenadas sob Ar. Mas, a firmeza da polpa pós-armazenagem de maçãs tratadas com 1-MCP_a seria superior àquela de maçãs não tratadas (testemunha), se os frutos de ambos os tratamentos fossem colhidos com a mesma firmeza da polpa de 75,6 N e armazenadas sob AC, ou semelhante àquela de maçãs não tratadas (testemunha) se os frutos de ambos os tratamentos fossem colhidos com a mesma firmeza da polpa de 66,7 N e armazenadas sob

AC, independentemente do tratamento pós-colheita com 1-MCP_g. Os efeitos do AVG sobre a firmeza da polpa pós-armazenagem foram semelhantes a esses descritos para 1-MCP_a, a exceção para frutos colhidos com firmeza da polpa de 66,7 N, tratados com 1-MCP_g e armazenados sob AC, os quais apresentariam maior conservação pós-colheita da firmeza da polpa se tratados com AVG.

Os resultados do presente estudo mostram que os tratamentos pré-colheita com 1-MCP_a e AVG em maçãs ‘Imperial Gala’ e ‘Royal Gala’ não afetam a taxa de amolecimento da polpa durante a armazenagem sob Ar, mas podem reduzir a taxa de amolecimento da polpa durante a armazenagem sob AC, especialmente quando colhidas precocemente (ex: 75,6 N).

Menor perda de firmeza da polpa durante a armazenagem devido ao tratamento pré-colheita com AVG foi reportado para maçãs ‘Delicious’ (WILLIAMS, 1980; DRAKE et al., 2006), ‘Golden Delicious’ (HALDER-DOLL; BANGERTH, 1987), ‘Cox's Orange Pippin’ (JOHNSON; COLGAN, 2003) e ‘Gala’ (DRAKE et al., 2006; AMARANTE; STEFFENS, 2009), mas não para ‘McIntosh’, ‘Spartan’ e ‘Spencer’ (BRAMLAGE et al., 1980). Diferenças de firmeza da polpa entre maçãs tratadas e não tratadas com AVG que podem ocorrer na colheita permanecem as mesmas ou aumentam após a armazenagem, dependendo do pomar, ano, atmosfera de armazenagem e da aplicação pós-colheita de 1-MCP_g (ARGENTA et al., 2006; DRAKE et al., 2006; ROBINSON et al., 2006).

Semelhantemente, estudos anteriores demonstram que tratamento pré-colheita com 1-MCP_a pode reduzir o amolecimento da polpa de maçãs após a colheita, dependendo da cultivar, tempo entre data de aplicação do 1-MCP_a e data de colheita dos frutos, atmosfera de armazenagem e aplicação de 1-MCP_g após a colheita. Benefício do 1-MCP_a aplicado antes da colheita sobre a conservação pós-colheita da firmeza da polpa é maior após a armazenagem sob AC que após a armazenagem sob Ar, para maçãs ‘McIntosh’ e ‘Delicious’, ou não é consistentemente afetado pela atmosfera de armazenagem para maçãs ‘Cameo’ e ‘Golden Delicious’ (ELFVING et al., 2007; McARTNEY et al., 2008; WATKINS et al., 2010). Adicionalmente, os benefícios do tratamento 1-MCP_a, sobre a firmeza da polpa de maçãs após a armazenagem, são reduzidos ou desaparecem quando maçãs são tratadas com 1-MCP_g logo após a colheita (ELFVING et al., 2007, WATKINS et al., 2010), ou quando há retardamento da colheita a partir da data de aplicação do 1-MCP_a, de 7 para 21 dias (WATKINS et al., 2010) ou de 14 para 21 dias (McARTNEY et al., 2008). Benefícios do 1-MCP_a sobre a conservação pós-colheita não ocorrem em maçãs ‘Law Rome’ quando colhidas com mais de 3 dias de atraso, a partir da data de aplicação do 1-MCP_a (McARTNEY et al., 2009). 1-MCP_a

reduz o amolecimento da polpa de maçãs ‘Honeycrisp’ durante a armazenagem apenas quando colhidas brevemente após sua pulverização às plantas (DeELL; MOGHADDAM, 2010).

Maçãs ‘Imperial Gala’ tratadas com AVG apresentariam, após a armazenagem, AT reduzida em 15%, 21% e 27% (média dos 4 anos) em relação àquelas de maçãs não tratadas (testemunha), se os frutos de ambos os tratamentos fossem colhidos com a mesma firmeza da polpa de 75,6, 71,1 ou 66,7 N, respectivamente, e armazenadas sob Ar (Tabela 13). Da mesma forma, maçãs ‘Royal Gala’ tratadas com AVG apresentariam, após a armazenagem, AT reduzida em 4%, 7,8% e 12% (média dos 4 anos) em relação àquelas de maçãs não tratadas (testemunha) se os frutos de ambos os tratamentos fossem colhidos com a mesma firmeza da polpa de 75,6, 71,1 ou 66,7 N, respectivamente, e armazenadas sob Ar (Tabela 13). Esse efeito do AVG sobre a AT após a armazenagem também foi observado, embora com menor intensidade, para maçãs ‘Imperial Gala’ armazenadas sob AC, independentemente do tratamento com 1-MCP_g, mas não foi observado para maçãs ‘Royal Gala’.

Maçãs ‘Imperial Gala’ tratadas com 1-MCP_a também teriam AT reduzidas em 7% e 15% após a armazenagem sob Ar, em relação às maçãs não tratadas (testemunha), se os frutos de ambos os tratamentos fossem colhidos com a mesma firmeza da polpa de 75,6 ou 66,7 N, respectivamente. Quando armazenadas sob AC, maçãs ‘Imperial Gala’ tratadas com 1-MCP_a teriam AT reduzidas em aproximadamente 4% em relação às maçãs não tratadas (testemunha), apenas se os frutos de ambos os tratamentos fossem colhidos tardiamente com a mesma firmeza da polpa de 66,7 N (Tabela 14). Por outro lado, maçãs ‘Royal Gala’ tratadas com 1-MCP_a teriam AT semelhante à de maçãs não tratadas se os frutos de ambos os tratamentos fossem colhidos com a mesma firmeza da polpa de 75,6 a 66,7 N e armazenadas sob Ar (Tabela 13) ou semelhante e superior à de maçãs não tratadas, se os frutos de ambos os tratamentos fossem colhidos com a mesma firmeza da polpa de 75,6 e 66,7 N, respectivamente, e armazenados sob AC (Tabela 14).

As severidades do escurecimento da polpa em maçãs ‘Royal Gala’ e ‘Imperial Gala’ tratadas com 1-MCP_a e AVG seriam semelhantes às de maçãs testemunhas, se os frutos dos três tratamentos fossem colhidos com a mesma firmeza da polpa de 75,6, 71,1 ou 66,7 N, e armazenados sob Ar (Tabela 15). Entretanto, maçãs ‘Royal Gala’ tratadas com 1-MCP_a e AVG teriam menor escurecimento da polpa que maçãs testemunhas se os frutos dos três tratamentos fossem colhidos com firmeza da polpa de 71,1 ou 66,7 N e armazenados sob AC, independentemente do tratamento com 1-MCP_g (Tabela 16). O mesmo é válido para ‘Royal

Gala' colhidas com 75,6 N, armazenadas sob AC, e não tratadas com 1-MCP_g. Adicionalmente, maçãs 'Imperial Gala' tratadas com AVG teriam menos escurecimento da polpa que as testemunhas, se ambas fossem colhidas com a mesma firmeza da polpa de 71,1 ou 66,7 N, independentemente do tratamento com 1-MCP_g.

A severidade de rachaduras senescentes não seria afetada pelos tratamentos 1-MCP_a e AVG se os frutos não tratados e tratados com 1-MCP_a e AVG fossem colhidos com a mesma firmeza da polpa (Tabelas 17 e 18), com algumas exceções. A severidade de rachaduras em maçãs 'Imperial Gala' tratadas com 1-MCP_a ou AVG seria maior que aquela das maçãs não tratadas (testemunha), se os frutos de todos os tratamentos fossem colhidos com firmeza da polpa de 71,1 ou 66,7 N e armazenados sob Ar (média de 4 anos) (Tabela 17). Ao contrário, maçãs 'Imperial Gala' tratadas com AVG teriam menos rachaduras senescentes que maçãs testemunha, se os frutos de ambos os tratamentos fossem colhidos com firmeza da polpa de 71,1 ou 66,7 N, não tratados com 1-MCP_g e armazenados sob AC (Tabela 18).

A severidade de podridões em maçãs de ambas as cultivares também não seria afetada (média de todos os anos) pelos tratamentos 1-MCP_a e AVG, se os frutos não tratados e tratados com 1-MCP_a e AVG fossem colhidos com a mesma firmeza da polpa e armazenados sob Ar ou AC (Tabelas 19 e 20). Exceção ocorreu para maçãs 'Royal Gala' tratadas com 1-MCP_a ou AVG, as quais apresentariam menor severidade de podridões que as testemunhas se os frutos dos três tratamentos fossem colhidos com a mesma firmeza da polpa de 66,7 N, tratados com 1-MCP_g e armazenados sob AC.

Estudos anteriores apontam que a incidência dos distúrbios 'polpa amarronzada' e 'coração amarronzado' podem aumentar durante a armazenagem sob AC, quando maçãs 'McIntosh', 'Spartan' (BRAMLAGE et al., 1980; ROBINSON et al., 2006) e 'Cox's Orange Pippin' (JOHNSON; COLGAN, 2003) são tratadas com AVG antes da colheita. Por outro lado, D'aquino et al. (2010) verificaram diminuição do escurecimento interno de peras tratadas com AVG na pré-colheita, justificando tal resposta ao 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. Aplicação pré-colheita de 1-MCP_a reduz o desenvolvimento de 'polpa amarronzada' e 'escaldadura senescente' em maçãs 'Honeycrisp' (DeELL; MOGHADDAM, 2010) e peras 'Bartlett' (VILLALOBOS-ACUNÃ et al., 2010).

Tabela 11 – Firmeza da polpa (N) de maçãs ‘Imperial Gala’ e ‘Royal Gala’, após a armazenagem sob atmosfera do ar (Ar) estimada por análise de regressão em função das datas de colheita. Os valores foram estimados para as datas de colheita em que os frutos de cada ano, cultivar e tratamento, atingiram firmeza da polpa de 75,6, 71,1 ou 66,7 N na planta, em quatro safras agrícolas. As datas que os frutos atingiram firmeza da polpa de 75,6, 71,1 ou 66,7 N na planta também foram estimadas por análises de regressão da firmeza da polpa em função da data de colheita. Dados de frutos não tratados (test.) e tratados com 1-MCP aquoso (MCP_a) ou aminoetoxivinilglicina (AVG) antes da colheita. Frutos foram analisados quanto à firmeza da polpa um dia após a colheita e após a armazenagem sob Ar mais 7 dias sob Ar a 22°C.

Ano	75,6 N			71,1 N			66,7 N		
	Test.	MCP _a	AVG	Test.	MCP _a	AVG	Test.	MCP _a	AVG
‘Imperial Gala’									
2007	50,3	53,0	47,0	47,4	47,6	42,5	44,5	42,1	37,9
2008	62,1	50,0	62,5	59,7	43,7	58,3	57,2	37,3	54,1
2009	57,9	60,2	56,1	56,7	56,4	51,9	55,4	52,6	47,7
2010	53,1	54,0	51,0	50,4	48,4	45,3	47,6	42,9	39,6
Média	55,9	54,3	54,1	53,5	49,0	49,5	51,2	43,7	44,8
‘Royal Gala’									
2007	52,3	50,8	49,7	49,3	48,0	44,8	46,4	45,2	39,9
2008	62,1	62,3	66,0	56,6	55,5	56,4	51,2	48,6	46,8
2009	59,3	60,9	59,6	57,0	56,8	57,4	54,7	52,6	55,2
2010	52,8	59,3	54,8	51,7	55,9	52,9	50,5	52,6	51,0
Média	56,6	58,3	57,5	53,6	54,0	52,9	50,7	49,8	48,2

Tabela 12 – Firmeza da polpa (N) de maçãs ‘Imperial Gala’ e ‘Royal Gala’, após a armazenagem sob atmosfera controlada (AC) estimada por análise de regressão em função das datas de colheita. Os valores foram estimados para as datas de colheita em que os frutos de cada ano, cultivar e tratamento atingiram firmeza da polpa de 75,6, 71,1 ou 66,7 N na planta, em quatro safras agrícolas. As datas que os frutos atingiram firmeza da polpa de 75,6, 71,1 ou 66,7 N na planta também foram estimadas por análises de regressão da firmeza da polpa em função da data de colheita. Dados de frutos não tratados (test.) e tratados com 1-MCP aquoso (MCP_a) ou aminoetoxivinilglicina (AVG) antes da colheita. Parte dos frutos foram tratados com gás 1-MCP (+ MCP_g) um dia após a colheita. Frutos foram analisados quanto a firmeza da polpa um dia após a colheita e após a armazenagem sob AC mais 7 dias sob atmosfera do ar (Ar) a 22°C.

Ano	75,6 N			71,1 N			66,7 N		
	Test.	MCP _a	AVG	Test.	MCP _a	AVG	Test.	MCP _a	AVG
‘Imperial Gala’									
2007	50,1	56,0	54,8	44,9	48,6	44,7	39,7	41,1	34,5
2009	43,1	48,0	47,7	39,6	40,3	41,0	36,2	32,6	34,3
Média	46,6	52,0	51,3	42,2	44,4	42,9	37,9	36,9	34,4
‘Royal Gala’									
2007	55,2	67,1	64,6	52,5	57,5	59,6	49,9	48,0	54,7
‘Imperial Gala’, + MCP _g									
2007	63,2	68,7	69,6	57,9	61,5	63,4	52,6	54,3	57,1
2009	58,9	60,3	66,2	55,5	55,5	62,4	52,2	50,7	58,7
Média	61,0	64,5	67,9	56,7	58,5	62,9	52,4	52,5	57,9
‘Royal Gala’, + MCP _g									
2007	63,3	71,2	70,4	59,3	63,8	65,9	55,2	56,4	61,4

Tabela 13 – Acidez titulável (%) de maçãs ‘Imperial Gala’ e ‘Royal Gala’, após a armazenagem sob atmosfera do ar (Ar), estimada por análise de regressão em função das datas de colheita. Os valores foram estimados para as datas de colheita em que os frutos de cada ano, cultivar e tratamento atingiram firmeza da polpa de 75,6, 71,1 ou 66,7 N na planta, em quatro safras agrícolas. As datas que os frutos atingiram firmeza da polpa de 75,6, 71,1 ou 66,7 N na planta também foram estimadas por análises de regressão da firmeza da polpa em função da data de colheita. Dados de frutos não tratados (test.) e tratados com 1-MCP aquoso (MCP_a) ou aminoetoxivinilglicina (AVG) antes da colheita. Frutos foram analisados quanto à firmeza da polpa um dia após a colheita e após a armazenagem sob Ar, mais 7 dias sob Ar a 22°C.

Ano	75,6 N			71,1 N			66,7 N		
	Test.	MCP _a	AVG	Test.	MCP _a	AVG	Test.	MCP _a	AVG
‘Imperial Gala’									
2007	0,230	0,222	0,206	0,220	0,208	0,192	0,210	0,193	0,178
2008	0,320	0,241	0,248	0,296	0,208	0,219	0,273	0,174	0,190
2009	0,216	0,226	0,191	0,205	0,213	0,161	0,194	0,200	0,131
2010	0,200	0,208	0,178	0,179	0,176	0,143	0,159	0,144	0,108
Média	0,242	0,224	0,206	0,225	0,201	0,179	0,209	0,178	0,152
‘Royal Gala’									
2007	0,218	0,213	0,206	0,210	0,211	0,190	0,201	0,208	0,174
2008	0,308	0,269	0,266	0,263	0,244	0,236	0,219	0,218	0,207
2009	0,191	0,207	0,199	0,181	0,188	0,178	0,172	0,168	0,156
2010	0,172	0,202	0,183	0,169	0,174	0,156	0,166	0,145	0,129
Média	0,222	0,223	0,213	0,206	0,204	0,190	0,189	0,185	0,166

Tabela 14 – Acidez titulável (%) de maçãs ‘Imperial Gala’ e ‘Royal Gala’, após a armazenagem sob atmosfera controlada (AC), estimada por análise de regressão em função das datas de colheita. Os valores foram estimados para as datas de colheita em que os frutos de cada ano, cultivar e tratamento atingiram firmeza da polpa de 75,6, 71,1 ou 66,7 N na planta, em quatro safras agrícolas. As datas que os frutos atingiram firmeza da polpa de 75,6, 71,1 ou 66,7 N na planta também foram estimadas por análises de regressão da firmeza da polpa em função da data de colheita. Dados de frutos não tratados (test.) e tratados com 1-MCP aquoso (MCP_a) ou aminoetoxivinilglicina (AVG) antes da colheita. Parte dos frutos foram tratados com gás 1-MCP (+ MCP_g) um dia após a colheita. Frutos foram analisados quanto a firmeza da polpa um dia após a colheita e quanto à acidez, após a armazenagem sob AC, mais 7 dias sob atmosfera do ar (Ar) a 22°C.

Ano	75,6 N			71,1 N			66,7 N		
	Test.	MCP _a	AVG	Test.	MCP _a	AVG	Test.	MCP _a	AVG
‘Imperial Gala’									
2007	0,223	0,220	0,212	0,212	0,210	0,197	0,200	0,199	0,182
2009	0,248	0,267	0,245	0,240	0,240	0,223	0,233	0,214	0,200
Média	0,235	0,243	0,228	0,226	0,225	0,210	0,216	0,206	0,191
‘Royal Gala’									
2007	0,214	0,219	0,213	0,204	0,217	0,202	0,194	0,215	0,191
‘Imperial Gala’, + MCP _g									
2007	0,243	0,239	0,234	0,231	0,228	0,222	0,220	0,217	0,210
2009	0,273	0,279	0,256	0,260	0,255	0,232	0,246	0,230	0,207
Média	0,258	0,259	0,245	0,245	0,241	0,227	0,233	0,224	0,209
‘Royal Gala’, + MCP _g									
2007	0,226	0,225	0,227	0,216	0,219	0,218	0,206	0,213	0,209

Tabela 15 – Severidade de escurecimento interno (escala 1 a 4) em maçãs ‘Imperial Gala’ e ‘Royal Gala’, após a armazenagem sob atmosfera do ar (Ar), estimada por análise de regressão em função das datas de colheita. Os valores foram estimados para as datas de colheita em que os frutos de cada ano, cultivar e tratamento atingiram firmeza da polpa de 75,6, 71,1 ou 66,7 N na planta, em quatro safras agrícolas. As datas que os frutos atingiram firmeza da polpa de 75,6, 71,1 ou 66,7 N na planta também foram estimadas por análises de regressão da firmeza da polpa em função da data de colheita. Dados de frutos não tratados (test.) e tratados com 1-MCP aquoso (MCP_a) ou aminoetoxivinilglicina (AVG) antes da colheita. Frutos foram analisados quanto a firmeza da polpa um dia após a colheita e quanto a severidade de escurecimento interno, após a armazenagem sob Ar, mais 7 dias sob Ar a 22°C.

Ano	75,6 N			71,1 N			66,7 N		
	Test.	MCP _a	AVG	Test.	MCP _a	AVG	Test.	MCP _a	AVG
‘Imperial Gala’									
2007	1,19	1,41	1,52	1,52	1,72	1,87	1,86	2,03	2,21
2008	1,06	1,16	1,13	1,06	1,20	1,16	1,07	1,25	1,20
2009	1,01	1,00	1,01	1,01	1,00	1,02	1,01	1,00	1,02
2010	1,14	1,19	1,13	1,33	1,34	1,23	1,51	1,50	1,34
Média	1,10	1,19	1,20	1,23	1,32	1,32	1,36	1,44	1,44
‘Royal Gala’									
2007	1,00	1,06	1,05	1,12	1,16	1,11	1,27	1,26	1,18
2008	1,00	1,07	1,03	1,13	1,11	1,05	1,28	1,15	1,07
2009	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2010	1,03	1,03	1,09	1,21	1,15	1,25	1,39	1,28	1,40
Média	1,01	1,04	1,04	1,11	1,11	1,10	1,23	1,17	1,16

Tabela 16 – Severidade de escurecimento interno (escala 1 a 4) em maçãs ‘Imperial Gala’ e ‘Royal Gala’, após a armazenagem sob atmosfera controlada (AC), estimada por análise de regressão em função das datas de colheita. Os valores foram estimados para as datas de colheita em que os frutos de cada ano, cultivar e tratamento atingiram firmeza da polpa de 75,6, 71,1 ou 66,7 N na planta, em quatro safras agrícolas. As datas que os frutos atingiram firmeza da polpa de 75,6, 71,1 ou 66,7 N na planta também foram estimadas por análises de regressão da firmeza da polpa em função da data de colheita. Dados de frutos não tratados (test.) e tratados com 1-MCP aquoso (MCP_a) ou aminoetoxivinilglicina (AVG) antes da colheita. Parte dos frutos foram tratados com gás 1-MCP (+ MCP_g) um dia após a colheita. Frutos foram analisados quanto a firmeza da polpa um dia após a colheita e quanto à severidade de escurecimento interno, após a armazenagem sob AC, mais 7 dias sob atmosfera do ar (Ar) a 22°C.

Ano	75,6 N			71,1 N			66,7 N		
	Test.	MCP _a	AVG	Test.	MCP _a	AVG	Test.	MCP _a	AVG
‘Imperial Gala’									
2007	1,49	1,52	1,46	1,82	1,84	1,76	2,16	2,16	2,05
2009	1,53	1,48	1,26	1,87	1,83	1,46	2,22	2,17	1,66
Média	1,51	1,50	1,36	1,85	1,83	1,61	2,19	2,17	1,86
‘Royal Gala’									
2007	1,32	1,14	1,18	1,53	1,36	1,31	1,75	1,58	1,44
‘Imperial Gala’, + MCP _g									
2007	1,36	1,33	1,17	1,60	1,52	1,28	1,83	1,71	1,39
2009	1,18	1,24	1,10	1,30	1,41	1,18	1,41	1,58	1,26
Média	1,27	1,28	1,14	1,45	1,46	1,23	1,62	1,65	1,32
‘Royal Gala’, + MCP _g									
2007	1,10	1,09	1,10	1,37	1,22	1,18	1,64	1,35	1,26

Tabela 17 – Severidade de rachaduras (escala 1 a 2) em maçãs ‘Imperial Gala’ e ‘Royal Gala’, após a armazenagem sob atmosfera do ar (Ar), estimada por análise de regressão em função das datas de colheita. Os valores foram estimados para as datas de colheita em que os frutos de cada ano, cultivar e tratamento atingiram firmeza da polpa de 75,6, 71,1 ou 66,7 N na planta, em quatro safras agrícolas. As datas que os frutos atingiram firmeza da polpa de 75,6, 71,1 ou 66,7 N na planta também foram estimadas por análises de regressão da firmeza da polpa em função da data de colheita. Dados de frutos não tratados (test.) e tratados com 1-MCP aquoso (MCP_a) ou aminoetoxivinilglicina (AVG) antes da colheita. Frutos foram analisados quanto a firmeza da polpa um dia após a colheita e quanto a severidade de rachaduras, após a armazenagem sob Ar, mais 7 dias sob Ar a 22°C.

Ano	75,6 N			71,1 N			66,7 N		
	Test.	MCP _a	AVG	Test.	MCP _a	AVG	Test.	MCP _a	AVG
‘Imperial Gala’									
2007	1,01	1,07	1,12	1,08	1,15	1,21	1,15	1,23	1,31
2008	1,00	1,01	1,00	1,00	1,03	1,00	1,00	1,05	1,00
2009	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2010	0,96	1,02	1,06	1,05	1,24	1,38	1,28	1,63	1,93
Média	0,99	1,03	1,04	1,03	1,10	1,15	1,11	1,23	1,31
‘Royal Gala’									
2007	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,02	1,00	1,00
2008	1,00	1,00	1,00	1,01	1,01	1,01	1,03	1,01	1,01
2009	1,00	1,00	1,00	1,00	1,01	1,00	1,01	1,02	1,00
2010	1,01	1,03	1,07	1,14	1,13	1,18	1,27	1,24	1,29
Média	1,00	1,01	1,02	1,04	1,04	1,05	1,08	1,07	1,08

Tabela 18 – Severidade de rachaduras (escala 1 a 2) em maçãs ‘Imperial Gala’ e ‘Royal Gala’, após a armazenagem sob atmosfera controlada (AC), estimada por análise de regressão em função das datas de colheita. Os valores foram estimados para as datas de colheita em que os frutos de cada ano, cultivar e tratamento atingiram firmeza da polpa de 75,6, 71,1 ou 66,7 N na planta, em quatro safras agrícolas. As datas que os frutos atingiram firmeza da polpa de 75,6, 71,1 ou 66,7 N na planta também foram estimadas por análises de regressão da firmeza da polpa em função da data de colheita. Dados de frutos não tratados (test.) e tratados com 1-MCP aquoso (MCP_a) ou aminoetoxivinilglicina (AVG) antes da colheita. Parte dos frutos foram tratados com gás 1-MCP (+ MCP_g) um dia após a colheita. Frutos foram analisados quanto a firmeza da polpa um dia após a colheita e quanto a severidade de rachaduras, após a armazenagem sob AC, mais 7 dias sob atmosfera do ar (Ar) a 22°C.

Ano	75,6 N			71,1 N			66,7 N		
	Test.	MCP _a	AVG	Test.	MCP _a	AVG	Test.	MCP _a	AVG
‘Imperial Gala’									
2007	1,01	1,02	1,02	1,05	1,05	1,02	1,09	1,07	1,03
2009	1,04	1,06	1,03	1,09	1,13	1,05	1,14	1,19	1,07
Média	1,03	1,04	1,02	1,07	1,09	1,04	1,11	1,13	1,05
‘Royal Gala’									
2007	1,02	1,01	1,01	1,03	1,02	1,01	1,03	1,02	1,02
‘Imperial Gala’, + MCP _g									
2007	1,02	1,01	1,00	1,04	1,02	1,00	1,06	1,03	1,00
2009	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,01	1,01	1,01	1,01
Média	1,01	1,01	1,00	1,02	1,01	1,01	1,03	1,02	1,01
‘Royal Gala’, + MCP _g									
2007	1,02	1,01	1,01	1,03	1,02	1,01	1,03	1,02	1,02

Tabela 19 – Severidade de podridões (escala 1 a 3) em maçãs ‘Imperial Gala’ e ‘Royal Gala’, após a armazenagem sob atmosfera do ar (Ar), estimada por análise de regressão em função das datas de colheita. Os valores foram estimados para as datas de colheita em que os frutos de cada ano, cultivar e tratamento atingiram firmeza da polpa de 75,6, 71,1 ou 66,7 N na planta, em quatro safras agrícolas. As datas que os frutos atingiram firmeza da polpa de 75,6, 71,1 ou 66,7 N na planta também foram estimadas por análises de regressão da firmeza da polpa em função da data de colheita. Dados de frutos não tratados (test.) e tratados com 1-MCP aquoso (MCP_a) ou aminoetoxivinilglicina (AVG) antes da colheita. Frutos foram analisados quanto a firmeza da polpa um dia após a colheita, e quanto a severidade de podridões, após a armazenagem sob Ar, mais 7 dias sob Ar a 22°C.

Ano	75,6 N			71,1 N			66,7 N		
	Test.	MCP _a	AVG	Test.	MCP _a	AVG	Test.	MCP _a	AVG
‘Imperial Gala’									
2007	1,01	1,01	1,03	1,03	1,02	1,03	1,04	1,03	1,02
2008	1,05	1,05	1,11	1,06	1,05	1,14	1,07	1,05	1,17
2009	1,00	1,02	1,01	1,00	1,02	1,02	1,00	1,02	1,03
2010	1,04	1,11	1,04	1,07	1,18	1,06	1,10	1,25	1,08
Média	1,02	1,05	1,05	1,04	1,07	1,06	1,05	1,09	1,08
‘Royal Gala’									
2007	1,09	1,11	1,11	1,16	1,17	1,14	1,23	1,23	1,17
2008	1,04	1,10	1,09	1,07	1,15	1,10	1,11	1,20	1,12
2009	1,02	1,05	1,04	1,08	1,07	1,06	1,14	1,09	1,07
2010	1,02	1,08	1,10	1,25	1,31	1,31	1,49	1,55	1,52
Média	1,04	1,09	1,08	1,14	1,18	1,15	1,24	1,27	1,22

Tabela 20 – Severidade de podridões (escala 1 a 3) em maçãs ‘Imperial Gala’ e ‘Royal Gala’, após a armazenagem sob atmosfera controlada (AC), estimada por análise de regressão em função das datas de colheita. Os valores foram estimados para as datas de colheita em que os frutos de cada ano, cultivar e tratamento atingiram firmeza da polpa de 75,6, 71,1 ou 66,7 N na planta, em quatro safras agrícolas. As datas que os frutos atingiram firmeza da polpa de 75,6, 71,1 ou 66,7 N na planta também foram estimadas por análises de regressão da firmeza da polpa em função da data de colheita. Dados de frutos não tratados (test.) e tratados com 1-MCP aquoso (MCP_a) ou aminoetoxivinilglicina (AVG) antes da colheita. Parte dos frutos foram tratados com gás 1-MCP (+ MCP_g) um dia após a colheita. Frutos foram analisados quanto a firmeza da polpa um dia após a colheita, e quanto à severidade de podridões, após a armazenagem sob AC, mais 7 dias sob atmosfera do ar (Ar) a 22°C.

Ano	75,6 N			71,1 N			66,7 N		
	Test.	MCP _a	AVG	Test.	MCP _a	AVG	Test.	MCP _a	AVG
‘Imperial Gala’									
2007	1,02	1,07	1,06	1,10	1,12	1,10	1,19	1,17	1,14
2009	1,03	1,02	1,00	1,04	1,02	1,00	1,06	1,02	1,00
Média	1,02	1,04	1,03	1,07	1,07	1,05	1,12	1,10	1,07
‘Royal Gala’									
2007	1,11	1,15	1,22	1,25	1,24	1,33	1,40	1,33	1,44
‘Imperial Gala’, + MCP _g									
2007	1,04	1,05	1,01	1,09	1,09	1,01	1,15	1,12	1,01
2009	1,01	1,05	1,03	1,01	1,08	1,05	1,01	1,10	1,07
Média	1,02	1,05	1,02	1,05	1,08	1,03	1,08	1,11	1,04
‘Royal Gala’, + MCP _g									
2007	1,08	1,16	1,14	1,24	1,23	1,21	1,41	1,29	1,27

3.7 DISTINÇÕES ENTRE EFEITOS DO 1-MCP_a E AVG

Os efeitos do AVG sobre a maturação das maçãs na planta foram frequentemente mais prolongados (duradouros) que aqueles do 1-MCP_a. Isso foi evidenciado pela menor taxa de produção de etileno e maior retardamento da degradação do amido, amarelecimento da epiderme e do desenvolvimento de cor vermelha dos frutos tratados com AVG, em relação a dos frutos tratados com 1-MCP_a, especialmente na cultivar ‘Imperial Gala’ (Figuras 1 a 3). A firmeza da polpa dos frutos tratados com 1-MCP_a normalmente não diferiu em relação àquela dos frutos tratados com AVG ao longo de 7 a 28 DAAM, exceto para maçãs ‘Imperial Gala’ tratadas com AVG, que apresentaram maior firmeza da polpa que aquelas tratadas com 1-MCP_a aos 21 e 28 DAAM e para maçãs ‘Royal Gala’ tratadas com AVG que apresentaram maior firmeza da polpa que aquelas tratadas com 1-MCP_a no 7º DAAM (Figura 1). No entanto, análises de regressões da firmeza da polpa indicaram que o tempo (dias) de retardamento do ponto de colheita devido ao tratamento AVG foi maior que aquele devido ao tratamento 1-MCP_a para ambas as cultivares (Tabela 2). Adicionalmente, o maior retardamento da maturação dos frutos na planta pelo AVG resultou em frutos ligeiramente maiores que aqueles tratados com 1-MCP_a, assumindo que os frutos de ambos os tratamentos fossem colhidos com a mesma firmeza da polpa (Tabela 9).

As análises de regressões demonstraram que quando as maçãs tratadas com 1-MCP_a e AVG são colhidas com a mesma firmeza da polpa, elas continuam semelhantes quanto à firmeza da polpa após a armazenagem sob Ar, independentemente da cultivar (Tabela 11). O mesmo foi observado para as maçãs de ambas as cultivares colhidas com 75,6 N e armazenadas sob AC (Tabela 12). No entanto, quando as maçãs ‘Royal Gala’ tratadas com 1-MCP_a e AVG são colhidas com a mesma firmeza da polpa de 66,7 N, aquelas tratadas com AVG apresentam, após a armazenagem sob AC, maior firmeza da polpa que aquelas tratadas com 1-MCP_a, independentemente do tratamento pós-colheita com 1-MCP_g (Tabela 12). O mesmo é válido para maçãs ‘Imperial Gala’ armazenadas sob AC, se tratadas com 1-MCP_g. Esses resultados indicam que as taxas de perda da firmeza da polpa das maçãs de ambas as cultivares tratadas com 1-MCP_a são semelhantes àquelas das maçãs tratadas com AVG, quando armazenadas sob Ar, independentemente da época de colheita. Isso é verdadeiro também para as maçãs de ambas as cultivares colhidas precocemente, com firmeza da polpa de 75,6 N e armazenadas sob AC. No entanto, esses dados também indicam que maçãs tratadas com 1-MCP_a colhidas tardiamente, com firmeza da polpa de 66,7 N, podem

apresentar maior taxa de perda de firmeza da polpa que maçãs tratadas com AVG, durante a armazenagem sob AC, dependendo da cultivar e do tratamento pós-colheita com 1-MCP_g.

Maçãs tratadas com 1-MCP_a e AVG não diferiram quanto à severidade do escurecimento da polpa durante a armazenagem sob Ar, mesmo quando colhidas na mesma data, independentemente da cultivar (Figura 8). Da mesma forma, maçãs ‘Royal Gala’ tratadas com 1-MCP_a e AVG não diferiram quanto à severidade do escurecimento da polpa durante a armazenagem sob AC. No entanto, maçãs ‘Imperial Gala’ tratadas com AVG apresentaram menos escurecimento interno que maçãs tratadas com 1-MCP_a, após a armazenagem sob AC, quando colhidas tardiamente, 28 DAAM. Essa diferença entre maçãs ‘Imperial Gala’ tratadas com 1-MCP_a e AVG quanto ao escurecimento da polpa também ocorreria após a armazenagem sob AC, se os frutos de ambos os tratamentos fossem colhidos com a mesma firmeza da polpa (Tabela 16).

A incidência de rachaduras senescente em maçãs tratadas com 1-MCP_a e AVG, após a armazenagem, seriam similares se os frutos de ambos os tratamentos fossem colhidos com a mesma firmeza da polpa, independentemente da cultivar e atmosfera de armazenagem (Tabelas 17 e 18), embora, excepcionalmente, maçãs ‘Imperial Gala’ tratadas com AVG tenham apresentado menos rachadura senescente que aquelas tratadas com 1-MCP_a, quando colhidas 28 DAAM, e armazenadas sob AC (Figura 9).

O desenvolvimento de podridões durante a armazenagem em maçãs tratadas com 1-MCP_a foi semelhante ao de maçãs tratadas com AVG, independentemente da cultivar, atmosfera de armazenagem e data de colheita.

Variações dos efeitos do 1-MCP_a em relação àqueles do AVG quanto a aspectos da maturação na planta, tal como produção de etileno, podem estar relacionados em parte à época de aplicação dos tratamentos. O 1-MCP_a foi aplicado 21 dias após a aplicação do AVG, quando a maturação dos frutos havia claramente iniciado, conforme indicado pelo índice de degradação do amido no dia da sua aplicação (Tabela 1). Adicionalmente, a menor eficiência do 1-MCP_a aplicado por pulverização às plantas deve estar relacionada em parte à baixa partição do 1-MCP em água, à baixa temperatura de vaporização do 1-MCP e inevitável perda do 1-MCP por vaporização durante o preparo da solução e da pulverização. Interessante que 1-MCP_a na dose de 320 mg L⁻¹ (o dobro daquela usada no presente estudo) foi mais eficiente que o AVG tanto na prevenção da abscisão dos frutos, quanto no controle da maturação quando ambos, 1-MCP_a e AVG, foram aplicados na mesma data, 7 ou 15 dias antes da data prevista de colheita (YUAN; LI, 2008).

3.8 EFEITOS COMPARATIVOS DO 1-MCP_a E 1-MCP_g SOBRE A QUALIDADE PÓS-ARMAZENAGEM

Depois de armazenadas sob AC, maçãs ‘Imperial Gala’ colhidas 7 a 28 DAAM apresentaram firmeza da polpa de 63,4 a 34,3 N (estimados por análise de regressão), respectivamente, quando tratadas apenas com 1-MCP_a, e 65,2 a 40,3 N, respectivamente, quando tratadas apenas com 1-MCP_g (Figura 5). Esses dados indicam que o tratamento com apenas 1-MCP_g pode resultar em maçãs ‘Imperial Gala’ mais firmes após a armazenagem em AC que o tratamento com apenas 1-MCP_a (Figura 5), mesmo sendo colhidas com firmeza da polpa 2,8 a 6,9 N (estimados por análise de regressão) inferior àquelas tratadas apenas com 1-MCP_a (Figura 1). Entretanto, depois de armazenadas sob AC, maçãs ‘Royal Gala’ colhidas 7 a 28 DAAM apresentaram firmeza da polpa de 73,1 a 48,5 N (estimados por análise de regressão), respectivamente, quando tratadas apenas com 1-MCP_a, e 63,6 a 51,9 N, respectivamente, quando tratadas apenas com 1-MCP_g (Figura 5). Esses dados indicam que maçãs ‘Royal Gala’ tratadas apenas com 1-MCP_a, colhidas 7 DAAM e com firmeza da polpa 3,6 N superior àquelas tratadas apenas com 1-MCP_g (testemunhas na Figura 1), se mantiveram mais firmes após a armazenagem que aquelas tratadas apenas com 1-MCP_g (Figura 5).

Maçãs ‘Delicious’, ‘Cameo’, ‘Golden Delicious’ e ‘McIntosh’ tratadas com 1-MCP_a apresentaram após a armazenagem a mesma firmeza da polpa de maçãs tratadas apenas com 1-MCP_g, quando os frutos de ambos os tratamentos foram colhidos na mesma data, 7 (EFVING et al., 2007; WATKINS et al., 2010) e 9 (McARTNEY et al., 2009) dias após a aplicação do 1-MCP_a. O 1-MCP_g foi excepcionalmente mais efetivo que 1-MCP_a na conservação da firmeza da polpa quando as maçãs foram colhidas 21 dias após a aplicação do 1-MCP_a e armazenadas sob atmosfera do Ar (‘Delicious’) ou AC (‘McIntosh’) (WATKINS et al., 2010). Importante destacar que maçãs não tratadas e tratadas com 1-MCP_a apresentavam na colheita as mesmas firmezas de polpa, apesar de terem sido colhidas na mesma data, 7 (EFVING et al., 2007; WATKINS et al., 2010) ou 9 dias após a aplicação do 1-MCP_a. O 1-MCP_g foi sempre mais efetivo que 1-MCP_a para manutenção da firmeza da polpa de maçãs ‘Law Rome’, independentemente da data de colheita dos frutos após a aplicação do 1-MCP_a (McARTNEY et al., 2009). Adicionalmente, outros estudos indicam que maçãs tratadas com 1-MCP_g normalmente apresentam maior firmeza da polpa após a armazenagem que aquelas tratadas com AVG (aplicado antes da colheita), mesmo quando colhidas na mesma data

(ARGENTA et al., 2006; MORAN, 2006; ROBINSON et al., 2006). Excepcionalmente, maçãs tratadas com 1-MCP_g e AVG podem apresentar, dependendo do pomar, a mesma firmeza da polpa após a armazenagem, quando colhidas na mesma data, tardiamente (ROBINSON et al., 2006). Em contraste, 1-MCP_a parece ser mais eficiente que 1-MCP_g no controle de escaldadura senescente em ‘Honeycrisp’ (DeELL; MOGHADDAM, 2010). Dados do presente estudo apontam efeitos aditivos do 1-MCP_a e 1-MCP_g tanto para conservação da firmeza da polpa quanto para redução do escurecimento da polpa (Figuras 5 e 8). Efeito aditivo do 1-MCP_a e 1-MCP_g ocorreu para maçãs armazenadas sob Ar, dependendo da data de colheita, mas não para maçãs armazenadas sob AC (WATKINS et al., 2010). Em maçãs ‘Golden Delicious’ isto ocorreu apenas quando os frutos foram colhidos tardiamente na estação, especialmente 9 dias após a aplicação do 1-MCP_a e armazenadas sob atmosfera do ar (McARTNEY et al., 2009). Em contraste, Efvig et al. (2007) e McArtney et al. (2009) não observaram efeitos aditivos do 1-MCP_a e 1-MCP_g para conservação pós-colheita de maçãs ‘Delicious’, ‘Cameo’ e ‘Law Rome’ armazenadas sob atmosfera do ar ou AC.

4 CONCLUSÕES

Tratamentos pré-colheita com 1-MCP_a e AVG atrasam a maturação das maçãs na planta, diminuindo a produção de etileno e retardando a degradação do amido, o amolecimento da polpa, o amarelecimento da superfície dos frutos e o aumento do teor de SS e da coloração avermelhada.

O tempo de retardamento da maturação dos frutos na planta pelo 1-MCP_a e AVG varia de 4 a 7 e 5 a 14 dias, respectivamente, dependendo do ano e pomar, com base na taxa de perda da firmeza da polpa dos frutos.

Efeitos do 1-MCP_a e AVG são maiores sobre a produção de etileno e degradação do amido que sobre firmeza da polpa.

Tratamentos com 1-MCP_a e AVG retardaram a abscisão dos frutos, mas não resultam em maior produção de frutos nas datas que os frutos tratados e não tratados atingem a mesma firmeza da polpa na planta.

Tratamentos com 1-MCP_a e AVG não afetam a taxa de crescimento dos frutos, mas resultam em frutos maiores que aqueles não tratados, nas datas que os frutos tratados e não tratados atingem a mesma firmeza da polpa na planta.

Tratamentos com 1-MCP_a e AVG não afetam a taxa de amolecimento da polpa durante a armazenagem sob atmosfera do ar, mas podem reduzir a taxa de amolecimento da polpa durante a armazenagem sob AC.

A severidade do escurecimento da polpa após a armazenagem aumenta com a colheita tardia dos frutos.

Frutos tratados com 1-MCP_a e AVG apresentam severidade de escurecimento da polpa semelhante ou inferior aos frutos não tratados, dependendo do pomar e atmosfera de armazenagem, se colhidos nas datas quando os frutos de cada tratamento atingem firmeza da polpa de 75,6, 71,1 ou 66,7 N.

O 1-MCP_a pode ser igualmente eficiente ou menos eficiente que o 1-MCP_g na conservação pós-colheita da firmeza da polpa e igualmente eficiente ou mais eficiente que o 1-MCP_g na prevenção do escurecimento da polpa, dependendo da data de colheita dos frutos.

REFERÊNCIAS

- AMARANTE, C. V. T.; SIMIONI, A.; MEGGUER, C. A.; BLUM, L. E. B. Effect of aminoethoxyvinilglicine (AVG) on preharvest fruit drop and maturity of apples. **Revista Brasileira Fruticultura**, v. 24, p. 661-664, 2002.
- AMARANTE, C. V. T.; STEFFENS, C. A. O tratamento pré-colheita com AVG, aliado à absorção de etileno durante o armazenamento refrigerado, preserva a qualidade de maçãs 'Gala'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, p. 334-342, 2009.
- ARGENTA, L. C. Concentração de etileno interno e maturação de maçãs cvs. Gala, Golden Delicious e Fuji. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 15, p. 125-132, 1993.
- ARGENTA, L. C. **Índice de cores para maçãs 'Gala'**. Florianópolis: Epagri, 2004. 1p.
- ARGENTA, L. C.; KRAMMES, J. G.; MEGGUER, C. A.; AMARANTE, C. V. T.; MATTHEIS, J. Ripening and quality of 'Laetitia' plums following harvest and cold storage as affected by inhibition of ethylene action. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, p. 1139-1148, 2003.
- ARGENTA, L. C.; MONDARDO, M. Maturação na colheita e qualidade de maçãs 'Gala' após a armazenagem. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 6, p. 135-140, 1994.
- ARGENTA, L. C.; VIEIRA, M. J.; KRAMMES, J. G.; PETRI, J. L.; BASSO, C. AVG and 1-MCP effects on maturity and quality of apple fruit at harvest and after storage. **Acta Horticulturae**, n. 727, p. 495-503, 2006.
- AUTIO, W. R.; BRAMLAGE, W. J. Effects of AVG on maturation, ripening, and storage of apples. **Journal of the American Society for the Horticultural Science**, v. 107, p. 1074-1077, 1982.
- AWAD, M. A.; de JAGER, A. Formation of flavonoids, especially anthocyanin and chlorogenic acid in 'Jonagold' apple skin: influences of growth regulators and fruit maturity. **Scientia Horticulturae**, v. 93, p. 257-266, 2002.
- BANGERTH, F. The effect of a substituted amino acid on ethylene biosynthesis, respiration, ripening and pre-harvest drop of apple fruits. **Journal of the American Society for the Horticultural Science**, v. 103, p. 401-404, 1978.
- BENDER, R. J. Colheita e Armazenagem. In: **Manual da Cultura da Macieira**. Florianópolis: EMPASC, 1986. p. 521-550.
- BENDER, R. J.; EBERT, A. **Determinação do ponto de colheita de cultivares de macieira**. Teste iodo-amido. Florianópolis: EMPASC, 1985. 6 p.
- BLANKENSHIP, S. M.; DOLE, J. M. 1-Methylcyclopropene: a review. **Postharvest Biology and Technology**, v. 28, p. 1-25, 2003.

BRACKMANN, A.; ARGENTA, L. C.; MAZARO, S. Concentração de O₂ e CO₂ na qualidade de maçãs (*Malus domestica* Bork) cv. Gala, armazenadas a 0,5 e 2,5 °C. **Revista Brasileira de Agrocência**, Pelotas, v. 2, p. 51-56, 1996.

BRAMLAGE, W. J.; GREENE, D. W.; AUTIO, W. R.; McLAUGHLIN, J. M. Effects of aminoethoxyvinylglycine on internal ethylene concentrations and storage of apples. **Journal of the American Society for the Horticultural Science**, v. 105, p. 847-851, 1980.

BURNS, J. K. 1-Methylcyclopropene applications in preharvest systems: Focus on citrus. **HortScience**, v. 43, p. 112-114, 2008.

BYERS, R. E. Effects of aminoethoxyvinylglycine (AVG) on preharvest fruit drop, maturity and cracking of several apple cultivars. **Journal of Tree Fruit Production**, v. 2, p. 77-97, 1997.

D'AQUINO, S.; SCHIRRA, M.; MOLINU, M.G.; TEDDE, M.; PALMA, A. Preharvest aminoethoxyvinylglycine treatments reduce internal browning and prolong the shelf-life of early ripening pears. **Scientia Horticulturae**, v. 125, p. 353-360, 2010.

DeELL, J. R.; MOGHADDAM, B. E. Preharvest 1-methylcyclopropene treatment reduces soft scald in 'Honeycrisp' apples during storage. **HortScience**, v. 45, p. 414-417, 2010.

DRAKE, S. R.; ELFVING, D. C.; DRAKE, M. A.; EISELE, T. A.; DRAKE, S. L.; VISSER, D. B. Effects of aminoethoxyvinylglycine, ethephon and 1-methylcyclopropene on apple fruit quality at harvest and after storage. **HortTechnology**, v. 16, p.16-23, 2006.

ELFVING, D. C.; DRAKE, A. N.; REED, A. N.; VISSER, D. B. Preharvest applications of sprayable 1-methylcyclopropene in the orchard for management of apple harvest and postharvest condition. **HortScience**, v. 42, p. 1192-1999, 2007.

FAN, X.; BLANKENSHIP, S. M.; MATTHEIS, J. P. 1-Methylcyclopropene inhibits apple ripening. **Journal of American Society for the Horticultural Science**, v. 124, p. 690-695, 1999.

FAOSTAT. **Statistical databases**. Disponível em: <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>>. Acesso em: 10 set. 2012.

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

GREENE, D. W. Preharvest drop control of 'Delicious' apples as affected by aminoethoxyvinylglycine (AVG). **Journal of Tree Fruit Production**, v. 3, p. 1-10, 2002.

GREENE, D. W. Time of aminoethoxyvinylglycine application influences preharvest drop and fruit quality of 'McIntosh' apples. **HortScience**, v. 40, p. 2056-2060, 2005.

HALDER-DOLL, H.; BANGERTH, F. Inhibition of autocatalytic C₂H₄-biosynthesis by AVG applications and consequences on the physiological behavior and quality of apple fruits in cool storage. **Scientia Horticulturae**, v. 33, p. 87-96, 1987.

JOHNSON, D. S.; COLGAN, R. J. Low ethylene controlled atmosphere induces adverse effects on the quality of 'Cox's Orange Pippin' apples treated with aminoethoxyvinylglycine during fruit development. **Postharvest Biology and Technology**, v.27, p. 59-68, 2003.

LANCASTER, J. E. Regulation of skin color in apples. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 10, p. 487-502, 1992.

LURIE, S. Regulation of ethylene biosynthesis in fruits by aminoethoxyvinylglycine and 1-methylcyclopropene. **Acta Horticulturae**, n. 796, p. 31-41, 2008.

McARTNEY, S. J.; OBERMILLER, J. D.; HOYT, T.; PARKER, M. L. 'Law Rome' and 'Golden Delicious' apples differ in their response to preharvest and postharvest 1-methylcyclopropene treatment combinations. **HortScience**, v. 44, p. 1632-1636, 2009.

McARTNEY, S.; SCHUPP, J.; PARKER, M.; OBERMILLER, J. D.; EDGINGTON, T.. Preharvest 1-methylcyclopropene delays fruit maturity and reduces softening and superficial scald of apples during long-term storage. **HortScience**, v. 43, p. 366-371, 2008.

MORAN, R. E. Maintaining fruit firmness of 'McIntosh' and 'Cortland' apples with aminoethoxyvinylglycine and 1-methylcyclopropene during storage. **HortTechnology**, v. 16, p. 513-516, 2006.

PETRI, J. L.; LEITE, G. B.; ARGENTA, L. C.; BASSO, C. Ripening delay and fruit drop control in 'Imperial Gala' and 'Suprema' ('Fuji' Sport) apples by applying AVG (Aminoethoxyvinylglycine). **Acta Horticulturae**, n. 727, p. 519-525, 2006.

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

PHAN-THIEN, K. Y.; WARGO, J. M.; MITCHELL, L. W.; COLLETT, M. G.; RATH, A. C. Delay in ripening of 'Gala' and 'Pink Lady' apples in commercial orchards following pre-harvest applications of aminoethoxyvinylglycine. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 44, p. 807-812, 2004.

PLOTTO, A.; AZARENKO, N.; MATTHEIS, J. P.; McDANIEL, M. 'Gala', 'Braeburn' and 'Fuji' apples: maturity indices and quality after storage. **Fruit Varieties Journal**, v. 49, p. 133-142, 1995.

ROBINSON, T. L.; WATKINS, C. B.; HOYING, S. A.; NOCK, J. F.; IUNGERMAN, K. I. Aminoethoxyvinylglycine and 1-methylcyclopropene effects on 'McIntosh' preharvest drop, fruit maturation and fruit quality after storage. **Acta Horticulturae**, n. 727, p. 473- 480, 2006.

SANHUEZA, R. M. V.; PROTAS, J. F. S.; FREIRE, J. M. **Manejo da Macieira no Sistema de Produção Integrada de Frutas**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2006. 164 p.

- SAS INSTITUTE. **Getting started with the SAS learning edition**. Cary: SAS, 2002. 200p.
- SCHUPP, J. R.; GREENE, D. W. Effect of aminoethoxyvinylglycine (AVG) on preharvest drop, fruit quality and maturation of 'McIntosh' apples. I. Concentration and timing of dilute applications of AVG. **HortScience**, v. 39, p. 1030-1035, 2004.
- SISLER, E. C.; SEREK, M. Compounds interacting with the ethylene receptor in plants. **Plant Biology**, v. 5, p. 473-480, 2003.
- STOVER, E.; FARGIONI, M. J.; WATKINS, C. B.; IUNGERMAN, K. A. Harvest management of Marshall 'MacIntosh' apples: Effect of AVG, ANA, ethephon and summer pruning on preharvest drop and fruit quality. **HortScience**, v. 38, p. 1093-1099, 2003.
- VILLALOBOS-ACUNÁ, M. G.; BIASI, W. V.; FLORES, S.; MITCHAM, E. J.; ELKINS, R. B.; WILLITS, N. H. Preharvest application of 1-methylcyclopropene influences fruit drop and storage potential of 'Bartlett' pears. **Hortscience**, v. 45, p. 610-616, 2010.
- WANG, Z. Y.; DILLEY, D. R. Aminoethoxyvinylglycine, combined with ethephon, can enhance red color development without over-ripening apples. **HortScience**, v. 36, p. 328-331, 2001.
- WARD, D. L.; BEERS, E. P.; BYERS, R. E.; MARINI, R. P. Cutting apple fruits induces cellulase activity in the abscission zone. **HortScience**, v. 34, p. 601-603, 1999.
- WATKINS, C. B.; JAMES, H.; NOCK, J. F.; REED, N.; OAKES, R. L. Preharvest application of 1-methylcyclopropene (1-MCP) to control fruit drop of apples, and its effects on postharvest quality. **Acta Horticulturae**, n. 877, p. 365-373, 2010.
- WATKINS, C. B.; NOCK, J. F.; WHITAKER, B. D. Responses of early, mid and late season apple cultivars to postharvest application of 1-methylcyclopropene (1-MCP) under air and controlled atmosphere conditions. **Postharvest Biology and Technology**, v. 19, p. 17-32, 2000.
- WATKINS, C. B.; MILLER W. B. 1-Methylcyclopropene (1-MCP) based technologies for storage and shelf life extension. **Acta Horticulturae**, n. 687, p. 201-207, 2005.
- WATKINS, C. B. Principal and practices of postharvest handling and stress. In: FERREE, D.C.; WARRINGTON, I.J. **Apples: botany, production and uses**. Wallingford, UK: CABI Publishing, 2003. p. 585-614.
- WILLIAMS, M. W. Retention of fruit firmness and increase in vegetative growth and fruit set of apples with aminoethoxyvinylglycine. **HortScience**, v. 15, p. 76-77, 1980.
- YANG, S. F.; HOFFMANN, N. E. Ethylene biosynthesis and its regulation in higher plants. **Annual review of Plant Physiology**, v. 35, p.155-189, 1984.

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

YU, Y. B.; YANG, S. F. Auxin-induced ethylene production and its inhibitors by aminoethoxyvinilglycine and cobalt fion. **Plant Physiology**, v. 64, p. 1074-1077, 1979.

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

YUAN, R.; LI, J. Effect of sprayable 1-MCP, AVG and NAA on ethylene biosynthesis, preharvest fruit drop, fruit maturity and quality of 'Delicious' apples. **HortScience**, v. 43, p. 1454-1460, 2008.

ANEXOS

Anexo A – Modelos lineares e quadráticos para variações dos indicadores da maturação e qualidade das maçãs na planta em função das datas de colheita, para cada pomar (cultivar) e tratamento. Modelos determinados pela combinação dos dados de 4 anos, n=16 (4 repetições x 4 anos).

Variável	Tratamento	Modelos					
		Linear			Quadrático		
		Significância	a	b	Significância	a	b	c
‘Imperial Gala’							
Firmeza (N)	Testemunha	***	88,1	-1,053	ns		
Firmeza (N)	MCP _a	***	89,6	-0,858	ns		
Firmeza (N)	AVG	***	87,9	-0,658	ns		
Índice de Amido (1-9)	Testemunha	***	5,4	0,116	**		
Índice de Amido (1-9)	MCP _a	***	3,7	0,140	ns		
Índice de Amido (1-9)	AVG	***	2,1	0,183	ns		
Acidez Titulável (%)	Testemunha	*	0,409	-0,003	ns		
Acidez Titulável (%)	MCP _a	***	0,418	-0,004	ns		
Acidez Titulável (%)	AVG	**	0,386	-0,003	ns		
Sólidos Solúveis (%)	Testemunha	***	11,5	0,064	ns		
Sólidos Solúveis (%)	MCP _a	***	11,1	0,061	ns		
Sólidos Solúveis (%)	AVG	***	10,3	0,087	ns		
Cor de fundo (1-5)	Testemunha	***	2,6	0,080	***		
Cor de fundo (1-5)	MCP _a	***	2,4	0,069	ns		
Cor de fundo (1-5)	AVG	***	1,7	0,067	ns		
Cor vermelha (%)	Testemunha	***	60,2	0,851	*		
Cor vermelha (%)	MCP _a	***	53,0	0,986	ns		
Cor vermelha (%)	AVG	***	36,3	1,310	ns		
Etileno ($\eta\text{Mol.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$)	Testemunha	***	15,6	4,440	ns		
Etileno ($\eta\text{Mol.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$)	MCP _a	***	26,4	2,050	*		
Etileno ($\eta\text{Mol.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$)	AVG	***	-1,7	1,729	ns		
CO ₂ ($\mu\text{Mol.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$)	Testemunha	*	232,6	2,790	ns		
CO ₂ ($\mu\text{Mol.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$)	MCP _a	***	164,7	5,590	ns		
CO ₂ ($\mu\text{Mol.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$)	AVG	***	139,9	6,640	ns		
Massa de frutos (g)	Testemunha	***	127,7	0,800	ns		
Massa de frutos (g)	MCP _a	**	131,2	0,700	ns		
Massa de frutos (g)	AVG	*	135,5	0,600	ns		
‘Royal Gala’							
Firmeza (N)	Testemunha	***	79,8	-0,715	ns		
Firmeza (N)	MCP _a	***	83,1	-0,673	ns		
Firmeza (N)	AVG	***	84,6	-0,638	ns		
Índice de Amido (1-9)	Testemunha	***	6,0	0,098	ns		
Índice de Amido (1-9)	MCP _a	***	3,5	0,163	ns		
Índice de Amido (1-9)	AVG	***	2,2	0,198	ns		
Acidez Titulável (%)	Testemunha	***	0,330	-0,002	ns		
Acidez Titulável (%)	MCP _a	***	0,337	-0,003	ns		
Acidez Titulável (%)	AVG	***	0,329	-0,002	ns		
Sólidos Solúveis (%)	Testemunha	***	11,3	0,064	ns		
Sólidos Solúveis (%)	MCP _a	***	10,7	0,079	ns		
Sólidos Solúveis (%)	AVG	***	10,5	0,080	ns		

Continua

Continuação

Anexo A – Modelos lineares e quadráticos para variações dos indicadores da maturação e qualidade das maçãs na planta em função das datas de colheita, para cada pomar (cultivar) e tratamento. Modelos determinados pela combinação dos dados de 4 anos, n=16 (4 repetições x 4 anos).

Variável	Tratamento	Modelos						
		Linear			Quadrático			
		Significância	a	b	Significância	a	b	c
‘Royal Gala’								
Cor de fundo (1-5)	Testemunha	***	3,0	0,058	ns			
Cor de fundo (1-5)	MCP _a	***	2,4	0,067	ns			
Cor de fundo (1-5)	AVG	***	2,0	0,063	ns			
Cor vermelha (%)	Testemunha	***	57,4	0,774	ns			
Cor vermelha (%)	MCP _a	***	49,6	0,974	ns			
Cor vermelha (%)	AVG	***	37,2	1,180	ns			
Etileno ($\eta\text{Mol.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$)	Testemunha	**	24,1	3,450	ns			
Etileno ($\eta\text{Mol.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$)	MCP _a	***	26,4	1,450	ns			
Etileno ($\eta\text{Mol.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$)	AVG	***	9,2	0,837	ns			
CO ₂ ($\mu\text{Mol.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$)	Testemunha	**	310,2	7,960	ns			
CO ₂ ($\mu\text{Mol.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$)	MCP _a	***	185,3	10,150	**			
CO ₂ ($\mu\text{Mol.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$)	AVG	ns	294,8	3,460	ns			
Massa de frutos (g)	Testemunha	**	133,3	0,600	ns			
Massa de frutos (g)	MCP _a	**	132,5	0,700	ns			
Massa de frutos (g)	AVG	*	137,6	0,600	ns			
Frutos caídos (%)	Testemunha	***	-8,22	1,117	*	3,35	-0,613	0,051
Frutos caídos (%)	MCP _a	***	-6,09	0,830	*	2,96	-0,461	0,037
Frutos caídos (%)	AVG	***	-4,86	0,643	**	3,46	-0,543	0,034

ns, *, **, ***: significância dos polinômios Lineares e Quadráticos: não significativos ou significativos a 0,05; 0,01; ou 0,001, respectivamente.

a, b: coeficientes do modelo linear: $Y=a+bX$.

a, b, c: coeficientes do modelo quadrático: $Y=a+bX+cX^2$.

Anexo B – Modelos lineares e quadráticos para variações dos indicadores da maturação e qualidade das maçãs na planta em função das datas de colheita, para cada ano, pomar (cultivar) e tratamento, n=4.

Ano	Variável	Tratamento	Modelos					
			Linear			Quadrático		
			Significância	a	b	Significância	a	b	c
‘Imperial Gala’								
2007	Firmeza (N)	Testemunha	***	86,8	-1,24	ns		
2007	Firmeza (N)	MCP _a	***	88,3	-0,93	ns		
2007	Firmeza (N)	AVG	***	86,9	-0,63	ns		
2007	Índice de Amido (1-9)	Testemunha	***	5,7	0,10	***		
2007	Índice de Amido (1-9)	MCP _a	***	2,5	0,20	ns		
2007	Índice de Amido (1-9)	AVG	***	1,7	0,21	ns		
2007	Acidez Titulável (%)	Testemunha	***	0,349	-0,004	ns		
2007	Acidez Titulável (%)	MCP _a	***	0,349	-0,004	ns		
2007	Acidez Titulável (%)	AVG	***	0,348	-0,004	ns		
2007	Sólidos Solúveis (%)	Testemunha	ns	11,6	0,006	ns		
2007	Sólidos Solúveis (%)	MCP _a	***	10,3	0,052	**		
2007	Sólidos Solúveis (%)	AVG	**	10,3	0,046	ns		
2007	Cor de fundo (1-5)	Testemunha	***	2,6	0,071	*		
2007	Cor de fundo (1-5)	MCP _a	***	2,1	0,072	ns		
2007	Cor de fundo (1-5)	AVG	***	1,9	0,052	ns		
2007	Cor vermelha (%)	Testemunha	***	49,5	1,08	**		
2007	Cor vermelha (%)	MCP _a	***	44,2	1,02	***		
2007	Cor vermelha (%)	AVG	**	37,0	0,76	ns		
2007	Etileno ($\eta\text{Mol.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$)	Testemunha	**	-28,7	6,41	ns		
2007	Etileno ($\eta\text{Mol.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$)	MCP _a	***	-5,6	3,29	*		
2007	Etileno ($\eta\text{Mol.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$)	AVG	***	-16,4	2,05	***		
2007	CO ₂ ($\mu\text{Mol.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$)	Testemunha	*	232,6	2,8	ns		
2007	CO ₂ ($\mu\text{Mol.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$)	MCP _a	***	164,7	5,6	ns		
2007	CO ₂ ($\mu\text{Mol.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$)	AVG	***	139,9	6,6	ns		
2007	Massa de frutos (g)	Testemunha	*	130,9	0,702	ns		
2007	Massa de frutos (g)	MCP _a	*	132,7	0,616	ns		
2007	Massa de frutos (g)	AVG	ns	154,6	-0,210	ns		
2008	Firmeza (N)	Testemunha	***	100,4	-1,10	ns		
2008	Firmeza (N)	MCP _a	***	99,8	-0,88	ns		
2008	Firmeza (N)	AVG	***	98,4	-0,71	ns		
2008	Índice de Amido (1-9)	Testemunha	***	4,3	0,14	ns		
2008	Índice de Amido (1-9)	MCP _a	***	3,2	0,11	**		
2008	Índice de Amido (1-9)	AVG	***	1,3	0,16	*		
2008	Acidez Titulável (%)	Testemunha	ns	0,544	-0,004	*		
2008	Acidez Titulável (%)	MCP _a	***	0,523	-0,005	*		
2008	Acidez Titulável (%)	AVG	ns	0,445	-0,002	ns		
2008	Sólidos Solúveis (%)	Testemunha	***	11,6	0,121	*		
2008	Sólidos Solúveis (%)	MCP _a	***	11,4	0,084	*		
2008	Sólidos Solúveis (%)	AVG	***	9,7	0,138	*		
2008	Cor de fundo (1-5)	Testemunha	***	3,5	0,050	ns		
2008	Cor de fundo (1-5)	MCP _a	***	2,7	0,062	ns		
2008	Cor de fundo (1-5)	AVG	***	1,5	0,085	ns		
2008	Cor vermelha (%)	Testemunha	ns	74,4	0,19	ns		
2008	Cor vermelha (%)	MCP _a	**	64,9	0,47	ns		
2008	Cor vermelha (%)	AVG	**	42,1	1,03	ns		

Continua

Continuação

Anexo B – Modelos lineares e quadráticos para variações dos indicadores da maturação e qualidade das maçãs na planta em função das datas de colheita, para cada ano, pomar (cultivar) e tratamento, n=4.

Ano	Variável	Tratamento	Modelos					
			Linear			Quadrático		
			Significância	a	b	Significância	a	b	c
‘Imperial Gala’								
2008	Etileno ($\eta\text{Mol.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$)	Testemunha	ns	42,6	2,53	**		
2008	Etileno ($\eta\text{Mol.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$)	MCP _a	*	34,1	2,16	***		
2008	Etileno ($\eta\text{Mol.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$)	AVG	ns	12,3	1,36	ns		
2008	Massa de frutos (g)	Testemunha	*	106,0	1,120	ns		
2008	Massa de frutos (g)	MCP _a	*	114,0	0,668	ns		
2008	Massa de frutos (g)	AVG	*	115,8	0,678	ns		
2009	Firmeza (N)	Testemunha	***	88,4	-0,95	ns		
2009	Firmeza (N)	MCP _a	***	87,7	-0,70	ns		
2009	Firmeza (N)	AVG	***	85,5	-0,46	ns		
2009	Índice de Amido (1-9)	Testemunha	***	4,7	0,15	*		
2009	Índice de Amido (1-9)	MCP _a	***	4,0	0,15	ns		
2009	Índice de Amido (1-9)	AVG	***	0,3	0,25	ns		
2009	Acidez Titulável (%)	Testemunha	***	0,382	-0,003	ns		
2009	Acidez Titulável (%)	MCP _a	***	0,430	-0,005	ns		
2009	Acidez Titulável (%)	AVG	***	0,390	-0,004	ns		
2009	Sólidos Solúveis (%)	Testemunha	**	11,4	0,053	ns		
2009	Sólidos Solúveis (%)	MCP _a	*	11,3	0,038	ns		
2009	Sólidos Solúveis (%)	AVG	***	10,1	0,080	ns		
2009	Cor de fundo (1-5)	Testemunha	***	2,3	0,091	***		
2009	Cor de fundo (1-5)	MCP _a	***	2,5	0,062	ns		
2009	Cor de fundo (1-5)	AVG	***	1,7	0,072	ns		
2009	Cor vermelha (%)	Testemunha	***	50,0	1,33	ns		
2009	Cor vermelha (%)	MCP _a	***	40,7	1,51	ns		
2009	Cor vermelha (%)	AVG	***	16,2	2,16	ns		
2009	Etileno ($\eta\text{Mol.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$)	Testemunha	**	38,6	1,99	**		
2009	Etileno ($\eta\text{Mol.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$)	MCP _a	*	39,7	1,15	ns		
2009	Etileno ($\eta\text{Mol.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$)	AVG	**	-1,6	0,96	ns		
2009	Massa de frutos (g)	Testemunha	**	133,7	0,834	ns		
2009	Massa de frutos (g)	MCP _a	*	139,7	0,668	ns		
2009	Massa de frutos (g)	AVG	***	133,3	1,080	ns		
2010	Firmeza (N)	Testemunha	***	77,0	-0,89	ns		
2010	Firmeza (N)	MCP _a	***	82,5	-0,91	ns		
2010	Firmeza (N)	AVG	***	80,8	-0,83	ns		
2010	Índice de Amido (1-9)	Testemunha	***	7,0	0,06	ns		
2010	Índice de Amido (1-9)	MCP _a	***	5,2	0,10	ns		
2010	Índice de Amido (1-9)	AVG	***	4,9	0,12	ns		
2010	Acidez Titulável (%)	Testemunha	ns	0,361	-0,001	ns		
2010	Acidez Titulável (%)	MCP _a	**	0,368	-0,002	*		
2010	Acidez Titulável (%)	AVG	*	0,360	-0,002	ns		
2010	Sólidos Solúveis (%)	Testemunha	***	11,3	0,082	ns		
2010	Sólidos Solúveis (%)	MCP _a	***	11,3	0,071	*		
2010	Sólidos Solúveis (%)	AVG	***	10,9	0,084	ns		
2010	Cor vermelha (%)	Testemunha	***	66,9	0,80	ns		
2010	Cor vermelha (%)	MCP _a	***	62,3	0,94	ns		
2010	Cor vermelha (%)	AVG	***	50,0	1,30	*		

Continua

Continuação

Anexo B – Modelos lineares e quadráticos para variações dos indicadores da maturação e qualidade das maçãs na planta em função das datas de colheita, para cada ano, pomar (cultivar) e tratamento, n=4.

Ano	Variável	Tratamento	Modelos						
			Linear			Quadrático			
			Significância	a	b	Significância	a	b	c
‘Royal Gala’									
2010	Etileno ($\eta\text{Mol.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$)	Testemunha	*	16,5	6,35	ns			
2010	Etileno ($\eta\text{Mol.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$)	MCPa	*	38,6	1,62	ns			
2010	Etileno ($\eta\text{Mol.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$)	AVG	ns	2,4	2,46	ns			
2010	Massa de frutos (g)	Testemunha	*	140,3	0,664	*			
2010	Massa de frutos (g)	MCPa	**	138,3	0,729	***			
2010	Massa de frutos (g)	AVG	**	138,3	0,842	ns			
2007	Firmeza (N)	Testemunha	***	80,2	-0,62	ns			
2007	Firmeza (N)	MCPa	***	82,2	-0,55	ns			
2007	Firmeza (N)	AVG	***	84,8	-0,52	ns			
2007	Índice de Amido (1-9)	Testemunha	***	3,9	0,15	ns			
2007	Índice de Amido (1-9)	MCPa	***	0,6	0,24	ns			
2007	Índice de Amido (1-9)	AVG	***	0,4	0,21	ns			
2007	Acidez Titulável (%)	Testemunha	*	0,321	-0,002	ns			
2007	Acidez Titulável (%)	MCPa	**	0,311	-0,002	ns			
2007	Acidez Titulável (%)	AVG	**	0,323	-0,002	ns			
2007	Sólidos Solúveis (%)	Testemunha	***	10,9	0,059	ns			
2007	Sólidos Solúveis (%)	MCPa	***	9,9	0,094	ns			
2007	Sólidos Solúveis (%)	AVG	***	10,1	0,074	ns			
2007	Cor de fundo (1-5)	Testemunha	***	2,2	0,068	ns			
2007	Cor de fundo (1-5)	MCPa	***	1,8	0,068	*			
2007	Cor de fundo (1-5)	AVG	***	1,9	0,038	ns			
2007	Cor vermelha (%)	Testemunha	***	42,3	0,89	ns			
2007	Cor vermelha (%)	MCPa	***	34,1	1,04	ns			
2007	Cor vermelha (%)	AVG	***	28,8	0,89	ns			
2007	Etileno ($\eta\text{Mol.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$)	Testemunha	ns	1,0	3,08	ns			
2007	Etileno ($\eta\text{Mol.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$)	MCPa	**	-11,2	2,93	ns			
2007	Etileno ($\eta\text{Mol.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$)	AVG	***	-4,2	1,09	ns			
2007	CO ₂ ($\mu\text{Mol.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$)	Testemunha	**	310,2	8,0	ns			
2007	CO ₂ ($\mu\text{Mol.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$)	MCPa	***	185,4	10,2	**			
2007	CO ₂ ($\mu\text{Mol.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$)	AVG	ns	294,8	3,5	ns			
2007	Massa de frutos (g)	Testemunha	ns	131,9	0,389	ns			
2007	Massa de frutos (g)	MCPa	***	123,2	1,044	**			
2007	Massa de frutos (g)	AVG	ns	131,7	0,597	ns			
2007	Frutos caídos (%)	Testemunha	***	-9,48	1,08	**	6,99	-1,27	0,07
2007	Frutos caídos (%)	MCPa	***	-4,84	0,54	**	5,30	-0,90	0,04
2007	Frutos caídos (%)	AVG	***	-3,22	0,40	**	4,26	-0,67	0,03
2008	Firmeza (N)	Testemunha	***	79,7	-0,62	ns			
2008	Firmeza (N)	MCPa	***	85,4	-0,71	ns			
2008	Firmeza (N)	AVG	***	86,0	-0,59	ns			
2008	Índice de Amido (1-9)	Testemunha	***	6,5	0,08	***			
2008	Índice de Amido (1-9)	MCPa	***	3,7	0,15	ns			
2008	Índice de Amido (1-9)	AVG	***	1,6	0,21	ns			
2008	Acidez Titulável (%)	Testemunha	**	0,389	-0,003	*			
2008	Acidez Titulável (%)	MCPa	***	0,397	-0,004	**			
2008	Acidez Titulável (%)	AVG	*	0,375	-0,002	*			

Continua

Continuação

Anexo B – Modelos lineares e quadráticos para variações dos indicadores da maturação e qualidade das maçãs na planta em função das datas de colheita, para cada ano, pomar (cultivar) e tratamento, n=4.

Ano	Variável	Tratamento	Modelos						
			Linear			Quadrático			
			Significância	a	b	Significância	a	b	c
‘Royal Gala’									
2008	Sólidos Solúveis (%)	Testemunha	**	11,9	0,042	ns			
2008	Sólidos Solúveis (%)	MCPa	***	11,2	0,065	ns			
2008	Sólidos Solúveis (%)	AVG	***	10,4	0,090	ns			
2008	Cor de fundo (1-5)	Testemunha	***	3,9	0,036	ns			
2008	Cor de fundo (1-5)	MCPa	***	3,1	0,057	*			
2008	Cor de fundo (1-5)	AVG	***	2,2	0,062	ns			
2008	Cor vermelha (%)	Testemunha	*	66,8	0,57	ns			
2008	Cor vermelha (%)	MCPa	**	64,4	0,53	***			
2008	Cor vermelha (%)	AVG	**	47,0	1,00	ns			
2008	Etileno ($\eta\text{Mol.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$)	Testemunha	*	-38,1	10,80	ns			
2008	Etileno ($\eta\text{Mol.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$)	MCPa	***	40,2	1,50	ns			
2008	Etileno ($\eta\text{Mol.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$)	AVG	*	11,2	0,97	*			
2008	Massa de frutos (g)	Testemunha	ns	121,8	0,313	ns			
2008	Massa de frutos (g)	MCPa	***	118,0	0,551	ns			
2008	Massa de frutos (g)	AVG	**	117,6	0,847	ns			
2008	Frutos caídos (%)	Testemunha	***	-10,76	1,46	ns	-5,33	0,69	0,02
2008	Frutos caídos (%)	MCPa	***	-11,04	1,35	ns	-0,25	-0,20	0,04
2008	Frutos caídos (%)	AVG	***	-7,74	0,88	ns	-0,89	-0,10	0,03
2009	Firmeza (N)	Testemunha	***	82,5	-0,87	*			
2009	Firmeza (N)	MCPa	***	82,4	-0,64	ns			
2009	Firmeza (N)	AVG	***	82,6	-0,65	*			
2009	Índice de Amido (1-9)	Testemunha	***	4,8	0,15	ns			
2009	Índice de Amido (1-9)	MCPa	***	2,1	0,21	ns			
2009	Índice de Amido (1-9)	AVG	***	1,5	0,25	ns			
2009	Acidez Titulável (%)	Testemunha	***	0,336	-0,003	*			
2009	Acidez Titulável (%)	MCPa	***	0,340	-0,004	ns			
2009	Acidez Titulável (%)	AVG	***	0,320	-0,003	ns			
2009	Sólidos Solúveis (%)	Testemunha	**	11,1	0,059	ns			
2009	Sólidos Solúveis (%)	MCPa	***	10,3	0,079	ns			
2009	Sólidos Solúveis (%)	AVG	***	10,0	0,093	ns			
2009	Cor de fundo (1-5)	Testemunha	***	3,0	0,069	*			
2009	Cor de fundo (1-5)	MCPa	***	2,4	0,078	ns			
2009	Cor de fundo (1-5)	AVG	***	2,0	0,089	ns			
2009	Cor vermelha (%)	Testemunha	**	55,9	0,95	**			
2009	Cor vermelha (%)	MCPa	***	41,3	1,47	ns			
2009	Cor vermelha (%)	AVG	***	22,0	2,09	ns			
2009	Etileno ($\eta\text{Mol.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$)	Testemunha	**	36,4	1,96	ns			
2009	Etileno ($\eta\text{Mol.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$)	MCPa	ns	33,0	0,52	ns			
2009	Etileno ($\eta\text{Mol.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$)	AVG	ns	14,5	0,64	ns			
2009	Massa de frutos (g)	Testemunha	***	132,9	0,945	*			
2009	Massa de frutos (g)	MCPa	***	138,9	0,590	ns			
2009	Massa de frutos (g)	AVG	ns	144,1	0,158	ns			
2009	Frutos caídos (%)	Testemunha	***	-7,30	1,00	**	8,39	-0,26	0,06
2009	Frutos caídos (%)	MCPa	***	-2,35	0,60	**	7,09	-0,87	0,04
2009	Frutos caídos (%)	AVG	***	-3,59	0,65	**	3,99	-0,31	0,03

Continua

Continuação

Anexo B – Modelos lineares e quadráticos para variações dos indicadores da maturação e qualidade das maçãs na planta em função das datas de colheita, para cada ano, pomar (cultivar) e tratamento, n=4.

Ano	Variável	Tratamento	Modelos						
			Linear			Quadrático			
			Significância	a	b	Significância	a	b	c
‘Royal Gala’									
2010	Firmeza (N)	Testemunha	***	76,7	-0,76	ns			
2010	Firmeza (N)	MCPa	***	82,4	-0,79	ns			
2010	Firmeza (N)	AVG	***	84,9	-0,79	ns			
2010	Índice de Amido (1-9)	Testemunha	***	8,7	0,01	ns			
2010	Índice de Amido (1-9)	MCPa	***	7,6	0,04	ns			
2010	Índice de Amido (1-9)	AVG	***	5,6	0,12	**			
2010	Acidez Titulável (%)	Testemunha	ns	0,274	-0,001	*			
2010	Acidez Titulável (%)	MCPa	ns	0,299	-0,002	*			
2010	Acidez Titulável (%)	AVG	**	0,298	-0,002	***			
2010	Sólidos Solúveis (%)	Testemunha	***	11,3	0,097	ns			
2010	Sólidos Solúveis (%)	MCPa	***	11,5	0,079	ns			
2010	Sólidos Solúveis (%)	AVG	***	11,5	0,063	ns			
2010	Cor vermelha (%)	Testemunha	**	64,7	0,69	ns			
2010	Cor vermelha (%)	MCPa	***	58,5	0,86	ns			
2010	Cor vermelha (%)	AVG	*	50,9	0,74	ns			
2010	Etileno ($\eta\text{Mol.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$)	Testemunha	ns	81,8	-0,21	ns			
2010	Etileno ($\eta\text{Mol.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$)	MCPa	**	47,0	0,88	ns			
2010	Etileno ($\eta\text{Mol.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$)	AVG	***	15,6	0,69	ns			
2010	Massa de frutos (g)	Testemunha	***	146,4	0,762	*			
2010	Massa de frutos (g)	MCPa	***	150,1	0,789	**			
2010	Massa de frutos (g)	AVG	***	154,9	0,736	ns			
2010	Frutos caídos (%)	Testemunha	***	-9,54	1,20	*	2,15	-0,47	0,05
2010	Frutos caídos (%)	MCPa	***	-9,06	1,05	*	3,83	-0,79	0,05
2010	Frutos caídos (%)	AVG	***	-7,04	0,90	ns	1,32	-0,30	0,03

ns, *, **, ***: significância dos polinômios Lineares e Quadráticos: não significativos ou significativos a 0,05; 0,01; ou 0,001, respectivamente.

a, b: coeficientes do modelo linear: $Y=a+bX$.

a, b, c: coeficientes do modelo quadrático: $Y=a+bX+cX^2$.

Anexo C – Modelos lineares e quadráticos para variações dos indicadores da maturação e qualidade das maçãs após a armazenagem em função das datas de colheita, para cada pomar (cultivar), atmosfera de armazenagem e tratamento. Modelos determinados pela combinação dos dados de 4 anos (n=16, 4 repetições x 4 anos) ou 2 anos (n=8, 4 repetições x 2 anos) para frutos armazenados sob atmosfera do ar ou atmosfera controlada, respectivamente.

Atmosfera de armazenagem	Variável	Tratamento	Modelos						
			Linear			Quadrático			
			Significância	a	b	Significância	a	b	c
‘Imperial Gala’									
Ar	Firmeza (N)	Testemunha	***	64,5	-0,621	ns			
Ar	Firmeza (N)	MCP _a	***	73,2	-0,982	**			
Ar	Firmeza (N)	AVG	***	68,9	-0,698	ns			
Ar	Acidez Titulável (%)	Testemunha	*	0,297	-0,003	ns			
Ar	Acidez Titulável (%)	MCP _a	***	0,305	-0,004	**			
Ar	Acidez Titulável (%)	AVG	***	0,289	-0,004	ns			
Ar	Sólidos Solúveis (%)	Testemunha	ns	12,3	0,009	ns			
Ar	Sólidos Solúveis (%)	MCP _a	ns	12,5	-0,017	ns			
Ar	Sólidos Solúveis (%)	AVG	ns	12,3	-0,003	ns			
Ar	Escurecimento Interno (1-4)	Testemunha	***	0,70	0,039	ns			
Ar	Escurecimento Interno (1-4)	MCP _a	***	0,80	0,025	ns			
Ar	Escurecimento Interno (1-4)	AVG	***	0,86	0,017	ns			
Ar	Podridões (1-3)	Testemunha	***	0,97	0,004	**			
Ar	Podridões (1-3)	MCP _a	**	0,98	0,004	ns			
Ar	Podridões (1-3)	AVG	ns	1,00	0,002	ns			
Ar	Rachadura (1-2)	Testemunha	***	0,89	0,011	*	1,12	-0,022	0,0010
Ar	Rachadura (1-2)	MCP _a	***	0,91	0,008	*	1,07	-0,015	0,0007
Ar	Rachadura (1-2)	AVG	***	0,95	0,004	ns	1,04	-0,008	0,0003
AC	Firmeza (N)	Testemunha	***	58,1	-1,094	ns			
AC	Firmeza (N)	MCP _a	***	73,2	-1,388	ns			
AC	Firmeza (N)	AVG	***	71,8	-1,070	ns			
AC	Acidez Titulável (%)	Testemunha	***	0,261	-0,002	ns			
AC	Acidez Titulável (%)	MCP _a	***	0,295	-0,003	ns			
AC	Acidez Titulável (%)	AVG	***	0,272	-0,002	ns			
AC	Sólidos Solúveis (%)	Testemunha	ns	11,7	0,017	ns			
AC	Sólidos Solúveis (%)	MCP _a	ns	12,1	-0,001	ns			
AC	Sólidos Solúveis (%)	AVG	ns	11,8	0,009	ns			
AC	Escurecimento Interno (1-4)	Testemunha	***	0,59	0,083	ns			
AC	Escurecimento Interno (1-4)	MCP _a	***	0,56	0,061	ns			
AC	Escurecimento Interno (1-4)	AVG	***	0,77	0,031	ns			
AC	Podridões (1-3)	Testemunha	**	0,90	0,013	ns			
AC	Podridões (1-3)	MCP _a	**	0,97	0,006	ns			
AC	Podridões (1-3)	AVG	*	0,98	0,003	ns			
AC	Rachadura (1-2)	Testemunha	***	0,91	0,010	ns	0,98	0,001	0,0003
AC	Rachadura (1-2)	MCP _a	***	0,92	0,008	**	1,03	-0,007	0,0004
AC	Rachadura (1-2)	AVG	*	0,99	0,002	ns	0,99	0,001	0,00002
AC + MCP _g	Firmeza (N)	Testemunha	***	73,5	-1,186	ns			
AC + MCP _g	Firmeza (N)	MCP _a	***	81,4	-1,137	ns			
AC + MCP _g	Firmeza (N)	AVG	***	80,0	-0,635	ns			
AC + MCP _g	Acidez Titulável (%)	Testemunha	***	0,296	-0,004	ns			
AC + MCP _g	Acidez Titulável (%)	MCP _a	***	0,309	-0,003	ns			
AC + MCP _g	Acidez Titulável (%)	AVG	***	0,287	-0,002	ns			
AC + MCP _g	Sólidos Solúveis (%)	Testemunha	ns	11,9	0,016	ns			
AC + MCP _g	Sólidos Solúveis (%)	MCP _a	ns	11,9	0,006	ns			
AC + MCP _g	Sólidos Solúveis (%)	AVG	ns	11,8	0,015	ns			

Continua

Continuação

Anexo C – Modelos lineares e quadráticos para variações dos indicadores da maturação e qualidade das maçãs após a armazenagem em função das datas de colheita, para cada pomar (cultivar), atmosfera de armazenagem e tratamento. Modelos determinados pela combinação dos dados de 4 anos (n=16, 4 repetições x 4 anos) ou 2 anos (n=8, 4 repetições x 2 anos) para frutos armazenados sob atmosfera do ar ou atmosfera controlada, respectivamente.

Atmosfera de armazenagem	Variável	Tratamento	Modelos						
			Linear			Quadrático			
			Significância	a	b	Significância	a	b	c
‘Imperial Gala’									
AC + MCP _g	Escurecimento Interno (1-4)	Testemunha	***	0,73	0,053	ns			
AC + MCP _g	Escurecimento Interno (1-4)	MCP _a	***	0,77	0,034	ns			
AC + MCP _g	Escurecimento Interno (1-4)	AVG	**	0,91	0,012	ns	1,0055	-0,0014	8,2E-05
AC + MCP _g	Podridões (1-3)	Testemunha	**	0,92	0,011	ns			
AC + MCP _g	Podridões (1-3)	MCP _a	***	0,97	0,006	ns			
AC + MCP _g	Podridões (1-3)	AVG	*	0,99	0,001	ns			
AC + MCP _g	Rachadura (1-2)	Testemunha	**	0,99	0,002	ns	1,01	-0,001	0,0001
AC + MCP _g	Rachadura (1-2)	MCP _a	ns	1,00	0,001	ns	0,96	0,006	-0,0001
AC + MCP _g	Rachadura (1-2)	AVG	ns	1,00	0,0003	ns	1,00	0,0004	0,0000
‘Royal Gala’									
Ar	Firmeza (N)	Testemunha	***	59,7	-0,466	ns			
Ar	Firmeza (N)	MCP _a	***	65,2	-0,632	ns			
Ar	Firmeza (N)	AVG	***	67,0	-0,623	ns			
Ar	Acidez Titulável (%)	Testemunha	**	0,239	-0,003	ns			
Ar	Acidez Titulável (%)	MCP _a	***	0,249	-0,002	ns			
Ar	Acidez Titulável (%)	AVG	**	0,249	-0,002	ns			
Ar	Sólidos Solúveis (%)	Testemunha	ns	12,1	0,004	ns			
Ar	Sólidos Solúveis (%)	MCP _a	ns	12,2	0,007	ns			
Ar	Sólidos Solúveis (%)	AVG	ns	12,3	0,001	ns			
Ar	Escurecimento Interno (1-4)	Testemunha	***	0,85	0,020	ns			
Ar	Escurecimento Interno (1-4)	MCP _a	***	0,93	0,009	ns			
Ar	Escurecimento Interno (1-4)	AVG	**	0,93	0,009	ns			
Ar	Podridões (1-3)	Testemunha	***	0,88	0,020	ns			
Ar	Podridões (1-3)	MCP _a	***	0,94	0,013	ns			
Ar	Podridões (1-3)	AVG	***	0,97	0,010	ns			
Ar	Rachadura (1-2)	Testemunha	**	0,93	0,009	ns	0,98	0,001	0,0002
Ar	Rachadura (1-2)	MCP _a	***	0,96	0,005	ns	1,03	-0,006	0,0003
Ar	Rachadura (1-2)	AVG	*	0,97	0,005	ns	1,01	-0,001	0,0002
AC	Firmeza (N)	Testemunha	**	58,0	-0,368	ns			
AC	Firmeza (N)	MCP _a	***	81,3	-1,170	ns			
AC	Firmeza (N)	AVG	***	74,9	-0,582	ns			
AC	Acidez Titulável (%)	Testemunha	ns	0,225	-0,001	ns			
AC	Acidez Titulável (%)	MCP _a	ns	0,221	-0,0002	ns			
AC	Acidez Titulável (%)	AVG	**	0,237	-0,001	ns			
AC	Sólidos Solúveis (%)	Testemunha	ns	11,9	0,023	ns			
AC	Sólidos Solúveis (%)	MCP _a	***	11,6	0,041	ns			
AC	Sólidos Solúveis (%)	AVG	ns	12,3	0,010	ns			
AC	Escurecimento Interno (1-4)	Testemunha	**	1,09	0,030	ns			
AC	Escurecimento Interno (1-4)	MCP _a	***	0,82	0,027	ns			
AC	Escurecimento Interno (1-4)	AVG	**	0,91	0,015	ns			
AC	Podridões (1-3)	Testemunha	***	0,95	0,021	ns			
AC	Podridões (1-3)	MCP _a	***	1,02	0,011	ns			
AC	Podridões (1-3)	AVG	**	0,99	0,013	ns			

Continua

Continuação

Anexo C – Modelos lineares e quadráticos para variações dos indicadores da maturação e qualidade das maçãs após a armazenagem em função das datas de colheita, para cada pomar (cultivar), atmosfera de armazenagem e tratamento. Modelos determinados pela combinação dos dados de 4 anos (n=16, 4 repetições x 4 anos) ou 2 anos (n=8, 4 repetições x 2 anos) para frutos armazenados sob atmosfera do ar ou atmosfera controlada, respectivamente.

Atmosfera de armazenagem	Variável	Tratamento	Modelos						
			Linear			Quadrático			
			Significância	a	b	Significância	a	b	c
'Royal Gala'									
AC	Rachadura (1-2)	Testemunha	ns	1,02	0,0004	ns	1,03	-0,0001	0,00001
AC	Rachadura (1-2)	MCP _a	**	0,99	0,001	ns	0,99	0,001	0,00000
AC	Rachadura (1-2)	AVG	*	0,99	0,001	ns	1,02	-0,003	0,0001
AC + MCP _g	Firmeza (N)	Testemunha	**	67,5	-0,560	ns			
AC + MCP _g	Firmeza (N)	MCP _a	***	82,2	-0,905	ns			
AC + MCP _g	Firmeza (N)	AVG	***	79,8	-0,530	ns			
AC + MCP _g	Acidez Titulável (%)	Testemunha	ns	0,236	-0,001	ns			
AC + MCP _g	Acidez Titulável (%)	MCP _a	ns	0,233	-0,001	ns			
AC + MCP _g	Acidez Titulável (%)	AVG	*	0,247	-0,001	ns			
AC + MCP _g	Sólidos Solúveis (%)	Testemunha	ns	11,9	0,027	ns			
AC + MCP _g	Sólidos Solúveis (%)	MCP _a	***	11,6	0,037	ns			
AC + MCP _g	Sólidos Solúveis (%)	AVG	ns	12,8	-0,006	ns			
AC + MCP _g	Escurecimento Interno (1-4)	Testemunha	**	0,82	0,037	ns			
AC + MCP _g	Escurecimento Interno (1-4)	MCP _a	***	0,90	0,016	ns			
AC + MCP _g	Escurecimento Interno (1-4)	AVG	***	0,93	0,010	ns			
AC + MCP _g	Podridões (1-3)	Testemunha	***	0,90	0,023	ns			
AC + MCP _g	Podridões (1-3)	MCP _a	**	1,06	0,008	ns			
AC + MCP _g	Podridões (1-3)	AVG	*	1,02	0,008	ns			
AC + MCP _g	Rachadura (1-2)	Testemunha	ns	0,99	0,001	ns	0,99	0,002	0,0000
AC + MCP _g	Rachadura (1-2)	MCP _a	ns	1,00	0,0003	ns	0,99	0,001	0,0000
AC + MCP _g	Rachadura (1-2)	AVG	ns	1,01	-0,0001	ns	0,99	0,002	-0,0001

ns, *, **, ***: significância dos polinômios Lineares e Quadráticos: não significativos ou significativos a 0,05; 0,01; ou 0,001, respectivamente.

a, b: coeficientes do modelo linear: $Y=a+bX$.

a, b, c: coeficientes do modelo quadrático: $Y=a+bX+cX^2$.

Anexo D – Modelos lineares e quadráticos para variações dos indicadores da maturação e qualidade das maçãs após a armazenagem em função das datas de colheita, para cada ano, pomar (cultivar), atmosfera de armazenagem e tratamento. n=4.

Ano	Atmosfera de armazenagem	Variável	Tratamento	Modelos						
				Linear			Quadrático			
				Significância	a	b	Significância	a	b	c
'Imperial Gala'										
2007	Ar	Firmeza (N)	Testemunha	***	57,6	-0,801	ns			
2007	Ar	Firmeza (N)	MCP _a	***	68,8	-1,147	ns			
2007	Ar	Firmeza (N)	AVG	***	58,5	-0,646	*			
2007	Ar	Acidez Titulável (%)	Testemunha	***	0,257	-0,003	ns			
2007	Ar	Acidez Titulável (%)	MCP _a	***	0,265	-0,003	ns			
2007	Ar	Acidez Titulável (%)	AVG	**	0,242	-0,002	ns			
2007	Ar	Sólidos Solúveis (%)	Testemunha	ns	11,5	-0,006	*			
2007	Ar	Sólidos Solúveis (%)	MCP _a	ns	11,4	-0,008	*			
2007	Ar	Sólidos Solúveis (%)	AVG	ns	11,3	0,004	ns			
2007	Ar	Escurecimento Interno (1-4)	Testemunha	***	0,34	0,094	ns			
2007	Ar	Escurecimento Interno (1-4)	MCP _a	***	0,52	0,065	ns			
2007	Ar	Escurecimento Interno (1-4)	AVG	***	0,64	0,049	ns			
2007	Ar	Podridões (1-3)	Testemunha	*	0,97	0,005	***			
2007	Ar	Podridões (1-3)	MCP _a	**	0,99	0,002	ns			
2007	Ar	Podridões (1-3)	AVG	ns	1,04	-0,001	ns			
2007	Ar	Rachadura (1-2)	Testemunha	**	0,94	0,007	ns	0,89	0,011	0,0003
2007	Ar	Rachadura (1-2)	MCP _a	***	0,94	0,006	ns	0,88	0,013	0,0001
2007	Ar	Rachadura (1-2)	AVG	*	0,97	0,003	ns	0,90	0,011	0,0001
2008	Ar	Firmeza (N)	Testemunha	*	75,7	-0,602	ns			
2008	Ar	Firmeza (N)	MCP _a	***	84,7	-1,264	*			
2008	Ar	Firmeza (N)	AVG	**	84,0	-0,667	ns			
2008	Ar	Acidez Titulável (%)	Testemunha	***	0,454	-0,006	*			
2008	Ar	Acidez Titulável (%)	MCP _a	***	0,422	-0,007	*			
2008	Ar	Acidez Titulável (%)	AVG	*	0,397	-0,005	ns			
2008	Ar	Sólidos Solúveis (%)	Testemunha	ns	13,8	0,034	*			
2008	Ar	Sólidos Solúveis (%)	MCP _a	ns	13,8	-0,012	ns			
2008	Ar	Sólidos Solúveis (%)	AVG	ns	13,2	0,040	ns			
2008	Ar	Escurecimento Interno (1-4)	Testemunha	ns	1,02	0,002	ns			
2008	Ar	Escurecimento Interno (1-4)	MCP _a	**	0,91	0,009	ns			
2008	Ar	Escurecimento Interno (1-4)	AVG	*	0,94	0,006	*			
2008	Ar	Podridões (1-3)	Testemunha	ns	0,99	0,002	ns			
2008	Ar	Podridões (1-3)	MCP _a	ns	1,04	0,000	ns			
2008	Ar	Podridões (1-3)	AVG	ns	0,95	0,005	ns			
2008	Ar	Rachadura (1-2)	Testemunha	.	.	.	.
2008	Ar	Rachadura (1-2)	MCP _a	*	0,98	0,001	*	1,03	-0,005	0,0002
2008	Ar	Rachadura (1-2)	AVG	.	.	.	.
2009	Ar	Firmeza (N)	Testemunha	*	61,6	-0,269	*			
2009	Ar	Firmeza (N)	MCP _a	**	70,6	-0,604	***			
2009	Ar	Firmeza (N)	AVG	***	65,4	-0,430	ns			
2009	Ar	Acidez Titulável (%)	Testemunha	*	0,247	-0,002	ns			
2009	Ar	Acidez Titulável (%)	MCP _a	ns	0,263	-0,002	***			
2009	Ar	Acidez Titulável (%)	AVG	***	0,259	-0,003	*			
2009	Ar	Sólidos Solúveis (%)	Testemunha	ns	12,1	-0,001	ns			
2009	Ar	Sólidos Solúveis (%)	MCP _a	ns	12,4	-0,017	*			
2009	Ar	Sólidos Solúveis (%)	AVG	ns	12,2	-0,002	ns			
2009	Ar	Escurecimento Interno (1-4)	Testemunha	ns	1,01	0,000	ns			
2009	Ar	Escurecimento Interno (1-4)	MCP _a	.	.	.	.
2009	Ar	Escurecimento Interno (1-4)	AVG	ns	1,00	0,001	ns			
2009	Ar	Podridões (1-3)	Testemunha	.	.	.	.
2009	Ar	Podridões (1-3)	MCP _a	ns	1,01	0,001	ns			
2009	Ar	Podridões (1-3)	AVG	ns	0,99	0,001	ns			

Continua

Continuação

Anexo D – Modelos lineares e quadráticos para variações dos indicadores da maturação e qualidade das maçãs após a armazenagem em função das datas de colheita, para cada ano, pomar (cultivar), atmosfera de armazenagem e tratamento. n=4.

Ano	Atmosfera de armazenagem	Variável	Tratamento	Modelos						
				Linear			Quadrático			
				Significância	a	b	Significância	a	b	c
'Imperial Gala'										
2009	Ar	Rachadura (1-2)	Testemunha	.	.	.	.	.	.	.
2009	Ar	Rachadura (1-2)	MCP _a	ns	1,00	0,0002	ns	1,00	-0,001	0,00003
2009	Ar	Rachadura (1-2)	AVG	.	.	.	.	.	.	.
2010	Ar	Firmeza (N)	Testemunha	**	61,0	-0,584	ns	.	.	.
2010	Ar	Firmeza (N)	MCP _a	***	69,2	-0,880	**	.	.	.
2010	Ar	Firmeza (N)	AVG	***	63,7	-0,586	ns	.	.	.
2010	Ar	Acidez Titulável (%)	Testemunha	***	0,259	-0,004	ns	.	.	.
2010	Ar	Acidez Titulável (%)	MCP _a	***	0,296	-0,005	ns	.	.	.
2010	Ar	Acidez Titulável (%)	AVG	**	0,257	-0,004	ns	.	.	.
2010	Ar	Sólidos Solúveis (%)	Testemunha	ns	11,9	0,001	ns	.	.	.
2010	Ar	Sólidos Solúveis (%)	MCP _a	ns	12,5	-0,035	ns	.	.	.
2010	Ar	Sólidos Solúveis (%)	AVG	ns	12,2	-0,015	ns	.	.	.
2010	Ar	Escurecimento Interno (1-4)	Testemunha	***	0,61	0,040	*	.	.	.
2010	Ar	Escurecimento Interno (1-4)	MCP _a	***	0,77	0,024	ns	.	.	.
2010	Ar	Escurecimento Interno (1-4)	AVG	***	0,90	0,011	ns	.	.	.
2010	Ar	Podridões (1-3)	Testemunha	*	0,96	0,006	ns	.	.	.
2010	Ar	Podridões (1-3)	MCP _a	*	0,90	0,012	ns	.	.	.
2010	Ar	Podridões (1-3)	AVG	ns	0,99	0,002	ns	.	.	.
2010	Ar	Rachadura (1-2)	Testemunha	***	0,68	0,029	**	1,38	-0,071	0,003
2010	Ar	Rachadura (1-2)	MCP _a	***	0,75	0,023	***	1,26	-0,050	0,002
2010	Ar	Rachadura (1-2)	AVG	**	0,87	0,012	**	1,17	-0,031	0,001
2007	AC	Firmeza (N)	Testemunha	***	63,2	-1,448	ns	.	.	.
2007	AC	Firmeza (N)	MCP _a	***	77,3	-1,555	ns	.	.	.
2007	AC	Firmeza (N)	AVG	***	80,8	-1,452	ns	.	.	.
2007	AC	Acidez Titulável (%)	Testemunha	***	0,252	-0,003	ns	.	.	.
2007	AC	Acidez Titulável (%)	MCP _a	***	0,250	-0,002	ns	.	.	.
2007	AC	Acidez Titulável (%)	AVG	***	0,249	-0,002	ns	.	.	.
2007	AC	Sólidos Solúveis (%)	Testemunha	*	11,4	0,026	ns	.	.	.
2007	AC	Sólidos Solúveis (%)	MCP _a	ns	11,4	0,016	ns	.	.	.
2007	AC	Sólidos Solúveis (%)	AVG	ns	11,4	0,015	ns	.	.	.
2007	AC	Escurecimento Interno (1-4)	Testemunha	***	0,66	0,092	ns	.	.	.
2007	AC	Escurecimento Interno (1-4)	MCP _a	***	0,59	0,068	ns	.	.	.
2007	AC	Escurecimento Interno (1-4)	AVG	***	0,72	0,042	ns	.	.	.
2007	AC	Podridões (1-3)	Testemunha	***	0,80	0,024	ns	.	.	.
2007	AC	Podridões (1-3)	MCP _a	***	0,92	0,011	ns	.	.	.
2007	AC	Podridões (1-3)	AVG	**	0,95	0,006	ns	.	.	.
2007	AC	Rachadura (1-2)	Testemunha	***	0,92	0,011	ns	.	.	.
2007	AC	Rachadura (1-2)	MCP _a	***	0,96	0,005	ns	.	.	.
2007	AC	Rachadura (1-2)	AVG	ns	1,00	0,001	ns	.	.	.
2009	AC	Firmeza (N)	Testemunha	***	53,1	-0,740	ns	.	.	.
2009	AC	Firmeza (N)	MCP _a	***	69,0	-1,222	ns	.	.	.
2009	AC	Firmeza (N)	AVG	***	62,8	-0,689	ns	.	.	.
2009	AC	Acidez Titulável (%)	Testemunha	*	0,269	-0,002	ns	.	.	.
2009	AC	Acidez Titulável (%)	MCP _a	***	0,339	-0,004	ns	.	.	.
2009	AC	Acidez Titulável (%)	AVG	***	0,295	-0,002	ns	.	.	.
2009	AC	Sólidos Solúveis (%)	Testemunha	ns	12,0	0,008	ns	.	.	.
2009	AC	Sólidos Solúveis (%)	MCP _a	ns	12,7	-0,018	ns	.	.	.
2009	AC	Sólidos Solúveis (%)	AVG	ns	12,2	0,003	ns	.	.	.
2009	AC	Escurecimento Interno (1-4)	Testemunha	***	0,52	0,075	ns	.	.	.
2009	AC	Escurecimento Interno (1-4)	MCP _a	***	0,54	0,055	*	.	.	.
2009	AC	Escurecimento Interno (1-4)	AVG	***	0,82	0,021	ns	.	.	.

Continua

Continuação

Anexo D – Modelos lineares e quadráticos para variações dos indicadores da maturação e qualidade das maçãs após a armazenagem em função das datas de colheita, para cada ano, pomar (cultivar), atmosfera de armazenagem e tratamento. n=4.

Ano	Atmosfera de armazenagem	Variável	Tratamento	Modelos					
				Linear			Quadrático		
				Significância	a	b	Significância	a	b	c
'Imperial Gala'									
2009	AC	Podridões (1-3)	Testemunha	ns	0,99	0,003	ns		
2009	AC	Podridões (1-3)	MCP _a	ns	1,01	0,001	ns		
2009	AC	Podridões (1-3)	AVG	ns	1,01	0,000	ns		
2009	AC	Rachadura (1-2)	Testemunha	***	0,91	0,010	ns		
2009	AC	Rachadura (1-2)	MCP _a	***	0,89	0,010	***		
2009	AC	Rachadura (1-2)	AVG	*	0,98	0,002	ns		
2007	AC + MCP _g	Firmeza (N)	Testemunha	***	76,4	-1,467	ns		
2007	AC + MCP _g	Firmeza (N)	MCP _a	***	89,5	-1,516	ns		
2007	AC + MCP _g	Firmeza (N)	AVG	***	85,4	-0,888	ns		
2007	AC + MCP _g	Acidez Titulável (%)	Testemunha	***	0,273	-0,003	ns		
2007	AC + MCP _g	Acidez Titulável (%)	MCP _a	***	0,271	-0,002	ns		
2007	AC + MCP _g	Acidez Titulável (%)	AVG	*	0,264	-0,002	ns		
2007	AC + MCP _g	Sólidos Solúveis (%)	Testemunha	**	11,5	0,026	**		
2007	AC + MCP _g	Sólidos Solúveis (%)	MCP _a	*	11,0	0,035	*		
2007	AC + MCP _g	Sólidos Solúveis (%)	AVG	ns	11,5	0,016	ns		
2007	AC + MCP _g	Escurecimento Interno (1-4)	Testemunha	***	0,78	0,065	ns		
2007	AC + MCP _g	Escurecimento Interno (1-4)	MCP _a	***	0,78	0,040	ns		
2007	AC + MCP _g	Escurecimento Interno (1-4)	AVG	*	0,89	0,016	ns		
2007	AC + MCP _g	Podridões (1-3)	Testemunha	**	0,89	0,016	ns		
2007	AC + MCP _g	Podridões (1-3)	MCP _a	***	0,95	0,007	ns		
2007	AC + MCP _g	Podridões (1-3)	AVG	ns	1,00	0,001	ns		
2007	AC + MCP _g	Rachadura (1-2)	Testemunha	ns	0,98	0,005	ns		
2007	AC + MCP _g	Rachadura (1-2)	MCP _a	ns	0,99	0,002	ns		
2007	AC + MCP _g	Rachadura (1-2)	AVG	ns	1,00	0,0002	ns		
2009	AC + MCP _g	Firmeza (N)	Testemunha	*	68,4	-0,710	ns		
2009	AC + MCP _g	Firmeza (N)	MCP _a	***	73,3	-0,759	ns		
2009	AC + MCP _g	Firmeza (N)	AVG	*	74,5	-0,383	ns		
2009	AC + MCP _g	Acidez Titulável (%)	Testemunha	*	0,310	-0,003	ns		
2009	AC + MCP _g	Acidez Titulável (%)	MCP _a	***	0,346	-0,004	ns		
2009	AC + MCP _g	Acidez Titulável (%)	AVG	***	0,310	-0,003	ns		
2009	AC + MCP _g	Sólidos Solúveis (%)	Testemunha	ns	12,2	0,011	ns		
2009	AC + MCP _g	Sólidos Solúveis (%)	MCP _a	ns	12,9	-0,022	ns		
2009	AC + MCP _g	Sólidos Solúveis (%)	AVG	ns	12,2	0,016	ns		
2009	AC + MCP _g	Escurecimento Interno (1-4)	Testemunha	**	0,85	0,025	ns		
2009	AC + MCP _g	Escurecimento Interno (1-4)	MCP _a	**	0,77	0,027	ns		
2009	AC + MCP _g	Escurecimento Interno (1-4)	AVG	*	0,93	0,008	ns		
2009	AC + MCP _g	Podridões (1-3)	Testemunha	ns	1,01	0,000	ns		
2009	AC + MCP _g	Podridões (1-3)	MCP _a	ns	0,99	0,004	ns		
2009	AC + MCP _g	Podridões (1-3)	AVG	*	0,99	0,002	ns		
2009	AC + MCP _g	Rachadura (1-2)	Testemunha	ns	1,00	0,0003	ns		
2009	AC + MCP _g	Rachadura (1-2)	MCP _a	ns	1,00	0,0001	ns		
2009	AC + MCP _g	Rachadura (1-2)	AVG	ns	1,00	0,0004	ns		
'Royal Gala'									
2007	Ar	Firmeza (N)	Testemunha	***	55,4	-0,410	ns		
2007	Ar	Firmeza (N)	MCP _a	**	54,9	-0,341	ns		
2007	Ar	Firmeza (N)	AVG	***	60,0	-0,580	ns		
2007	Ar	Acidez Titulável (%)	Testemunha	ns	0,227	-0,001	ns		
2007	Ar	Acidez Titulável (%)	MCP _a	ns	0,217	0,000	ns		
2007	Ar	Acidez Titulável (%)	AVG	***	0,240	-0,002	ns		
2007	Ar	Sólidos Solúveis (%)	Testemunha	ns	11,7	0,023	ns		

Continua

Continuação

Anexo D – Modelos lineares e quadráticos para variações dos indicadores da maturação e qualidade das maçãs após a armazenagem em função das datas de colheita, para cada ano, pomar (cultivar), atmosfera de armazenagem e tratamento. n=4.

Ano	Atmosfera de armazenagem	Variável	Tratamento	Modelos						
				Linear		Quadrático				
				Significância	a	b	Significância	a	b	c
‘Royal Gala’										
2007	Ar	Sólidos Solúveis (%)	MCP _a	**	11,3	0,038	ns			
2007	Ar	Sólidos Solúveis (%)	AVG	ns	12,3	0,003	ns			
2007	Ar	Escurecimento Interno (1-4)	Testemunha	***	0,81	0,021	*			
2007	Ar	Escurecimento Interno (1-4)	MCP _a	***	0,91	0,012	ns			
2007	Ar	Escurecimento Interno (1-4)	AVG	**	0,91	0,008	***			
2007	Ar	Podridões (1-3)	Testemunha	ns	1,02	0,010	ns			
2007	Ar	Podridões (1-3)	MCP _a	***	1,02	0,007	ns			
2007	Ar	Podridões (1-3)	AVG	ns	1,06	0,003	*			
2007	Ar	Rachadura (1-2)	Testemunha	ns	0,98	0,002	ns			
2007	Ar	Rachadura (1-2)	MCP _a	.	.	.	.
2007	Ar	Rachadura (1-2)	AVG	.	.	.	.
2008	Ar	Firmeza (N)	Testemunha	***	67,2	-0,763	ns			
2008	Ar	Firmeza (N)	MCP _a	***	77,5	-1,097	ns			
2008	Ar	Firmeza (N)	AVG	***	88,5	-1,276	ns			
2008	Ar	Acidez Titulável (%)	Testemunha	***	0,349	-0,006	ns			
2008	Ar	Acidez Titulável (%)	MCP _a	***	0,326	-0,004	ns			
2008	Ar	Acidez Titulável (%)	AVG	***	0,334	-0,004	ns			
2008	Ar	Sólidos Solúveis (%)	Testemunha	ns	12,7	0,002	ns			
2008	Ar	Sólidos Solúveis (%)	MCP _a	ns	12,8	0,008	ns			
2008	Ar	Sólidos Solúveis (%)	AVG	ns	13,3	-0,006	ns			
2008	Ar	Escurecimento Interno (1-4)	Testemunha	ns	0,83	0,021	ns			
2008	Ar	Escurecimento Interno (1-4)	MCP _a	ns	0,97	0,007	ns			
2008	Ar	Escurecimento Interno (1-4)	AVG	*	0,98	0,003	ns			
2008	Ar	Podridões (1-3)	Testemunha	*	1,01	0,005	ns			
2008	Ar	Podridões (1-3)	MCP _a	***	0,99	0,008	ns			
2008	Ar	Podridões (1-3)	AVG	ns	1,05	0,002	ns			
2008	Ar	Rachadura (1-2)	Testemunha	*	0,98	0,002	ns			
2008	Ar	Rachadura (1-2)	MCP _a	*	0,99	0,001	ns			
2008	Ar	Rachadura (1-2)	AVG	ns	1,00	0,0004	ns			
2009	Ar	Firmeza (N)	Testemunha	***	62,8	-0,449	ns			
2009	Ar	Firmeza (N)	MCP _a	***	67,3	-0,601	*			
2009	Ar	Firmeza (N)	AVG	***	63,0	-0,319	ns			
2009	Ar	Acidez Titulável (%)	Testemunha	*	0,206	-0,002	ns			
2009	Ar	Acidez Titulável (%)	MCP _a	***	0,237	-0,003	ns			
2009	Ar	Acidez Titulável (%)	AVG	***	0,234	-0,003	ns			
2009	Ar	Sólidos Solúveis (%)	Testemunha	ns	12,5	-0,018	ns			
2009	Ar	Sólidos Solúveis (%)	MCP _a	ns	12,5	-0,018	ns			
2009	Ar	Sólidos Solúveis (%)	AVG	ns	12,3	-0,014	ns			
2009	Ar	Escurecimento Interno (1-4)	Testemunha	.	.	.	.
2009	Ar	Escurecimento Interno (1-4)	MCP _a	.	.	.	.
2009	Ar	Escurecimento Interno (1-4)	AVG	.	.	.	.
2009	Ar	Podridões (1-3)	Testemunha	*	0,92	0,012	ns			
2009	Ar	Podridões (1-3)	MCP _a	ns	1,02	0,003	ns			
2009	Ar	Podridões (1-3)	AVG	ns	1,02	0,002	*			
2009	Ar	Rachadura (1-2)	Testemunha	*	0,99	0,001	ns			
2009	Ar	Rachadura (1-2)	MCP _a	*	0,98	0,002	ns			
2009	Ar	Rachadura (1-2)	AVG	ns	1,00	0,0002	ns			
2010	Ar	Firmeza (N)	Testemunha	**	53,4	-0,221	ns			
2010	Ar	Firmeza (N)	MCP _a	***	61,1	-0,486	***			
2010	Ar	Firmeza (N)	AVG	***	56,0	-0,283	ns			
2010	Ar	Acidez Titulável (%)	Testemunha	ns	0,177	-0,001	ns			

Continua

Continuação

Anexo D – Modelos lineares e quadráticos para variações dos indicadores da maturação e qualidade das maçãs após a armazenagem em função das datas de colheita, para cada ano, pomar (cultivar), atmosfera de armazenagem e tratamento. n=4.

Ano	Atmosfera de armazenagem	Variável	Tratamento	Modelos						
				Linear		Quadrático				
				Significância	a	b	Significância	a	b	c
‘Royal Gala’										
2010	Ar	Acidez Titulável (%)	MCP _a	***	0,246	-0,004	*			
2010	Ar	Acidez Titulável (%)	AVG	***	0,225	-0,004	ns			
2010	Ar	Sólidos Solúveis (%)	Testemunha	ns	11,6	0,011	ns			
2010	Ar	Sólidos Solúveis (%)	MCP _a	***	12,6	-0,054	ns			
2010	Ar	Sólidos Solúveis (%)	AVG	ns	12,1	-0,028	ns			
2010	Ar	Escurecimento Interno (1-4)	Testemunha	***	0,75	0,035	ns			
2010	Ar	Escurecimento Interno (1-4)	MCP _a	***	0,83	0,018	ns			
2010	Ar	Escurecimento Interno (1-4)	AVG	**	0,85	0,023	ns			
2010	Ar	Podridões (1-3)	Testemunha	***	0,65	0,046	**			
2010	Ar	Podridões (1-3)	MCP _a	***	0,72	0,034	***			
2010	Ar	Podridões (1-3)	AVG	***	0,76	0,031	***			
2010	Ar	Rachadura (1-2)	Testemunha	***	0,81	0,026	ns			
2010	Ar	Rachadura (1-2)	MCP _a	***	0,87	0,015	**			
2010	Ar	Rachadura (1-2)	AVG	***	0,90	0,016	**			
2007	AC	Firmeza (N)	Testemunha	**	58,0	-0,368	ns			
2007	AC	Firmeza (N)	MCP _a	***	81,3	-1,172	ns			
2007	AC	Firmeza (N)	AVG	***	74,8	-0,581	ns			
2007	AC	Acidez Titulável (%)	Testemunha	ns	0,225	-0,001	ns			
2007	AC	Acidez Titulável (%)	MCP _a	ns	0,221	0,000	ns			
2007	AC	Acidez Titulável (%)	AVG	**	0,237	-0,001	ns			
2007	AC	Sólidos Solúveis (%)	Testemunha	ns	11,9	0,023	ns			
2007	AC	Sólidos Solúveis (%)	MCP _a	***	11,6	0,041	ns			
2007	AC	Sólidos Solúveis (%)	AVG	ns	12,3	0,010	ns			
2007	AC	Escurecimento Interno (1-4)	Testemunha	**	1,09	0,030	ns			
2007	AC	Escurecimento Interno (1-4)	MCP _a	***	0,82	0,027	ns			
2007	AC	Escurecimento Interno (1-4)	AVG	**	0,91	0,015	ns			
2007	AC	Podridões (1-3)	Testemunha	***	0,95	0,021	ns			
2007	AC	Podridões (1-3)	MCP _a	***	1,02	0,011	ns			
2007	AC	Podridões (1-3)	AVG	**	0,99	0,013	ns			
2007	AC	Rachadura (1-2)	Testemunha	ns	1,02	0,0004	ns			
2007	AC	Rachadura (1-2)	MCP _a	**	0,99	0,001	ns			
2007	AC	Rachadura (1-2)	AVG	*	0,99	0,001	ns			
2007	AC + MCP _g	Firmeza (N)	Testemunha	**	67,6	-0,560	ns			
2007	AC + MCP _g	Firmeza (N)	MCP _a	***	82,2	-0,905	ns			
2007	AC + MCP _g	Firmeza (N)	AVG	***	79,8	-0,529	ns			
2007	AC + MCP _g	Acidez Titulável (%)	Testemunha	ns	0,236	-0,001	ns			
2007	AC + MCP _g	Acidez Titulável (%)	MCP _a	ns	0,233	-0,001	ns			
2007	AC + MCP _g	Acidez Titulável (%)	AVG	*	0,247	-0,001	ns			
2007	AC + MCP _g	Sólidos Solúveis (%)	Testemunha	ns	11,9	0,027	ns			
2007	AC + MCP _g	Sólidos Solúveis (%)	MCP _a	***	11,6	0,037	ns			
2007	AC + MCP _g	Sólidos Solúveis (%)	AVG	ns	12,8	-0,006	ns			
2007	AC + MCP _g	Escurecimento Interno (1-4)	Testemunha	**	0,82	0,037	ns			
2007	AC + MCP _g	Escurecimento Interno (1-4)	MCP _a	***	0,90	0,016	ns			
2007	AC + MCP _g	Escurecimento Interno (1-4)	AVG	***	0,93	0,010	ns			
2007	AC + MCP _g	Podridões (1-3)	Testemunha	***	0,90	0,023	ns			
2007	AC + MCP _g	Podridões (1-3)	MCP _a	***	1,06	0,008	ns			
2007	AC + MCP _g	Podridões (1-3)	AVG	**	1,01	0,008	ns			
2007	AC + MCP _g	Rachadura (1-2)	Testemunha	ns	1,02	0,0004	ns			
2007	AC + MCP _g	Rachadura (1-2)	MCP _a	**	0,99	0,001	ns			
2007	AC + MCP _g	Rachadura (1-2)	AVG	*	0,99	0,001	ns			

ns, *, **, ***: significância dos polinômios Lineares e Quadráticos: não significativos ou significativos a 0,05; 0,01; ou 0,001, respectivamente.

a, b: coeficientes do modelo linear: $Y=a+bX$.

a, b, c: coeficientes do modelo quadrático: $Y=a+bX+cX^2$.