

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

MANEJO DE MATURAÇÃO E ESCALONAMENTO DE COLHEITA EM
MACIEIRAS 'GALAXY' SOB TELA ANTIGRANIZO

Fabiana Regina Wundrak
Engenheira Agrônoma/UFPR

Dissertação apresentada com um dos requisitos
à obtenção do Grau de Mestre em Fitotecnia
Área de Concentração: Sistemas de Produção Vegetal

Porto Alegre (RS), Brasil
Julho de 2022

CIP - Catalogação na Publicação

Wundrak, Fabiana Regina
Manejo de maturação e escalonamento de colheita em
macieiras 'Galaxy' sob tela antigranizo / Fabiana
Regina Wundrak. -- 2022.
95 f.
Orientador: Gilmar Arduino Bettio Marodin.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa de
Pós-Graduação em Fitotecnia, Porto Alegre, BR-RS,
2022.

1. Aminoetoxivinilglicina. 2. Maçã. 3. Malus
domestica. 4. Colheita. I. Marodin, Gilmar Arduino
Bettio, orient. II. Título.

FABIANA REGINA WUNDRAK
Engenheiro(a) Agrônomo(a) - UFPR

DISSERTAÇÃO

Submetida como parte dos requisitos
para obtenção do Grau de

MESTRE EM FITOTECNIA

Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia
Faculdade de Agronomia
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Porto Alegre (RS), Brasil

Aprovado em:01/07/2022
Pela Banca Examinadora

GILMAR ARDUINO BETTIO MARODIN
Orientador(a)
PPG em Fitotecnia/UFRGS

SIMONE MUNDSTOCK JAHNKE
Coordenadora do Programa de
Pós-Graduação em Fitotecnia

RENAR JOÃO BENDER
PPG em Fitotecnia/UFRGS

GILMAR SCHAFFER
PPG em Fitotecnia/UFRGS

CARLOS ALBERTO BISSANI
Diretor da Faculdade de
Agronomia

FERNANDO JOSÉ HAWERROTH
EMBRAPA UVA E VINHO

AGRADECIMENTOS

À Deus, por toda sua grandiosidade, e por tudo que permitiu acontecer em minha vida. Aos meus pais e irmãos, pelo suporte, apoio e incentivo durante o mestrado. Tivemos muitos obstáculos durante esse período, em especial a distância, mas a contribuição de vocês foi essencial em todo o processo.

Ao prof. orientador Dr. Gilmar Arduino Bettio Marodin e ao pesquisador Dr. Fernando José Hawerth, pelo apoio, amizade, suporte e ensinamentos que foram indispensáveis no decorrer de todo o mestrado.

Aos bolsistas e pós-graduandos do grupo de pesquisa do Laboratório de Fisiologia e Manejo de Frutíferas de Clima Temperado, da Embrapa Uva e Vinho, pela grande amizade e ajuda durante o desenvolvimento da experimentação, além de toda assistência fornecida ao longo dessa etapa.

Aos meus amigos e familiares de Toledo-PR que, apesar da distância, foram fundamentais nesse período.

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia e professores, pela formação e aprendizados.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela bolsa de estudos concedida.

MANEJO DE MATURAÇÃO E ESCALONAMENTO DE COLHEITA EM MACIEIRAS ‘GALAXY’ SOB TELA ANTIGRANIZO¹

Autora: Fabiana Regina Wundrak

Orientador: Gilmar Arduino Bettio Marodin

RESUMO

O curto período de tempo destinado para a colheita em macieiras ‘Gala’ exige grande quantidade de mão de obra, podendo resultar na colheita de frutos sobre maduros e, conseqüentemente, em menor firmeza de polpa e aumento da queda pré-colheita. O manejo de maturação com reguladores de crescimento ou bioestimulantes pode ser uma ferramenta para controle de maturação, diminuição da queda pré-colheita e aumento na qualidade de frutos, principalmente sob telas antigranizo. As telas tendem a ampliar o ciclo vegetativo e exigem a adequação de práticas culturais. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de aminoetoxivinilglicina (AVG) e Tikkun[®], isolados ou associados, no controle de queda pré-colheita, maturação e qualidade de frutos em macieiras ‘Galaxy’ sob tela antigranizo. Foram conduzidos dois experimentos em pomar comercial, em Monte Alegre dos Campos-RS, no ciclo 2020/2021. O material vegetal consistiu em plantas de sete anos com porta-enxerto M.9, conduzidas em líder central e sob tela branca. O primeiro experimento consistiu na aplicação dos seguintes tratamentos: 1) Testemunha (sem aplicação); 2) AVG 125 g ha⁻¹ (3 semanas antes do ponto de colheita - SAPC); 3) AVG 90 g ha⁻¹ (3 SAPC); 4) 62,3 g ha⁻¹ (3 SAPC); 5) 62,3 g ha⁻¹ (3 SAPC) + 62,3 g ha⁻¹ (1 SAPC); 6) 32,3 g ha⁻¹ (3 SAPC) + 45 g ha⁻¹ (2 SAPC) + 45 g ha⁻¹ (1 SAPC); 7) 32,3 g ha⁻¹ (3 SAPC) + 90 g ha⁻¹ (1 SAPC) e 8) 90 g ha⁻¹ (3 SAPC) + 32,3 g ha⁻¹ (1 SAPC). O uso de AVG não diminuiu a queda antecipada de frutos. O uso de AVG 90 g ha⁻¹ (3 SAPC) resultou em atraso na maturação. O segundo experimento consistiu no uso de: 1) Testemunha (sem aplicação); 2) AVG 90 g ha⁻¹ (3 SAPC); 3) AVG 90 g ha⁻¹ + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (3 SAPC); 4) AVG 62,3 g ha⁻¹ (3 SAPC) + AVG 62,3 g ha⁻¹ (1 SAPC); 5) AVG 62,3 g ha⁻¹ + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (3 SAPC) + AVG 62,3 g ha⁻¹ + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (1 SAPC); 6) AVG 62,3 g ha⁻¹ (3 SAPC) + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (2 SAPC) + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (1 SAPC) e 7) Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (3 SAPC) + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (2 SAPC) + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (1 SAPC) + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (PC - ponto de colheita). O uso de AVG 62,3 g ha⁻¹ (3 SAPC) + AVG 62,3 g ha⁻¹ (1 SAPC) proporcionou menor queda pré-colheita acumulada. AVG 90 g ha⁻¹ + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (3 SAPC) e AVG 62,3 g ha⁻¹ (3 SAPC) + AVG 62,3 g ha⁻¹ (1 SAPC) promoveram maior retardo na maturação. A aplicação isolada de Tikkun[®] apresentou respostas semelhantes ao manejo testemunha. A AVG isolada ou associada a Tikkun[®] provocou menor degradação de amido de frutos. O escalonamento de colheita proporcionado pela aplicação de AVG se mostrou eficiente especialmente em 90 g ha⁻¹. Já a aplicação de Tikkun[®] foi efetiva apenas quando associada ao uso de AVG. De forma isolada, o uso de Tikkun[®] não resultou em escalonamento de colheita e alterações na qualidade de frutos.

¹ Dissertação de Mestrado em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (95f.) Julho, 2022.

MATURITY MANAGEMENT AND HARVEST STAGGER IN ‘GALAXY’ APPLE TREES UNDER HAIL NET¹

Author: Fabiana Regina Wundrak
Advisor: Gilmar Arduino Bettio Marodin

ABSTRACT

The short period of time allocated to harvest ‘Gala’ apples requires a large amount of labor, which can result in picking overripe fruits and, consequently, in reduced pulp firmness and increased preharvest drop. In this sense, the management of fruit ripening in apple trees with growth regulators and biostimulants is a tool for delayed maturity and controlling preharvest drop, in addition to increasing fruit quality. Also, the prolonged vegetative cycle promoted by hail nets requires the adaptation of cultural practices. The objective was to evaluate the effect of aminoethoxyvinylglycine (AVG) and Tikkun[®], alone or associated, on preharvest fruit drop, fruit maturity and quality. Two experiments were conducted in a commercial orchard in Monte Alegre dos Campos/RS, during the 2020/2021 growing season. ‘Galaxy’ apple trees grafted on M.9 rootstock, trained as a central leader under white hail net were selected as plant material. In the first trial trees were sprayed with: 1) Control (no application); 2) AVG 125 g ha⁻¹ (3 weeks before harvest - WBH); 3) AVG 90 g ha⁻¹ (3 WBH); 4) 62.3 g ha⁻¹ (3 WBH); 5) 62.3 g ha⁻¹ (3 WBH) + 62.3 g ha⁻¹ (1 WBH); 6) 32.3 g ha⁻¹ (3 WBH) + 45 g ha⁻¹ (2 WBH) + 45 g ha⁻¹ (1 WBH); 7) 32.3 g ha⁻¹ (3 WBH) + 90 g ha⁻¹ (1 WBH) and 8) 90 g ha⁻¹ (3 WBH) + 32.3 g ha⁻¹ (1 WBH). The use of AVG did not decrease preharvest fruit drop. The use of AVG 90 g ha⁻¹ (WBH) delayed fruit maturity. In the second trial trees were sprayed with: 1) Control; 2) AVG 90 g ha⁻¹ (3 WBH); 3) AVG 90 g ha⁻¹ + Tikkun[®] 1.5 L ha⁻¹ (3 WBH); 4) AVG 62.3 g ha⁻¹ (3 WBH) + AVG 62.3 g ha⁻¹ (1 WBH); 5) AVG 62.3 g ha⁻¹ + Tikkun[®] 1.5 L ha⁻¹ (3 WBH) + AVG 62.3 g ha⁻¹ + Tikkun[®] 1.5 L ha⁻¹ (1 WBH); 6) AVG 62.3 g ha⁻¹ (3 WBH) + Tikkun[®] 1.5 L ha⁻¹ (2 WBH) + Tikkun[®] 1.5 L ha⁻¹ (1 WBH) and 7) Tikkun[®] 1.5 L ha⁻¹ (3 WBH) + Tikkun[®] 1.5 L ha⁻¹ (2 WBH) + Tikkun[®] 1.5 L ha⁻¹ (1 WBH) + Tikkun[®] 1.5 L ha⁻¹ (CM - commercial maturity). The use of AVG 62.3 g ha⁻¹ (3 WBH) + AVG 62.25 g ha⁻¹ (1 WBH) resulted in lower accumulated preharvest drop. The use of AVG 90 g ha⁻¹ + Tikkun[®] 1.5 L ha⁻¹ (3 WBH) and the use of AVG 62.3 g ha⁻¹ (3 WBH) + AVG 62.3 g ha⁻¹ (1 WBH) delayed fruit maturity the most. The isolated application of Tikkun[®] provided similar responses to the control management. AVG alone or associated with Tikkun[®] resulted in less starch index. The harvest scaling provided by the application of AVG proved to be efficient, especially at 90 g ha⁻¹. The application of Tikkun[®] was effective only when associated with the use of AVG. Isolated, the use of Tikkun[®] did not result in harvest scaling and changes in fruit quality.

¹ Master dissertation in Plant Science, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (95p.) July, 2022.

SUMÁRIO

	Página
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1 Amadurecimento e senescência de frutos	5
2.2 Cultivo de macieira sob telas antigranizo no Sul do Brasil	8
2.3 Reguladores de crescimento no manejo de maturação de frutos	9
2.4 Bioestimulantes no manejo de maturação de frutos	12
2.5 Referências.....	14
3 CAPÍTULO 1 - Aminoetoxivinilglicina no manejo de maturação e escalonamento de colheita em macieiras ‘Galaxy’ sob tela antigranizo	21
3.1 Introdução	22
3.2 Material e métodos.....	23
3.3 Resultados e discussão.....	26
3.4 Conclusões	46
3.5 Referências.....	46
4 CAPÍTULO 2 - Uso isolado e combinado de aminoetoxivinilglicina e Tikkun® no manejo de maturação e escalonamento de colheita em macieiras ‘Galaxy’ sob tela antigranizo	51
4.1 Introdução	52
4.2 Material e métodos.....	53
4.3 Resultados e discussão.....	56
4.4 Conclusões	76
4.5 Referências.....	77
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	80
6 APÊNDICES	82

RELAÇÃO DE TABELAS

Página

CAPÍTULO 1

1. Contribuição relativa da data ao total de maçãs ‘Galaxy’ colhidas sob tela antigranizo em resposta a oito manejos de maturação e cinco colheitas. Monte Alegre dos Campos-RS, Brasil, safra 2020/2021.27
2. Cor de fundo da epiderme em maçãs ‘Galaxy’ sob tela antigranizo em resposta a oito manejos de maturação e cinco datas de colheita ($a^* + b^*$). Monte Alegre dos Campos-RS, Brasil, safra 2020/2021.....35
3. Classificação de frutos conforme a porcentagem de recobrimento por vermelho da epiderme (<25%, 25 a 50%, 50 a 75% e >75%) em macieiras ‘Galaxy’ sob tela antigranizo em resposta a oito manejos de maturação e cinco datas de colheita. Monte Alegre dos Campos-RS, Brasil, safra 2020/2021.....38
4. Acidez titulável de maçãs ‘Galaxy’ sob tela antigranizo em resposta a oito manejos de maturação e cinco datas de colheita. Monte Alegre dos Campos-RS, Brasil, safra 2020/2021.....44

CAPÍTULO 2

1. Queda pré-colheita de frutos em macieiras ‘Galaxy’ sob tela antigranizo em resposta a sete manejos de maturação e seis datas de amostragem. Monte Alegre dos Campos-RS, Brasil, safra 2020/2021.56
2. Contribuição relativa da data ao total de maçãs ‘Galaxy’ colhidas sob tela antigranizo em resposta a sete manejos de maturação e quatro colheitas. Monte Alegre dos Campos-RS, Brasil, safra 2020/2021.58
3. Categorização de frutos de acordo com o calibre (≤ 80 , 90 a 100, 110 a 120, 135 a 165 e ≥ 180) em macieiras ‘Galaxy’ sob tela antigranizo em resposta a sete manejos de maturação e quatro datas de colheita. Monte Alegre dos Campos-RS, Brasil, safra 2020/2021.....62
4. Cor de fundo da epiderme de frutos de macieiras ‘Galaxy’ sob tela antigranizo em resposta a sete manejos de maturação e quatro datas de colheita ($a^* + b^*$). Monte Alegre dos Campos-RS, Brasil, safra 2020/2021.66
5. Acidez titulável de frutos em macieiras ‘Galaxy’ sob tela antigranizo em resposta a sete manejos de maturação e quatro datas de colheita. Monte Alegre dos Campos-RS, Brasil, safra 2020/2021.74

RELAÇÃO DE FIGURAS

Página

CAPÍTULO 1

1. Queda pré-colheita de frutos em macieiras ‘Galaxy’ sob tela antigranizo em resposta a oito manejos de maturação e sete datas de amostragem. Monte Alegre dos Campos-RS, Brasil, safra 2020/2021.....26
2. Massa fresca média de frutos em macieiras ‘Galaxy’ sob tela antigranizo em resposta a oito manejos de maturação e cinco datas de colheita. Monte Alegre dos Campos-RS, Brasil, safra 2020/2021.....29
3. Categorização de frutos de acordo com o calibre (≤ 80 , 90 a 100, 110 a 120, 135 a 165 e ≥ 180) em macieiras ‘Galaxy’ sob tela antigranizo em resposta a oito manejos de maturação e cinco datas de colheita. Monte Alegre dos Campos-RS, Brasil, safra 2020/2021.....31
4. Coloração de frutos no lado exposto à luz (a) e no lado sombreado (b) dos frutos em macieiras ‘Galaxy’ sob tela antigranizo em resposta a oito manejos de maturação e cinco datas de colheita (h°). Monte Alegre dos Campos-RS, Brasil, safra 2020/2021.33
5. Comprimento (a), diâmetro (b) e relação comprimento/diâmetro (c) em maçãs ‘Galaxy’ sob tela antigranizo em resposta a oito manejos de maturação e cinco datas de colheita. Monte Alegre dos Campos-RS, Brasil, safra 2020/2021.....39
6. Índice iodo-amido (a), sólidos solúveis (b) e firmeza de polpa (c) de maçãs ‘Galaxy’ sob tela antigranizo em resposta a oito manejos de maturação e cinco datas de colheita. Monte Alegre dos Campos-RS, Brasil, safra 2020/2021.41

CAPÍTULO 2

1. Massa fresca média de frutos de macieiras ‘Galaxy’ sob tela antigranizo em resposta a sete manejos de maturação e quatro datas de colheita. Monte Alegre dos Campos-RS, Brasil, safra 2020/2021.60
2. Coloração de frutos no lado exposto à luz (a) e no lado sombreado (b) dos frutos em macieiras ‘Galaxy’ sob tela antigranizo em resposta a sete manejos de maturação e quatro datas de colheita (h°). Monte Alegre dos Campos-RS, Brasil, safra 2020/2021.....64
3. Classificação de frutos de acordo com o recobrimento de coloração vermelha da epiderme ($<25\%$, 25 a 50%, 50 a 75% e $>75\%$) em macieiras ‘Galaxy’ sob tela antigranizo em resposta a sete manejos de maturação e quatro datas de colheita. Monte Alegre dos Campos-RS, Brasil, safra 2020/2021.68

4. Comprimento (a), diâmetro (b) e relação comprimento/diâmetro (c) de frutos em macieiras 'Galaxy' sob tela antigranizo em resposta a sete manejos de maturação e quatro datas de colheita. Monte Alegre dos Campos-RS, Brasil, safra 2020/2021.70
5. Índice iodo-amido (a), sólidos solúveis (b) e firmeza de polpa (c) de frutos em macieiras 'Galaxy' sob tela antigranizo em resposta a sete manejos de maturação e quatro datas de colheita. Monte Alegre dos Campos-RS, Brasil, safra 2020/2021.72

1 INTRODUÇÃO

A macieira (*Malus domestica* Borkh.) é uma espécie de clima temperado cultivada em ambientes subtropicais e tropicais com grande importância econômica mundial (Musacchi & Serra, 2018). Acredita-se que a origem da espécie se dê na Ásia Central e Cáucaso, em regiões com altitudes superiores a 1.000 metros (Fioravanço & Santos, 2013). O maior produtor mundial de maçãs é a China, responsável por 40,5 milhões de toneladas em 2020 (FAO, 2022). De acordo com IBGE (2022), nesse mesmo ano, o Brasil produziu 983.247 toneladas, sendo a região Sul a principal produtora, detentora de aproximadamente 99% da produção nacional.

Para Iglesias *et al.* (2008), a disponibilidade de cultivares com alto recobrimento em coloração vermelha da epiderme é uma opção para o fornecimento de frutos com maior qualidade no mercado, particularmente em áreas quentes. De acordo com Anuário Brasileiro da Maçã (2019), os grupos ‘Gala’ e ‘Fuji’ correspondem a cerca de 90% da produção brasileira. As cultivares Gala apresentam grande destaque em áreas plantadas no Brasil, devido às características gustativas agradáveis ao consumidor brasileiro. O plantio de mutações somáticas é uma alternativa para a obtenção de frutos com coloração mais homogênea, a exemplo de macieiras ‘Galaxy’, em virtude da demanda por frutos com maior uniformidade de coloração vermelha e, portanto, boa aceitação do mercado consumidor.

A qualidade de frutos pode ser definida de diversas formas e, em geral, inclui fatores internos e externos. Inicialmente, o público consumidor julga a qualidade externa, que envolve cor, forma, tamanho e ausência de danos. Em seguida, a qualidade interna, que diz respeito à textura, aroma, valor nutricional, doçura, acidez e ausência de defeitos (Musacchi & Serra, 2018). Para o consumidor brasileiro, busca-se o desenvolvimento de frutos com altos índices de recobrimento de coloração vermelha e ausência de defeitos, com o objetivo de atingir frutos que se enquadrem como CAT 1 e, assim, resultem em maior lucratividade

ao produtor (BRASIL, 2006). Diversos fatores interferem na qualidade de frutos, como a cultivar utilizada, a densidade de plantio e o manejo fitotécnico adotado no pomar. Nesse cenário, a definição do ponto de colheita também é um aspecto fundamental para a garantia de padrões satisfatórios da produção (Musacchi & Serra, 2018).

No Brasil, a maçã é colhida em um curto período de tempo, em virtude de características das principais cultivares utilizadas. A maturação de ‘Gala’, por exemplo, ocorre entre os meses de janeiro e fevereiro, e exige repasses de colheita, devido à desuniformidade de amadurecimento (Camilo & Denardi, 2006). Nesse cenário, o armazenamento de maçãs por médio e longo prazo é extremamente importante, em virtude da necessidade de fornecimento de frutos com boa qualidade, durante todo o ano. Kingston (1992) ressaltou que frutos destinados ao armazenamento por períodos prolongados exigem altos índices de firmeza de polpa para garantir maior aceitabilidade.

A realização da colheita requer grande quantidade de mão de obra, o que muitas vezes inviabiliza a operação no momento adequado. Dessa forma, é comum a ocorrência de perdas significativas, principalmente devido ao atraso no início da etapa e à queda pré-colheita de frutos, acarretando em menor potencial de armazenamento e menor rentabilidade. Conforme Brackman *et al.* (2002), a colheita tardia em macieiras ‘Braeburn’ resulta em maior susceptibilidade à ocorrência de podridões e distúrbios fisiológicos após oito meses de armazenamento. Estima-se que, a depender da cultivar, a queda pré-colheita possa representar 30% ou mais em perdas (Byers, 1997; Arseneault & Cline, 2016). O retardo na colheita, ocasionado pela busca de frutos com maior desenvolvimento de coloração vermelha ou mesmo pela falta de mão de obra para a operação, é um dos agravantes que contribuem para o seu aumento.

A região Sul do Brasil apresenta alta incidência de tempestades de granizo, especialmente na transição entre inverno e primavera, com maior severidade nos meses de setembro e outubro (Martins *et al.*, 2017). Em pomares, esse fenômeno ambiental pode levar a danos em lenho, folhas e frutos, culminando em perdas significativas (Mupambi *et al.*, 2018). Objetivando-se minimizar tais lesões, a tela antigranizo é a estratégia adotada mais eficiente, pois reduz também prejuízos provocados pela ação do vento e por queimaduras de sol, conferindo maçãs de maior qualidade (Kalcsits *et al.*, 2017). Nesse contexto, o uso do

anteparo também diminui a ocorrência do distúrbio fisiológico *russeting* e modifica o microclima do pomar (Leite *et al.*, 2002; Mupambi *et al.*, 2018).

As telas antigranizo promovem sombreamento às plantas e, conseqüentemente, tendem a interferir na produtividade e na qualidade dos frutos (Mupambi *et al.*, 2018). Ainda, podem diminuir a temperatura ao longo do dia no dossel e influenciar a umidade relativa do ar (Mupambi *et al.*, 2018; Manja & Aoun, 2019). A intensidade do sombreamento varia de acordo com características do anteparo, condições de cultivo e ambientais, diferindo conforme a safra (Leite *et al.*, 2002; Bosco *et al.*, 2017). Amarante *et al.* (2011) destacaram que as telas reduzem a disponibilidade de radiação fotossinteticamente ativa ao longo do dia. Recomenda-se a implantação de materiais que causem sombreamento inferior a 12%, pois a coloração vermelha da epiderme dos frutos será menos afetada (Leite *et al.*, 2002).

De acordo com Bosco (2011), as telas antigranizo prolongam o ciclo vegetativo das plantas, resultando em atraso no desenvolvimento de coloração e conseqüentemente, na maturação de frutos. Conforme Solomakhin & Blanke (2010), o uso de telas coloridas provoca mudanças na qualidade da produção ao diminuir índices de firmeza de polpa, sólidos solúveis, acidez e vitamina C, além de retardar o amadurecimento. Devido à necessidade do cultivo protegido e as conseqüências impostas por esse contexto de produção, torna-se importante adequar manejos fitotécnicos, a fim de minimizar impactos negativos, diminuir as perdas decorrentes do atraso na colheita e, assim, garantir maior rentabilidade.

A utilização de agentes inibidores de síntese ou ação do etileno é uma estratégia empregada com o intuito de diminuir perdas significativas no setor (Petri *et al.*, 2016). Dentre as opções, a aminoetoxivinilglicina (AVG) possui grande relevância, pois se trata de um fitorregulador inibidor da biossíntese de etileno, hormônio que desencadeia os processos de maturação e senescência vegetal (Taiz *et al.*, 2017b). A utilização pré-colheita de AVG em macieiras ‘Gala’ tem o objetivo de promover escalonamento de colheita, controle da queda de frutos, manutenção de firmeza de polpa e aumento da massa média (Petri *et al.*, 2016).

O planejamento do manejo de maturação via AVG é importante para que se obtenham bons índices de qualidade e alto potencial de armazenamento, retornos que compensam o elevado custo da molécula. Em ‘Fuji Suprema’, Petri *et al.* (2011) observaram que a aplicação promoveu atraso na maturação, associado à manutenção de índices de firmeza de polpa e degradação de amido. Conforme Amarante *et al.* (2002), a queda pré-colheita de frutos em

macieiras ‘Gala’ é mais expressiva em comparação ao grupo ‘Fuji’, mostrando-se eficaz a AVG nas concentrações de 125 mg L⁻¹ e 250 mg L⁻¹.

De maneira semelhante, os bioestimulantes aparecem como potenciais ferramentas para inserção no manejo pré-colheita em macieiras. Tais compostos correspondem a substâncias ou microrganismos aplicados cujo objetivo é aumentar a eficiência nutricional, tolerância ao estresse abiótico e/ou características de qualidade dos frutos independentemente do teor de nutrientes (Du Jardin, 2015). Conforme sua descrição, o Tikkun[®] é um produto a base de nitrogênio, enxofre, ferro, manganês e zinco e, em condições de estresse, diminui a síntese de etileno. É possível que, quando adotado, interfira em aspectos relacionados à maturação e à qualidade de frutos, contudo, ainda não existem relatos na literatura acerca da sua ação para esse fim.

O uso isolado de Tikkun[®] ou associado a AVG pode ser uma ferramenta interessante no manejo de maturação de frutos, sobretudo para reduzir custos sem perda de eficiência. A aplicação de AVG faz parte das principais intervenções na cultura da macieira no Sul do Brasil. Todavia, mesmo que algumas respostas já estejam consolidadas, a adoção crescente das telas antigranizo torna cada vez mais relevante a realização dos estudos sob as suas condições de cultivo. Objetivou-se avaliar os efeitos de AVG e Tikkun[®] em diferentes concentrações e épocas de aplicação pré-colheita, no controle de queda, no atraso de maturação e na qualidade de maçãs ‘Galaxy’ sob tela antigranizo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Amadurecimento e senescência de frutos

O amadurecimento de frutos é um processo geneticamente coordenado e irreversível que envolve uma série de mudanças fisiológicas, bioquímicas e organolépticas, que culmina em frutos comestíveis. Modificações como o aumento da respiração, degradação da clorofila, biossíntese de carotenoides, antocianinas, componentes de sabor e aroma, aumento da atividade de enzimas que degradam a parede celular e um aumento transitório da biossíntese de etileno são as principais alterações durante o amadurecimento (Prasanna *et al.*, 2007). A senescência pode ser definida como um período quando as taxas de processos catabólicos (degradação) superam processos bioquímicos anabólicos (de síntese), concomitante à perda de integridade das membranas celulares (Argenta, 2006).

O etileno, conhecido pelos seus efeitos na maturação e na senescência, é um hormônio vegetal gasoso sintetizado em todos os tecidos, a depender do estágio de desenvolvimento. Em pequenas concentrações, o etileno é capaz de desencadear vários eventos, incluindo o início do amadurecimento e senescência (Prasanna *et al.*, 2007). Condições de estresse ambiental, ataques de patógenos, lesões durante a senescência e amadurecimento induzem a sua biossíntese. Nesse processo, o ácido 1-aminociclopropano 1-carboxílico (ACC) é o precursor imediato e convertido no hormônio a partir da ação da ACC oxidase (Taiz *et al.*, 2017a; Taiz *et al.*, 2017c).

A biossíntese de etileno inicia a partir da conversão do aminoácido metionina pela enzima S-adenosil metionina sintase em S-adenosilmetionina (SAM). Em seguida, a enzima ACC sintase converte a SAM em ACC. A etapa final requer oxigênio, onde a ACC oxidase é responsável por converter o ACC em etileno (Taiz *et al.*, 2017c). Resumidamente, o etileno é distinguido por uma família de receptores, incluindo ETR1, ETR2, ERS1, ERS2 e EIN4 em *Arabidopsis* (Guo & Ecker, 2004). Após a biossíntese, ele liga-se a um receptor por meio

de um cofator de cobre, provavelmente através do transportador RAN1 (Rodriguez *et al.*, 1999; Guo & Ecker, 2004). Tal ligação inativa o receptor e permite a sequência da rota de sinalização (Rodriguez *et al.*, 1999).

O amadurecimento é resultado da degradação da clorofila, formação de pigmentos, aromas, perda de firmeza de polpa e possível abscisão do fruto (Bleecker & Kende, 2000). Conforme o processo avança, a síntese de ACC aumenta e conseqüentemente aumentam as concentrações de etileno no tecido (Taiz *et al.*, 2017c). Os efeitos desse hormônio são de grande importância agrônômica e, por isso, têm sido amplamente estudados. Ao aumentar a taxa respiratória, a síntese de etileno altera a biossíntese de carotenoides, sinaliza a degradação de clorofila e o aumento da atividade enzimática na degradação de celuloses, hemiceluloses e pectinas, principais constituintes da parede celular (Gray *et al.*, 1992). Li & Yuan (2008) sugeriram que os genes MdPG2 e MdEG1, transcritos na zona de abscisão de frutos, são regulados pela concentração de etileno e, por isso, provocam a abscisão de frutos em maçãs 'Delicious'.

O enfraquecimento verificado na parede celular, durante o amadurecimento de frutos, é causado por um conjunto específico de mudanças de degradação nos seus polissacarídeos. Essas modificações demonstram que a perda de firmeza de polpa é resultado de diversos fatores, envolvendo mudanças em muitos polímeros, com variações entre espécies. Tais alterações resultam de variações na abundância, atividade, tempo e tipo de membros da família de genes das inúmeras enzimas modificadoras de polissacarídeos expressas no amadurecimento (Brummell, 2006).

Os frutos são classificados de acordo com a presença ou ausência de aumento respiratório durante o amadurecimento (Taiz *et al.*, 2017a). Frutos classificados como climatéricos apresentam aumento acentuado na biossíntese de etileno na fase de maturação, antes do aumento na respiração. Frutos não climatéricos não aumentam a taxa respiratória no amadurecimento (Bleecker & Kende, 2000; Taiz *et al.*, 2017a). A classificação climática envolve dois sistemas de produção de etileno: O Sistema 1 funciona durante o crescimento vegetal normal; o etileno impede sua biossíntese, por retroalimentação negativa, atuando antes da maturação. É responsável por produzir os níveis basais de etileno sintetizados por todos os tecidos. O Sistema 2 é ativado durante o amadurecimento e a senescência; o etileno estimula sua biossíntese, atuando em frutos maduros. Isso permite que os frutos amadureçam

de forma uniforme (Lin *et al.*, 2009; Taiz *et al.*, 2017a:). A síntese autocatalítica de etileno inicia a expressão de genes de amadurecimento que afetam cor, sabor, textura e aroma (Lin *et al.*, 2009).

O balanço entre a auxina e o etileno é fundamental para a abscisão de órgãos vegetais, como ocorre com a de frutos. A queda de frutos acontece dentro de camadas de células, denominadas zonas de abscisão. As células da zona de abscisão passam a responder às concentrações de etileno, por meio da síntese de enzimas que degradam a parede celular, dentre elas a celulase, poligalacturonase, xiloglicano-endotransglicosilase e expansina. O hormônio age como regulador desse processo, tendo a auxina atuante com efeito supressor. Como resposta, ocorre a divisão das células e a abscisão (Petri *et al.*, 2016; Taiz *et al.*, 2017b).

Um modelo sugere que a abscisão de frutos é controlada pela proporção de etileno no córtex e pela disponibilidade de seus receptores nas sementes. Quando os receptores são preenchidos, ativam uma via de transdução de sinal do etileno que ocasiona a abscisão. Visto que frutos localizados na periferia da copa normalmente apresentam estágio de desenvolvimento mais avançado que aqueles no interior, considera-se que apresentam maior proporção de biossíntese do hormônio para os receptores. O modelo aponta que menores quantidades de receptores apresentam maior sensibilidade ao etileno, fazendo com que a abscisão ocorra após atingir um limiar que sature os receptores. Assim, estudos revelam que o amadurecimento dos frutos aumenta a expressão gênica para receptores e para a biossíntese de etileno. A abscisão é promovida pelo etileno, que leva à expressão de genes responsáveis por ativar enzimas hidrolíticas, como poligalacturonases e celulases, responsáveis por degradar paredes celulares (Arseneault & Cline, 2016).

Diferenças na qualidade de frutos e a capacidade de manter a conservação durante o período de armazenamento, entendida pela manutenção da firmeza de polpa e não ocorrência de distúrbios fisiológicos, podem ser compreendidas por mudanças fisiológicas e bioquímicas que ocorrem durante o desenvolvimento do fruto e no decorrer do amadurecimento na planta. A perda de firmeza é de suma importância comercial, pois o período de conservação na pós-colheita é diretamente influenciado pelo amolecimento da polpa dos frutos, relacionado com o aumento à susceptibilidade de doenças e com danos físicos ocasionados pelo manuseio. Esse processo, geralmente acompanhado pelo aumento nos níveis de polissacarídeos pécticos solúveis, envolve mudanças nas paredes celulares, que

interferem diretamente na manutenção da firmeza de polpa (Brady, 1987). As principais enzimas responsáveis por alterações nessa característica são as galactosidases, poligalacturonases, β -galactosidases e celulasas (Amnuaysin *et al.*, 2012).

O amadurecimento e a senescência são importantes processos fisiológicos que levam à diminuição na qualidade pós-colheita e vida útil dos frutos, resultando em prejuízos econômicos. Em virtude disso, a agricultura moderna exige o desenvolvimento de técnicas que diminuam perdas nessa etapa e, portanto, prolonguem o armazenamento. A inibição da biossíntese ou da ação de etileno podem ser estratégias para tal (Bleecker & Kende, 2000).

2.2 Cultivo de macieira sob telas antigranizo no Sul do Brasil

As principais regiões produtoras de maçãs no Brasil têm como característica a incidência frequente de tempestades de granizo. De acordo com Martins *et al.* (2017), a transição entre o inverno e a primavera apresenta o maior número de eventos no Sul do Brasil, com pico nos meses de setembro e outubro. Tempestades de granizo podem causar danos severos ao lenho, às folhas e aos frutos, inviabilizando a comercialização para consumo *in natura*. O fenômeno, em áreas sem cobertura, pode reduzir sobremaneira a capacidade produtiva das plantas, dependendo da intensidade (Martins *et al.*, 2017; Mauta, 2018). Em virtude da proteção oferecida, a implantação de telas antigranizo tem sido uma ferramenta utilizada no Brasil e também em outros países (Hawerth *et al.*, 2017). Frutos sob tela apresentam menor ocorrência de distúrbios fisiológicos e menor incidência de golpe de sol (Amarante *et al.*, 2011; Mauta, 2018).

Embora o uso de telas antigranizo seja importante para a proteção das estruturas vegetais, sua instalação provoca alterações microclimáticas. Bosco *et al.* (2017) observaram diminuição na radiação fotossinteticamente ativa incidente e a diminuição na velocidade do vento. De acordo com Middleton & McWaters (2002), a tela reduz a disponibilidade de luz entre 15 a 27%, dependendo do tipo, tamanho de malha e coloração. Amarante *et al.* (2007) observaram que o uso de tela preta reduziu a densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos incidente na parte superior do dossel. Dessa forma, a qualidade e o rendimento de frutos, por exemplo, são aspectos importantes que podem ser afetados negativamente em resposta à cobertura.

Segundo Bosco *et al.* (2014), o uso de tela antigranizo não alterou aspectos físicos, químicos e sensoriais de maçãs ‘Royal Gala’ e ‘Fuji Suprema’ em pomares na região Sul do Brasil. Bosco (2011) destacou que a tela é adequada para minimizar os danos provocados pelo granizo e que ela garante o desenvolvimento de frutos sem influenciar a qualidade. Ainda, Bogo *et al.* (2012) apontaram maior suscetibilidade à sarna sob tela preta, em comparação com a branca. As respostas, no entanto, parecem estar intimamente relacionadas à safra em questão e ao manejo fitotécnico adotado.

A exposição dos frutos à luz solar, em especial no período que antecede a colheita, é de suma importância para o desenvolvimento de coloração vermelha na epiderme (Mupambi *et al.*, 2018). Devido à diminuição na quantidade e/ou qualidade de luz disponível às plantas, o emprego de telas antigranizo provoca redução no recobrimento por vermelho de maçãs ‘Fuji’ e pode diminuir a taxa fotossintética, resultando em menor rendimento de frutos (Amarante *et al.*, 2009). Ainda, pode também prejudicar a intensidade da coloração vermelha na epiderme, conforme diversos autores (Leite *et al.*, 2002; Dussi *et al.*, 2005; Amarante *et al.*, 2009; Brkljaca *et al.*, 2016).

O uso de telas amplia o ciclo vegetativo das plantas e, portanto, retarda a maturação dos frutos (Iglesias & Alegre, 2006). Atrasos no desenvolvimento da coloração vermelha na epiderme podem resultar em menores índices de firmeza de polpa e de sólidos solúveis totais (Mupambi *et al.*, 2018). Conseqüentemente, o período e a qualidade de armazenamento são reduzidos (Amarante *et al.*, 2011). Na macieira, a coloração de frutos é uma característica geralmente relacionada ao material genético, devido à presença de pigmentação em células epidérmicas e hipodérmicas. Nesse sentido, a aplicação de reguladores de crescimento é uma das estratégias para realçar a coloração de interesse, por exemplo (Pesteanu, 2017).

2.3 Reguladores de crescimento no manejo de maturação de frutos

A colheita dos principais clones de maçã ‘Gala’ presentes no Brasil é realizada entre os meses de janeiro e fevereiro, caracterizando aumento expressivo na oferta. Além disso, a época concentrada em um curto período de tempo demanda grande oferta de mão-de-obra, dificultando a operação. Nesse cenário, o manejo da maturação de frutos pode ser uma ferramenta para garantir maior valorização financeira, pois o atraso na colheita permite um

melhor planejamento do trabalho, influenciando no armazenamento e na disponibilidade para a comercialização (Petri *et al.*, 2016).

A utilização de produtos inibidores da ação e/ou biossíntese do etileno é característica no manejo de maturação de frutos objetivando-se aumentar a sua conservação e qualidade. Tais compostos são substâncias que, em concentrações corretas, promovem, inibem ou alteram processos fisiológicos, podem ser utilizados tanto em pré quanto em pós-colheita (Petri *et al.*, 2016). A aplicação exógena é responsável por alterar os níveis hormonais e, assim, influenciar diversos aspectos na produção de frutos, a exemplo da supressão da expressão de enzimas responsáveis pela degradação da parede celular (Hajam *et al.*, 2018).

Os fitorreguladores são substâncias isoladas ou em mistura destinadas, por ação fisiológica, a acelerar ou retardar a taxa de crescimento ou maturação ou a alterar o comportamento das plantas ou seus produtos (Fishel, 2006). No manejo de maturação de frutos, esses compostos são utilizados com o intuito de promover a inibição da biossíntese ou da ação do etileno, visto que a manipulação dos níveis desse hormônio proporciona controle na queda pré-colheita, escalonamento de colheita e melhores índices de maturação, como a manutenção da firmeza de polpa e o controle da degradação de amido.

A AVG é um metabólito secundário de *Streptomyces* spp., produzido por microrganismos do solo (Lurie, 2008), cuja aplicação é adotada para a redução da síntese de etileno, pois inibe a conversão de S-adenosilmetionina em ácido-1-aminociclopropano-1-carboxílico, catalisada pela enzima ACC sintase. O seu primeiro relato de uso data de 1997 e atualmente é presente em vários países, como Brasil, Estados Unidos, Austrália e Chile (Venburg *et al.*, 2008). O uso desse fitorregulador pode trazer benefícios econômicos, pois desencadeia a diminuição na queda pré-colheita, o retardo no amadurecimento de frutos, o aumento do período de colheita e, conseqüentemente, um maior período de conservação (Byers, 1997). Inúmeros estudos demonstraram os seus efeitos na cultura da macieira e quais condições influenciam seus resultados. O controle de maturação realizado pelo AVG promove retardo no ponto de colheita dos frutos, sofrendo influência da data de aplicação e concentração do produto (Steffens *et al.*, 2006; Petri *et al.*, 2007).

Raja *et al.* (2017) ressaltaram que a queda pré-colheita de maçãs é um problema influenciado por diversos aspectos, como nutrição mineral, poda, ataque de doenças e pragas, ocorrência de precipitações e temperatura do ar no ciclo de cultivo. A AVG pode diminuí-la,

apresentando efetividade dependente da época e da concentração adotada. Em macieiras ‘Imperial Gala’, aplicações sete dias antecedendo o ponto de colheita foram as mais eficientes para reduzir a queda e manter a firmeza de polpa (Petri *et al.*, 2007). Da mesma forma, Yildiz *et al.* (2012) observaram diminuição da queda pelo tratamento em macieiras ‘Red Chief’.

Scolaro *et al.* (2015) reportaram que a AVG atrasa a maturação de maçãs ‘Royal Gala’, ocasionando menores taxas de respiração, degradação de amido e produção de etileno. A aplicação pré-colheita em maçãs ‘Gala’ diminui a síntese de etileno e as taxas de respiração dos frutos, além de promover atraso de sete dias na colheita (Steffens *et al.*, 2005). Aos 41, 28 e 17 dias antes da colheita, a AVG reduziu a queda de frutos e diminuiu o desenvolvimento de cor de fundo amarelo, atrasando assim a evolução do amadurecimento em macieiras ‘Golden Delicious’ (Cin *et al.*, 2008).

O uso de AVG no manejo pré-colheita acarreta no fornecimento de frutos de maior aceitabilidade pelo consumidor e maior aptidão ao armazenamento a longo prazo. Soethe *et al.* (2022) demonstraram, em macieiras ‘Baigent’ sob tela antigranizo, que a AVG em diferentes quantidades pode proporcionar, após oito meses de armazenamento em atmosfera controlada, características de qualidade favoráveis ao armazenamento a longo prazo. Maçãs ‘Gala’, em resposta à AVG 125 g L⁻¹ quatro semanas antes da colheita, apresentaram maior suculência e firmeza de polpa, quando armazenadas em atmosfera controlada (Lunardi *et al.*, 2004). De maneira similar, maçãs ‘Granny Smith’ exibiram menor perda de firmeza ao longo do período de armazenamento em virtude de um maior acúmulo de ácido málico, promovido pela inibição da síntese de etileno (Giné-Bordonaba *et al.*, 2018).

Segundo Petri *et al.* (2011), a massa média de frutos é aumentada em função de AVG 120 g ha⁻¹, duas semanas antes do ponto ideal de colheita. A pulverização em macieiras ‘Gala’, quatro semanas antes da colheita, resultou em menor incidência de escaldadura, rachadura peduncular e podridões durante o armazenamento (Amarante *et al.*, 2010). Ao utilizar a molécula 15 dias antes do ponto de colheita, Petri *et al.* (2007) obtiveram menor perda de firmeza de polpa que em frutos de plantas não tratadas, corroborando resultados de Steffens *et al.* (2005). Os índices iodo-amido, por sua vez, responsáveis por definir o grau de degradação de amido dos frutos, foram significativamente inferiores em plantas tratadas.

Os efeitos da aplicação de AVG podem variar de acordo com a cultivar e as concentrações utilizadas. Tratamentos em macieiras ‘Fuji’ não provocaram atraso no

processo de maturação, além de não controlar a queda pré-colheita de frutos (Brackmann *et al.*, 2004). Amarante *et al.* (2010) não encontraram influências na incidência de doenças pós-colheita em maçãs ‘Fuji’. Embora o uso de AVG em ‘Golden Delicious’ tenha mantido os índices de acidez durante o armazenamento, houve prejuízo no acúmulo de álcoois e ésteres importantes para o aroma, segundo Salas *et al.* (2011).

A utilização de AVG normalmente aumenta a conservação de frutos, mas pode diminuir a intensidade de coloração vermelha da epiderme, prejudicando o aspecto visual (Steffens *et al.*, 2006; Amarante *et al.*, 2010). Para Whale *et al.* (2008), o emprego isolado atrasou o desenvolvimento do vermelho, o acúmulo total de antocianinas e a degradação de clorofila. De maneira similar, Petri *et al.* (2007) observaram que aplicações de AVG apresentaram a mesma influência sobre a coloração, mas, por ocasião do ponto de colheita, os frutos em plantas tratadas atingiram os mesmos níveis ou ligeiramente inferiores ao controle. Para Brackmann *et al.* (2015), a AVG isolada ou combinada a outros reguladores, 30 dias antes da colheita, não interferiu na coloração da epiderme em maçãs ‘Brookfield’ após oito meses de armazenamento em atmosfera controlada e sete dias a 20°C.

2.4 Bioestimulantes no manejo de maturação de frutos

O emprego de bioestimulantes em espécies vegetais tem sido cada vez mais frequente, pois tratam-se de substâncias que apresentam diversas finalidades e provocam alterações em processos fisiológicos. Bioestimulantes podem ser definidos como compostos que, em pequenas quantidades, alteram o metabolismo ou promovem o crescimento das plantas. Conforme Kauffman *et al.* (2007), estão disponíveis em numerosas formulações e constituintes, mas são divididos em três grupos: substâncias húmicas, produtos compostos de hormônios e produtos compostos de aminoácidos.

A crescente demanda em aumentar a produção global de alimentos e a necessidade de produzir em condições ambientais adversas torna essencial o desenvolvimento de ferramentas sustentáveis para os ecossistemas agrícolas. Nesse cenário, o uso de bioestimulantes pode ser implementado com o intuito de promover efeitos benéficos tanto em termos de produtividade quanto qualidade. Segundo Buono (2021), esses compostos são apresentados como opções para melhorar o desempenho agrônômico das culturas em

situações de estresse e reduzir o consumo excessivo de água, por exemplo, pois o estresse hídrico e a salinidade são algumas das principais adversidades encontradas.

O desenvolvimento de bioestimulantes ainda exige a superação de desafios científicos, técnicos e regulatórios. A complexidade dos efeitos fisiológicos promovidos é um grande desafio. De forma geral, o uso a campo promove respostas fisiológicas relacionadas ao metabolismo primário, crescimento e desenvolvimento vegetal. As dificuldades técnicas envolvem, principalmente, a formulação e mistura com outros produtos, a exemplo de fertilizantes. A tomada de decisão para o momento adequado de aplicação de bioestimulantes também é uma dificuldade a ser superada. Portanto, a sua inserção em manejos será bem-sucedida apenas se as interações entre o produto, a planta e o meio ambiente forem discutidas apropriadamente (Du Jardin, 2015).

A utilização de bioestimulantes na macieira foi demonstrada em alguns estudos para a indução de brotação e o aumento da coloração vermelha da epiderme em maçãs ‘Pink Lady[®]’ (Botelho *et al.*, 2008; Magrin *et al.*, 2016). Contudo, a adoção visando o controle de maturação ainda é pouco documentada. Fenili (2018) relatou que o produto Potassium-S King[®], composto organomineral, promoveu incremento no recobrimento por vermelho em maçãs ‘Daiane’ e ‘Venice’. A associação de fertilizantes foliares I e II a base de nitrogênio, B, Cu, Mo e Zn; e N, P₂O₅, S, Co e Mo, respectivamente, nas mesmas cultivares, apresentou efeito similar sobre a coloração, aumentando também propriedades funcionais (Fenili, 2018). Os teores de sólidos solúveis, a acidez titulável, a relação sólidos solúveis/acidez titulável, o índice iodo-amido e a firmeza de polpa não foram modificados em nenhuma das cultivares.

A utilização de Tikkun[®], composto de N (2%), S (5%), Fe (2%) Mn (2%) e Zn (2%) apresenta-se como potencial opção para o manejo de maturação de frutos em macieiras pois, de acordo com a sua descrição, em condições de estresse, melhora o crescimento das plantas e atenua efeitos negativos, reduzindo a síntese de etileno. Menores concentrações do hormônio proporcionam o retardo da maturação, menores índices de queda pré-colheita, maior firmeza de polpa e maior período de armazenamento dos frutos (Hawerth *et al.*, 2011). Nesse contexto, Aglar *et al.* (2016) destacaram que a adoção de AVG associado à aplicação foliar de zinco em macieiras ‘Jersey Mac’ pode também ser eficiente no controle de queda pré-colheita.

2.5 Referências

- AGLAR, E. *et al.* The effects of aminoethoxyvinylglycine and foliar zinc treatments on preharvest drops and fruit quality attributes of Jersey Mac apples. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 213, p. 173-178, 2016.
- AMARANTE, C. V. T. *et al.* Disponibilidade de luz em macieiras ‘Fuji’ cobertas com tela antigranizo e seus efeitos sobre a fotossíntese, o rendimento e a qualidade de frutos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, n. 3, p. 664-670, 2009.
- AMARANTE, C. V. T. *et al.* Effect of aminoethoxyvinylglycine (AVG) on preharvest fruit drop and maturity of apples. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 3, p. 661-664, 2002.
- AMARANTE, C. V. T. *et al.* Radiação, fotossíntese, rendimento e qualidade de frutos em macieiras ‘Royal Gala’ cobertas com telas antigranizo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 42, n. 7, p. 925-931, 2007.
- AMARANTE, C. V. T.; STEFFENS, C. A.; ARGENTA, L. C. Yield and fruit quality of ‘Gala’ and ‘Fuji’ apple trees protected by White anti-hail net. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 129, p. 79-85, 2011.
- AMARANTE, C. V. T.; STEFFENS, C. A.; BLUM, L. E. B. Coloração do fruto, distúrbios fisiológicos e doenças em maçã ‘Gala’ e ‘Fuji’ pulverizadas com aminoetoxivinilglicina. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 1, p. 9-18, 2010.
- AMNUAYSIN, N.; JONES, M. L.; SERAYPHEAP, K. Changes in activities and gene expression of enzymes associated with cell wall modification in peels of hot water treated bananas. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 142, p. 98-104, 2012.
- ARGENTA, L. C. Fisiologia pós-colheita: maturação, colheita e armazenagem de frutos. *In*: EPAGRI (ed.). **A cultura da macieira**. Florianópolis: Epagri, 2006. cap. 20, p. 691-732.
- ARSENEAULT, M. H.; CLINE, J. A. A review of apple preharvest fruit drop and practices for horticultural management. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 211, p. 40-52, 2016.
- BLEECKER, A. B.; KENDE, H. Ethylene: a gaseous signal molecule in plants. **Annual Review of Cell and Developmental Biology**, Palo Alto, v. 16, p. 1-18, 2000.
- BOGO, A. *et al.* Effect of hail protection nets on apple scab in ‘Royal Gala’ and ‘Fuji’ apple cultivars. **Crop Protection**, Guildford, v. 38, p. 49-52, 2012.
- BONETI, J. I. S. *et al.* Evolução da cultura da macieira. *In*: EPAGRI. (ed.). **A cultura da macieira**. Florianópolis: Epagri, 2006. cap. 2, p. 37-57.

BOSCO, L. C. **Alterações microclimáticas causadas por cobertura antigranizo e efeitos sobre o desenvolvimento e produção de macieiras**. 2011. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

BOSCO, L. C. *et al.* Apple production and quality when cultivated under anti-hail cover in Southern Brazil. **International Journal of Biometeorology**, Heidelberg, v. 57, n. 7, p. 773-782, 2014.

BOSCO, L. C. *et al.* Microclimate alterations caused by agricultural hail net coverage and effects on apple tree yield in subtropical climate of Southern Brazil. **Bragantia**, Campinas, v. 77, n. 1, p. 181-192, 2017.

BOTELHO, R. V. Uso de bioestimulante para a quebra de dormência de macieira cv Castel Gala. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 9, n. 3, p. 399-403, 2008.

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

BRACKMANN, A.; STEFFENS, C. A.; GIEHL, R. F. H. Maturação da maçã 'Fuji' em função do atraso na colheita e da aplicação pré-colheita de aminoetoxivinilglicina. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 3, p. 737-742, 2004.

BRACKMANN, A.; STEFFENS, C. A.; WACLAWOVSKY, A. J. Influência da época de colheita e do armazenamento em atmosfera controlada na qualidade de maçãs 'Braeburn'. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, n. 3, p. 295-301, 2002.

BRADY, C. J. Fruit ripening. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v. 38, p. 155-178, 1987.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regulamento técnico de identidade e qualidade da maçã**. Brasília, DF: MAPA, 2006. 9 p. (Instrução Normativa, 5).

BRKLJACA, M. *et al.* The effect of photoselective nets on fruit quality of apple cv. 'Cripps Pink'. **Agriculturae Conspectus Scientificus**, Zagreb, v. 81, n. 2, p. 87-90, 2016.

BRUMMELL, D. A. Cell wall disassembly in ripening fruit. **Functional Plant Biology**, Collingwood, v. 33, p. 103-119, 2006.

BUONO, D. D. Can biostimulants be used to mitigate the effect of anthropogenic climate change on agriculture? It is time to respond. **Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 751, p. 1-12, 2021.

- BYERS, R. E. Effects of aminoethoxyvinylglycine (AVG) on preharvest fruit drop, maturity and cracking of several apple cultivars. **Journal of Tree Fruit Production**, Binghamton, v. 2, n. 1, p. 77-97, 1997.
- CAMILO, A. P.; DENARDI, F. Cultivares: descrição e comportamento no sul do Brasil. In: EPAGRI (ed.). **A cultura da macieira**. Florianópolis: Epagri, 2006. cap. 5, p. 113-168.
- CIN, V. D. *et al.* Ethylene and preharvest drop: the effect of AVG and NAA on fruit abscission in apple (*Malus domestica* L. Borkh). **Plant Growth Regulation**, Dordrecht, v. 56, n. 317, p. 317-325, 2008.
- DU JARDIN, P. Plant biostimulants: definition, concept, main categories and regulation. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 196, p. 3-14, 2015.
- DUSSI, M. C. *et al.* Shade nets effect on canopy light distribution and quality of fruit and spur leaf on apple cv. Fuji. **Spanish Journal of Agricultural Research**, Madrid, v. 3, n. 2, p. 253-260, 2005.
- FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. [Base de dados FAOSTAT]. Rome: FAO, 2022. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#home>. Acesso em: 22 fev. 2022.
- FENILI, C. L. **Alternativas para incrementar a coloração vermelha da epiderme de maçãs**. 2018. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2018.
- FIORAVANÇO, J. C.; SANTOS, R. S. S. **Maçã: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 239 p.
- FISHEL, F. M. **Plant growth regulators**. Gainesville: University of Florida, 2006. (Pesticide Information Office, Document PI-139).
- GINÉ-BORDONABA, J. *et al.* A comprehensive study on the main physiological and chemical changes occurring during growth and on-tree ripening of two apple varieties with different postharvest behavior. **Plant Physiology and Biochemistry**, Amsterdam, v. 135, p. 601-610, 2019.
- GRAY, J. *et al.* Molecular biology of fruit ripening and its manipulation with antisense genes. **Plant Molecular Biology**, Dordrecht, v. 19, p. 69-87, 1992.
- GUO, H.; ECKER, J. R. The ethylene signaling pathway: new insights. **Current Opinion in Plant Biology**, Oxford, v. 7, n. 1, p. 40-49, 2004.
- HAJAM, M. A. *et al.* Transforming fruit production by plant growth regulators. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, Raipur, v. 7, n. 1, p. 1613-1617, 2018.

HAWERROTH, F. J. *et al.* Manejo de pomares sob telas antigranizo. *In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE FRUTICULTURA DE CLIMA TEMPERADO*, 15., 2017, Fraiburgo. **Anais** [...]. Fraiburgo: Epagri, 2017. p. 53-57.

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

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção agrícola municipal**: sistema IBGE de recuperação automática - SIDRA. [Base de Dados]. Rio de Janeiro: IBGE, [2022]. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>. Acesso em: 22 fev. 2022.

IGLESIAS, I. *et al.* Differences in fruit colour development, anthocyanin content, fruit quality and consumer acceptability of eight ‘Gala’ apple strains. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 119, n. 1, p. 32-40, 2008.

IGLESIAS, I.; ALEGRE, S. The effect of anti-hail nets on fruit protection, radioation, temperature, quality and profitability of ‘Mondial Gala’ apples. **Journal of Applied Horticulturae**, Lucknow, v. 8, n. 2, p. 91-100, 2006.

KALCSITS, L. *et al.* Above and below-ground environmental changes associated with the use of photosensitive protective netting to reduce sunburn in apple. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 237/238, p. 9-17, 2017.

KAUFFMAN, G. L.; KNEIVEL, D. P.; WATSCHKE, T. L. Effects of a biostimulant on the heat tolerance associated with photosynthetic capacity, membrane thermostability, and polyphenol production of perennial ryegrass. **Crop Science**, New York, v. 47, p. 261-267, 2007.

KINGSTON, C. M. Maturity indices for apple and pear. *In: JANICK, J. (ed.). Horticulture Reviews*. New York: John Wiley, 1992. v. 13, cap. 10, p. 407-432.

KIST, B. B. *et al.* **Anuário brasileiro da maçã**. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta, 2019. 56 p.

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

LI, J.; YUAN, R. NAA and ethylene regulate expressions of genes related to ethylene biosynthesis, perception, and cell wall degradation during fruit abscission and ripening in ‘Delectious’ apples. **Journal of Plant Growth Regulation**, New York, v. 27, p. 283-295, 2008.

LIN, Z.; ZHONG, S.; GRIERSON, D. Recent advances in ethylene research. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 60, n. 12, p. 3311-3336, 2009.

- LUNARDI, R. *et al.* Efeito da aplicação pré-colheita de aminoetoxivinilglicina (AVG) na suculência de maçãs ‘Gala’ armazenadas em atmosfera controlada. **Revista Brasileira de Agrocência**, Pelotas, v. 10, n. 4, p. 493-497, 2004.
- LURIE, S. Regulation of ethylene biosynthesis in fruits by aminoethoxyvinylglycine and 1-methylcyclopropene. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 796, p. 31-41, 2008.
- MAGRIN, F. P. *et al.* Avaliação de bioestimulantes para aumento da coloração de maçãs ‘Pink Lady®’. In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 14.; ENCONTRO DE PÓS-GRADUANDOS DA EMBRAPA UVA E VINHO, 10., 2016, Bento Gonçalves. **Resumos [...]**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2016. p. 36.
- MANJA, K.; AOUN, M. The use of nets for tree fruit crops and their impact on the production: a review. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 246, p. 110-122, 2019.
- MARTINS, J. A. *et al.* Climatology of destructive hailstorms in Brazil. **Atmospheric Research**, Amsterdam, v. 124, p. 126-138, 2017.
- MAUTA, D. S. **Aspectos vegetativos, produtivos e de qualidade de frutos em macieiras cobertas com telas fotoseletivas na região dos Campos de Cima da Serra – RS**. 2018. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2018.
- MIDDLETON, S.; MCWATERS, A. Hail netting of apple orchards – Australian experience. **Compact Fruit Tree**, Middleburg, v. 35, n. 2, p. 51-55, 2002.
- MUPAMBI, G. *et al.* The influence of protective netting on tree physiology and fruit quality of apple: a review. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 236, p. 60-72, 2018.
- MUSACCHI, S.; SERRA, S. Apple fruit quality: overview on pre-harvest factors. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 234, p. 409-430, 2018.
- PESTEANU, A. Effects of ethephon application on color development of ‘Gala Must’ apples. **Bulletin UASVM Horticulture**, Cluj-Napoca, v. 74, n. 1, p. 26-32, 2017.
- PETRI, J. L. *et al.* Concentração e época de aplicação de aminoetoxivinilglicine (AVG) na maturação de macieiras ‘Fuji Suprema’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 2, p. 335-344, 2011.
- PETRI, J. L. *et al.* **Reguladores de crescimento para frutíferas de clima temperado**. Florianópolis: Epagri, 2016. 141 p.
- 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**, Jaboticabal, v. 29, n. 2, p. 239-244, 2007.

- PRASANNA, V.; PRABHA, T. N.; THARANATHAN, R. N. Fruit ripening phenomena – an overview. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 47, n. 1, p. 1-19, 2007.
- RODRIGUEZ, F. I. *et al.* A copper cofactor for the ethylene receptor ETR1 from *Arabidopsis*. **Science**, Washington, DC, v. 283, p. 996-998, 1999.
- SALAS, N. A. *et al.* Volatile production by ‘Golden Delicious’ apples is affected by preharvest application of aminothoxyvinylglycine. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 130, p. 436-444, 2011.
- SCOLARO, A. M. T. *et al.* Controle de maturação pré-colheita de maçãs ‘Royal Gala’ pela inibição da ação ou síntese do etileno. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 37, n. 1, p. 38-47, 2015.
- SOETHE, C. *et al.* Quality of ‘Baigent’ apples as a function of pre-harvest application of aminoethoxyvinylglycine and ethephon stored in controlled atmosphere. **Applied Food Research**, Amsterdam, v. 2, n. 1, [art.] 100117, 2022.
- SOLOMAKHIN, A.; BLANKE, M. M. Can coloured hailnets improve taste (sugar, sugar: acid ratio), consumer appeal (colouration) and nutritional value (anthocyanin, vitamin C) of apple fruit? **Food Science and Technology**, London, v. 43, p. 1277-1284, 2010.
- STEFFENS, C. A. *et al.* Maturação da maçã ‘Gala’ com a aplicação pré-colheita de aminoetoxivinilglicina e ethephon. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 2, p. 434-440, 2006.
- STEFFENS, C. A.; GIEHL, R. F. H.; BRACKMANN, A. Maçã ‘Gala’ armazenada em atmosfera controlada e tratada com aminoetoxivinilglicina e ethephon. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 40, n. 9, p. 837-843, 2005.
- TAIZ, L. *et al.* Gametófitos, polinização, sementes e frutos. In: TAIZ, L. *et al.* (ed.). **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2017a. cap. 21, p. 625-664.
- TAIZ, L. *et al.* Senescência vegetal e morte celular. In: TAIZ, L. *et al.* (ed.). **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2017b. cap. 22, p. 665-692.
- TAIZ, L. *et al.* Sinais e transdução de sinal. In: TAIZ, L. *et al.* (ed.). **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2017c. cap. 15, p. 407-445.
- VENBURG, G. D. *et al.* Recent developments in AVG research. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 796, p. 43-49, 2008.
- WHALE, S. K. *et al.* Fruit quality in ‘Cripps Pink’ apple, especially colour, as affected by preharvest sprays of aminoethoxyvinylglycine and ethephon. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 115, p. 342-351, 2008.

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

3 CAPÍTULO 1

**Aminoetoxivinilglicina no manejo de maturação e escalonamento de colheita em
macieiras ‘Galaxy’ sob tela antigranizo**

3.1 Introdução

O frequente atraso na colheita ocasionado por falta de mão de obra intensifica os desafios no manejo pré-colheita em macieiras, pois o avanço da maturação reduz os índices de qualidade e aumenta problemas durante o armazenamento (Byers, 1997; Brackmann *et al.*, 2004; Arseneault & Cline, 2016). Tal problemática tem grande relevância em cultivares Gala, que produzem elevadas concentrações de etileno, hormônio que maximiza as perdas com queda pré-colheita de frutos e reduz os índices de firmeza de polpa. No Brasil, a colheita é uma operação manual que se concentra em um curto período de tempo, o que acarreta grande demanda por mão de obra (Boneti *et al.*, 2006).

A utilização de aminoetoxivinilglicina (AVG) é difundida para manutenção de firmeza de polpa, diminuição de perdas com a queda pré-colheita de frutos e escalonamento de colheita (Petri *et al.*, 2007; Amarante *et al.*, 2010; Hawerth *et al.*, 2011; Yildiz *et al.*, 2012). O composto é um fitorregulador que inibe a síntese de etileno, reduzindo degradação de amido e perda de qualidade para o armazenamento, aumentando esse período (Byers, 1997). Conforme Harker *et al.* (2008), maior firmeza de polpa associada a maiores teores de açúcares favorece a aceitação do fruto.

O planejamento de programas para o controle de maturação pré-colheita deve considerar os possíveis efeitos sobre a coloração dos frutos. A AVG pode prejudicar o seu desenvolvimento na epiderme (Steffens *et al.*, 2006), sobretudo em dosséis mais densos e outras condições que aumentem os níveis de sombreamento. Nesse contexto, Steffens *et al.* (2006) obtiveram redução do vermelho pelo uso de AVG 95 g ha⁻¹ e AVG 125 g ha⁻¹ 30 dias antes da colheita. Contudo, Brackmann *et al.* (2015) aplicaram isolada ou combinada a outros fitorreguladores e não encontraram influências na coloração de maçãs 'Brookfield'. Observa-se que as respostas dependem de diversos fatores, a exemplo de cultivar, época da aplicação e concentração adotada.

Segundo Martins *et al.* (2017), 1.630 tempestades de granizo foram registradas durante o período de 1991-2012 no Brasil. Do total, 89% ocorreram na região Sul, principalmente em maiores altitudes, locais mais propícios ao cultivo de macieiras. O fenômeno pode acarretar danos em lenho, folhas e frutos, resultando em prejuízos econômicos (Mupambi *et al.*, 2018). Para minimizar a problemática, o emprego de telas antigranizo é a principal e a mais eficaz estratégia adotada, já se encontrando consolidado

(Bosco *et al.*, 2017). O anteparo promove proteção física e também modifica o microclima, cujas influências dependem de condições climáticas e características da tela (Leite *et al.*, 2002). Dentre essas, é ressaltado o aumento dos níveis de sombreamento. Iglesias & Alegre (2006) reportaram o prolongamento do ciclo vegetativo das plantas e do período de maturação dos frutos sob telas. Mupambi *et al.* (2018) apontaram, ainda, diminuição nos índices de firmeza de polpa e sólidos solúveis em resposta à menor disponibilidade de luz.

A influência da aplicação pré-colheita de AVG é bem documentada em cultivos a céu aberto, realizando-se poucos estudos em macieiras sob tela antigranizo. A molécula tem potencial para contornar efeitos negativos do sombreamento sobre a qualidade dos frutos, acarretando índices de firmeza de polpa e sólidos solúveis superiores, associados ao escalonamento de colheita e ao controle da queda. Logo, o objetivo deste trabalho foi avaliar a utilização de AVG em diferentes épocas e concentrações no controle de maturação, na queda e na qualidade de frutos de macieiras ‘Galaxy’ sob tela antigranizo em Monte Alegre dos Campos-RS.

3.2 Material e métodos

O experimento foi conduzido em pomar comercial no município de Monte Alegre dos Campos-RS (latitude: 28°40'59"S, longitude: 50°46'58"O, altitude: 958 m), durante a safra 2020/2021. O material vegetal consistiu em macieiras ‘Galaxy’ sobre porta-enxerto M.9, plantadas em 2013, conduzidas em líder central e sob tela antigranizo branca. A cada 3 filas da cv. Galaxy havia 1 fila da cv. Fuji Suprema para polinização. O espaçamento adotado foi de 0,6 m entre plantas e 3,7 m entre filas. A caracterização vegetativa das plantas é apresentada no APÊNDICE 3. Segundo Köppen, a região é classificada como Cfb, em virtude do clima temperado e verão ameno. Médias mensais e diárias de temperatura do ar e precipitação pluviométrica no ciclo produtivo são apresentadas nos APÊNDICES 1 e 2.

Utilizou-se AVG em diferentes épocas e concentrações, definindo os manejos de maturação: 1) Testemunha (sem aplicação); 2) AVG 125 g ha⁻¹ (3 semanas antes do ponto de colheita - SAPC); 3) AVG 90 g ha⁻¹ (3 SAPC); 4) AVG 62,3 g ha⁻¹ (3 SAPC); 5) AVG 62,3 g ha⁻¹ (3 SAPC) + AVG 62,3 g ha⁻¹ (1 SAPC); 6) AVG 32,3 g ha⁻¹ (3 SAPC) + AVG 45 g ha⁻¹ (2 SAPC) + AVG 45 g ha⁻¹ (1 SAPC); 7) AVG 32,3 g ha⁻¹ (3 SAPC) + AVG 90 g ha⁻¹ (1 SAPC) e 8) AVG 90 g ha⁻¹ (3 SAPC) + AVG 32,3 g ha⁻¹ (1 SAPC).

As aplicações foram efetuadas através de aspersão com pulverizador de arrasto motorizado e volume de calda equivalente a 1.000 L ha⁻¹, em 15/01/2021 (3 SAPC), 23/01/2021 (2 SAPC) e 30/01/2021 (1 SAPC). O produto comercial Retain[®] (Valent BioScience, USA, 15% de i.a.) foi a fonte de AVG, pulverizado sempre junto ao espalhante adesivo siliconado Break Thru[®] (Evonik Degussa Brasil Ltda) 0,05%. Durante e próximo aos tratamentos, a velocidade do vento permaneceu inferior a 10 km h⁻¹, a temperatura do ar abaixo de 25°C e a umidade relativa acima de 50%.

Variáveis estudadas

Atributos de produção: para a determinação da queda pré-colheita, foram contabilizados os frutos caídos, semanalmente, entre 25/01 e 09/03, em um total de sete avaliações. Por ocasião de cada colheita (5), o número de frutos colhidos e caídos foi acessado para obter-se o número por planta. A partir desses dados, calculou-se a porcentagem de queda pré-colheita, levando-se em consideração os frutos na planta no momento da amostragem.

Realizaram-se cinco colheitas, semanalmente, de 09/02 a 09/03. Foram colhidos todos os frutos por planta, de forma seletiva, retirando-se apenas aqueles em ponto comercial. O ponto de colheita presumido foi definido pela avaliação da cor de fundo (cor da região menos avermelhada da epiderme), conforme o catálogo de cores para maçãs ‘Gala’, colhendo-se aquelas com índices entre 3 e 4 para que a mudança de cor seja relacionada com outros indicadores de maturação (Argenta *et al.*, 2010). Os frutos foram pesados em balança eletrônica digital e, pela relação com o número, a massa fresca média obtida (g). Uma amostra de 120 frutos por colheita e repetição, quando em menor número, adotou-se o total, foi separada para as posteriores avaliações, após armazenamento em frio convencional.

Atributos de qualidade: selecionaram-se 100 frutos, ou o total, quando em menor número, para a categorização conforme o calibre e a porcentagem de recobrimento em vermelho na epiderme. Para tanto, eles foram individualmente pesados e as massas obtidas, em balança de precisão. A partir dessa informação e do número máximo de frutos em uma caixa modelo Mark IV (capacidade para 18 kg), adotaram-se as classes de calibre: 1) menor ou igual a 80 (maior que 212,5 g); 2) 90 a 100 (171,5 g a 212,5 g); 3) 110 a 120 (141,5 g a 171,49 g); 4) 135 a 165 (104,5 a 141,49 g) e 5) maior ou igual a 180 (menor que 104,5 g)

(Adaptado de BRASIL, 2002). O recobrimento por vermelho da epiderme foi determinado, visualmente, pela inserção dos frutos nos intervalos: 1) 0-25%; 2) 25-50%; 3) 50-75% e 4) >75%. Os valores foram expressos em porcentagem do número de frutos avaliados.

Utilizou-se o colorímetro Minolta® (modelo CR-400) para a avaliação da coloração da epiderme em 20 frutos, com leituras em pontos opostos na região equatorial e resultados expressos em L^* , C^* , h° , a^* e b^* . L^* representa a luminosidade, que varia de zero a 100; C^* determina a cromaticidade, onde valores mais altos demonstram maior intensidade na definição de cor; h° (ângulo hue) determina a tonalidade da cor, na qual 0° : vermelho, 90° : amarelo e 180° : verde; a^* indica a variação de cor vermelha ao verde e b^* indica a variação de cor amarelo ao azul. A cor de fundo foi acessada pelo somatório dos valores de a^* e b^* de cada lado; maior o valor, menos verde ou mais amarelada a coloração.

Obtiveram-se comprimento e diâmetro médios (mm) por intermédio do uso de fita métrica em quatro grupos de 10 frutos. A partir desses dados, determinou-se a relação comprimento/diâmetro. Posteriormente, análises físico-químicas foram realizadas em 20 frutos entre 16/03 e 24/03, após o término das cinco colheitas (APÊNDICE 4). A firmeza de polpa (N) foi acessada pela realização de dois cortes superficiais de 2 cm em dois pontos opostos da região equatorial, onde tomaram-se as medidas com auxílio de um penetrômetro manual (sonda de 11 mm). Concomitantemente, o teor de sólidos solúveis (°Brix) foi aferido pela extração de aproximadamente 1 mL de suco de cada fruto, utilizando-se um refratômetro digital modelo PAL-1 (Atago Brasil Ltda.).

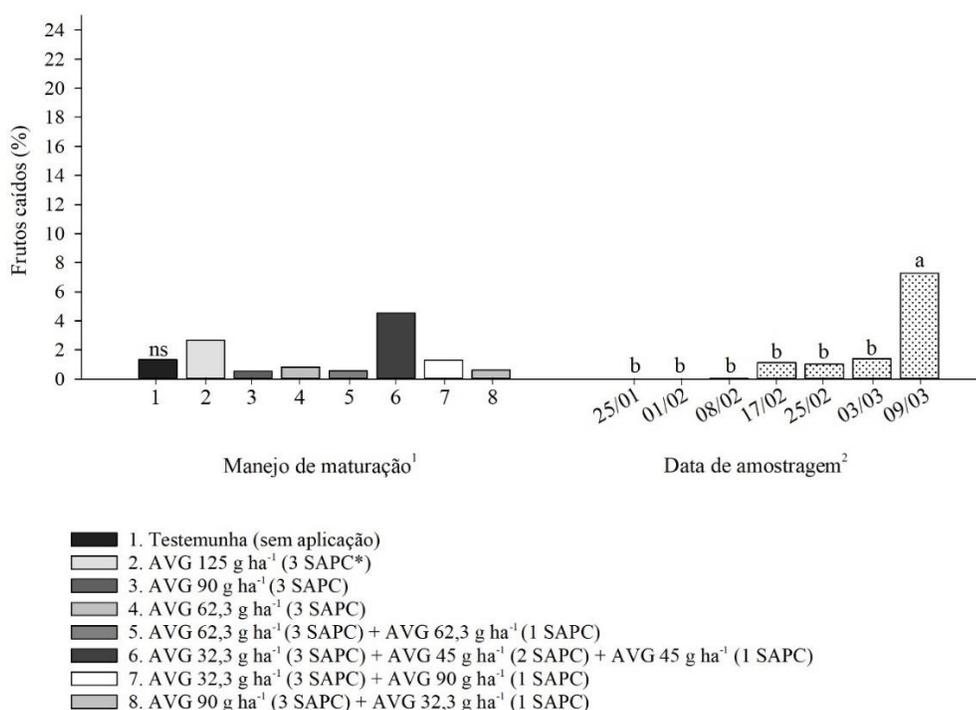
A partir do corte de duas seções transversais de cada fruto, determinou-se o índice iodo-amido (1-9) e a acidez titulável ($\text{g } 100 \text{ mL}^{-1}$). Uma seção foi imersa em solução de iodo e, de acordo com o padrão de cores resultante da reação com o amido, atribuiu-se um valor de 1, menos maduro, até 9, para estimar o estágio de maturação (adaptado de Bender & Ebert, 1985). A outra seção foi acondicionada e agrupada às demais da respectiva amostra para centrifugação. O suco extraído foi adicionado à água destilada para titulação em solução de NaOH 0,1 N. A fórmula utilizada para o cálculo da acidez titulável foi: $AT = (v \cdot F \cdot N) / V$, onde v: volume gasto da solução de NaOH na titulação (mL); F: fator de correção; N: normalidade da solução de NaOH e V: volume de suco utilizado na titulação da amostra (mL).

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com quatro repetições de duas plantas úteis cada. Os resultados foram submetidos à análise de variância em resposta a dois fatores de tratamento: manejo de maturação (i) e data de colheita (ii). Atributos expressos em porcentagem foram previamente transformados por $\text{arc.sen}(x+0,5/100)^{1/2}$. Uma vez obtida significância, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. Utilizaram-se os softwares SAS, 9.0 e SigmaPlot, 14.0 para todos os procedimentos.

3.3 Resultados e discussão

Atributos de produção

Os manejos de maturação não promoveram controle da queda pré-colheita de frutos nas datas avaliadas (FIGURA 1). De acordo com Stover (2003), a efetividade do uso de AVG é dependente de fatores climáticos, embora essa influência ainda não esteja completamente esclarecida. A ocorrência de temperaturas do ar amenas durante a evolução da maturação é um fator que pode favorecer a ação da molécula na inibição da síntese de etileno.



¹ Comparação entre médias para os níveis de manejo de maturação. ² Comparação entre médias para cada data de amostragem. AVG: aminoetoxivinilglicina. *: semana (s) antes do ponto de colheita. ns: não significativo pelo teste F ($p>0,05$). Médias seguidas de letras distintas diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

FIGURA 1. Queda pré-colheita de frutos em macieiras ‘Galaxy’ sob tela antigranizo em resposta a oito manejos de maturação e sete datas de amostragem. Monte Alegre dos Campos-RS, Brasil, safra 2020/2021.

A contribuição relativa da data de colheita ao total de frutos colhidos respondeu à interação entre os fatores de tratamento (TABELA 1). O uso de AVG 90 g ha⁻¹ (3 SAPC) promoveu resultados diferentes conforme a colheita e os menores volumes foram obtidos antecipadamente, em 09/02 e 17/02 (1,6% e 9,1%, respectivamente). A contribuição de 25/02 correspondeu a 15,7%, similar a 25,2% de 03/03. Obteve-se 48,4% do total de frutos colhidos em 09/03, o que evidenciou atraso no ponto de colheita comercial em comparação às datas iniciais, embora essa colheita não tenha diferido significativamente de 03/03.

TABELA 1. Contribuição relativa da data ao total de maçãs ‘Galaxy’ colhidas sob tela antigranizo em resposta a oito manejos de maturação e cinco colheitas. Monte Alegre dos Campos-RS, Brasil, safra 2020/2021.

Manejo de maturação	Contribuição relativa ao total de frutos colhidos (%)				
	09/02	17/02	25/02	03/03	09/03
1. Testemunha (sem aplicação)	22,4aA	35,6aA	17,0aA	15,0bA	10,0aA
2. AVG 125 g ha ⁻¹ (3 SAPC*)	10,0abA	24,3abA	23,9aA	24,4abA	17,4aA
3. AVG 90 g ha ⁻¹ (3 SAPC)	1,6bC	9,1bBC	15,7aB	25,2abAB	48,4aA
4. AVG 62,3 g ha ⁻¹ (3 SAPC)	10,6abA	17,3abA	27,3aA	24,1abA	20,7aA
5. AVG 62,3 g ha ⁻¹ (3 SAPC) + AVG 62,3 g ha ⁻¹ (1 SAPC)	11,2abA	23,7abA	20,0aA	24,3abA	20,9aA
6. AVG 32,3 g ha ⁻¹ (3 SAPC) + AVG 45 g ha ⁻¹ (2 SAPC) + AVG 45 g ha ⁻¹ (1 SAPC)	14,7abA	14,8abA	8,7aA	37,8aA	24,1aA
7. AVG 32,3 g ha ⁻¹ (3 SAPC) + AVG 90 g ha ⁻¹ (1 SAPC)	14,1abA	20,7abA	24,0aA	24,2abA	17,0aA
8. AVG 90 g ha ⁻¹ (3 SAPC) + AVG 32,3 g ha ⁻¹ (1 SAPC)	8,1abA	18,1abA	16,8aA	27,8abA	29,3aA

AVG: aminoetoxivinilglicina. *: semana (s) antes do ponto de colheita. ns: não significativo pelo teste F (p>0,05). Médias seguidas de letras minúsculas distintas na coluna e maiúsculas na linha diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Conforme observado na TABELA 1, os manejos de maturação contrastaram, em partes, em 09/02, 17/02 e 03/03. Menos de 2% e 10% do total de frutos colhidos foram obtidos em 09/02 e 17/02, respectivamente, em função da aplicação de AVG 90 g ha⁻¹ (3 SAPC). As plantas sob tal programa foram as únicas a diferir significativamente daquelas sem aplicação alguma nessas datas. Todos os manejos com AVG mostraram-se similares nas duas primeiras e na quarta colheita. O emprego de AVG 32,3 g ha⁻¹ (3 SAPC) + AVG 45 g ha⁻¹ (2 SAPC) + AVG 45 g ha⁻¹ (1 SAPC) proporcionou 37,8% do total colhido em 03/03, único diferente do tratamento sem aplicação e seus 15,0%.

Os resultados obtidos indicam a efetividade da utilização de AVG no controle de maturação pré-colheita em macieiras ‘Galaxy’ sob tela antigranizo, sobretudo no manejo 90

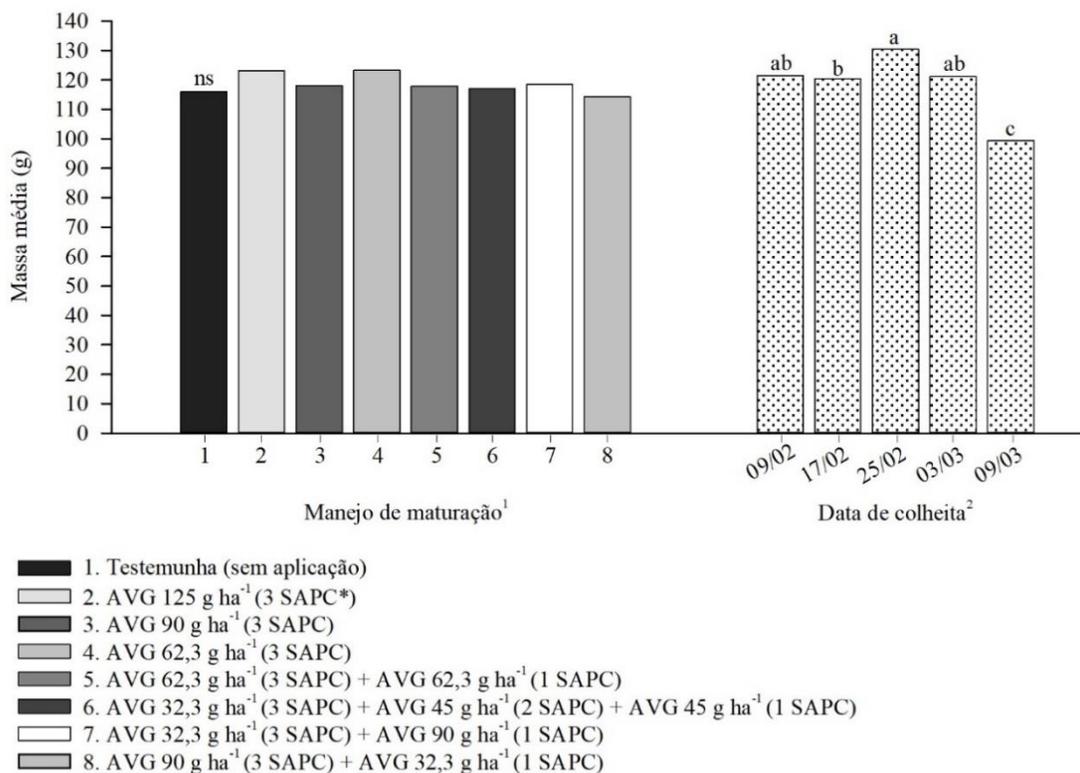
g ha⁻¹ (3 SAPC). Nesse contexto, torna-se relevante destacar o seu desempenho, pois, ele proporcionou que aproximadamente 50% dos frutos fossem colhidos 30 dias após o início da colheita comercial. Scolaro *et al.* (2015) reportaram retardo na maturação de frutos em função de AVG 124 g ha⁻¹ utilizado 28 dias antes da data de colheita prevista. Petri *et al.* (2007), com a mesma dosagem, sete dias antes do ponto de colheita, também observaram esse efeito. O uso de AVG a partir de 4 SAPC acarretou em atraso de até 20 dias na primeira colheita (Hawerth *et al.*, 2011). O composto inibiu a produção de etileno em maçãs ‘Imperial Gala’, mas atrasou também o desenvolvimento de coloração vermelha da epiderme (Argenta *et al.*, 2006), problemática que pode ser maximizada pela presença de telas antigranizo.

O escalonamento de colheita proporcionado pelo emprego de AVG é uma ferramenta importante na cultura da macieira, em virtude da grande demanda por mão de obra para a operação e da restrita janela em cultivares Gala, as mais cultivadas no Brasil. A dificuldade de acesso e a comum escassez de mão de obra dificultam a colheita dos frutos no momento adequado. Isso faz com que muitas vezes a maturação esteja demasiadamente avançada, favorecendo a intensificação da queda pré-colheita e reduzindo o potencial de armazenamento, aspectos responsáveis por significativas perdas econômicas e redução da rentabilidade da atividade (Scolaro, 2012).

Os manejos de maturação não apresentaram influência significativa sobre a massa fresca média dos frutos colhidos, que respondeu apenas às datas de colheita (FIGURA 2). Destaca-se, contudo, que os empregos de AVG 125 g ha⁻¹ (3 SAPC) ou AVG 62,3 g ha⁻¹ (3 SAPC) resultaram nos valores mais elevados, dentro do intervalo de 115,0 a 123,2 g. Venburg *et al.* (2008) ressaltaram que, embora algumas vezes a AVG incremente a massa sem significância estatística em relação aos resultados em plantas não tratadas, qualquer aumento no tamanho de frutos é favorável, pois potencializa os retornos econômicos da atividade.

Os frutos colhidos na terceira data (25/02) exibiram a maior massa fresca média, 130,5 g, mas mostraram-se similares nesse quesito quando comparados aos da primeira (09/02) e da quarta (03/03), cujas massas foram de 121,5 g e 121,2 g, respectivamente (FIGURA 2). Obteve-se o menor valor na última data (09/03), próximo a 100,0 g. Isso pode ser justificado pela sua predominância de frutos no interior da copa, que possuem desenvolvimento mais atrasado e usualmente apresentam menor calibre em virtude de

desuniformidade fenológica, menor qualidade de gemas e menor disponibilidade de luz (Petri, 2006; Robinson, 2011).



¹ Comparação entre médias para os níveis de manejo de maturação. ² Comparação entre médias para cada data de colheita. AVG: aminoetoxivinilglicina. *: semana (s) antes do ponto de colheita. ns: não significativo pelo teste F ($p > 0,05$). Médias seguidas de letras distintas diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

FIGURA 2. Massa fresca média de frutos em macieiras ‘Galaxy’ sob tela antigranizo em resposta a oito manejos de maturação e cinco datas de colheita. Monte Alegre dos Campos-RS, Brasil, safra 2020/2021.

Atributos de qualidade

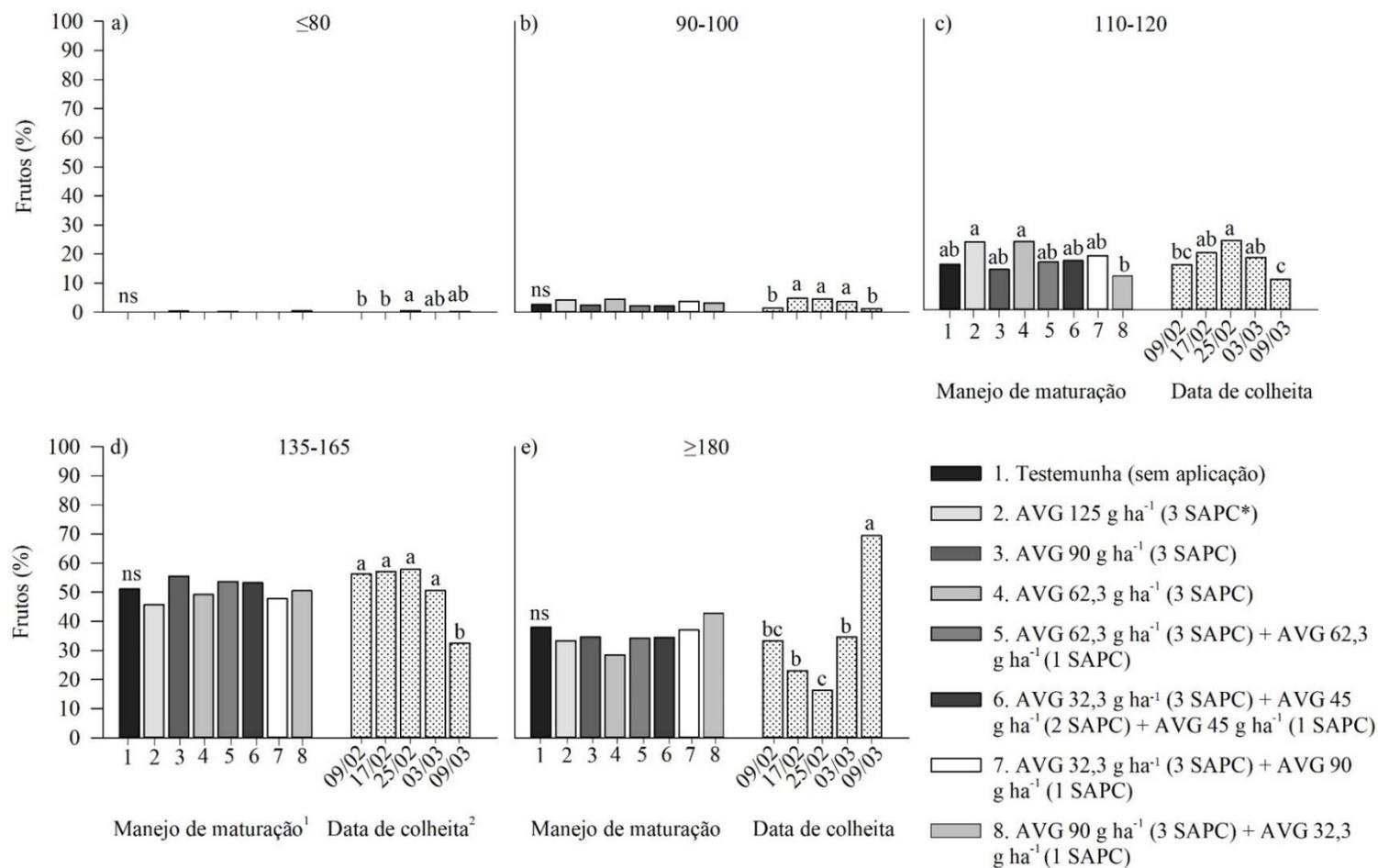
O calibre dos frutos é um aspecto definidor na tomada de decisão para a compra, pois diferentes tamanhos podem satisfazer diferentes consumidores. Além disso, as preferências variam de acordo com a região de consumo. Tal característica também pode interferir, ainda, no armazenamento pós-colheita, pois frutos muito grandes, em geral, apresentam menor potencial de armazenamento em comparação a menores (Musacchi & Serra, 2018). Durante o processamento, as máquinas de triagem fazem a classificação segundo a normativa observada em BRASIL (2002). Nela, são estabelecidas classes de calibre de acordo com a massa de frutos, levando-se em consideração o número necessário deles, dentro de cada classe, para preencher uma caixa do tipo Mark IV, cuja capacidade máxima é de 18 kg.

De acordo com Petri & Leite (2004), o tamanho e o formato de maçãs são dependentes, principalmente, das condições meteorológicas e da respectiva estrutura reprodutiva. O calibre mostrou-se parcialmente alterado em função dos manejos maturação (FIGURA 3). As porcentagens de frutos categorizados dentro das classes ≤ 80 , 90 a 100, 135 a 165 e ≥ 180 foram similares. A única que exibiu contrastes foi a 110 a 120, onde os tratamentos AVG 125 g ha⁻¹ (3 SAPC) e AVG 62,3 g ha⁻¹ (3 SAPC) proporcionaram os maiores agrupamentos, 23,4% e 23,5%, respectivamente, embora diferentes apenas dos 3,2% de AVG 90 g ha⁻¹ (3 SAPC) + AVG 32,3 g ha⁻¹ (1 SAPC) (FIGURA 3c).

O escalonamento de colheita pelo emprego de AVG apresenta potencial para aumentar significativamente o calibre dos frutos. Venburg *et al.* (2008) ressaltaram que o maior período de tempo ligado à planta possibilita maior crescimento. De maneira semelhante, Petri *et al.* (2010) obtiveram atrasos na colheita, os quais culminaram em maior massa média de maçãs ‘Imperial Gala’. É possível que uma determinada heterogeneidade fenológica entre as plantas nas aplicações, somada a presença de frutos com menor potencial de crescimento, tenha prejudicado o acréscimo em massa e justifique os resultados.

Obteve-se o maior volume de frutos em ≤ 80 a partir da terceira colheita, em 25/02 (0,6%) (FIGURA 3a). Para a classe subsequente, 90 a 100, as colheitas de 17/02 (4,9%), 25/02 (4,6%) e 03/03 (3,7%) apresentaram porcentagens superiores às demais (FIGURA 3b). A última colheita, em 09/03, foi a que exibiu a menor contribuição relativa (32,4%) dentro da classe 135 a 165, não diferindo as demais (FIGURA 3d). O inverso ocorreu para os menores frutos, ≥ 180 , uma vez que essa data exibiu a maior quantidade (55,5%). A porcentagem correspondente à primeira colheita, em 09/02, não diferiu significativamente daquelas de 17/02 e 03/03, próximas a 18,0% e 28,0%, respectivamente (FIGURA 3e).

A data da colheita teve maior efeito sobre o calibre em relação aos manejos de maturação, o que pode ser observado sobretudo pelo fato de a última ter culminado na maior porcentagem de frutos em ≥ 180 (FIGURA 3e). De maneira geral, a colheita em 25/02 distinguiu-se, pois, resultou em um dos menores volumes na classe ≥ 180 e em contribuições relativas elevadas àquelas de maior tamanho. Tal resposta sinaliza que incrementos ocorrem até certo ponto durante a colheita. Isso foi verificado com maior destaque até a colheita em 25/02. Sendo assim, o maior período de tempo em que os frutos permaneceram na planta resultou em aumento de calibre até três semanas após o início da colheita comercial.



¹ Comparação entre médias para os manejos de maturação. ² Comparação entre médias para cada data de colheita. AVG: aminoetoxivinilglicina. *: semana (s) antes do ponto de colheita. ns: não significativo pelo teste F ($p>0,05$). Médias seguidas de letras distintas diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

FIGURA 3. Categorização de frutos de acordo com o calibre (≤ 80 , 90 a 100, 110 a 120, 135 a 165 e ≥ 180) em macieiras ‘Galaxy’ sob tela antigranizo em resposta a oito manejos de maturação e cinco datas de colheita. Monte Alegre dos Campos-RS, Brasil, safra 2020/2021.

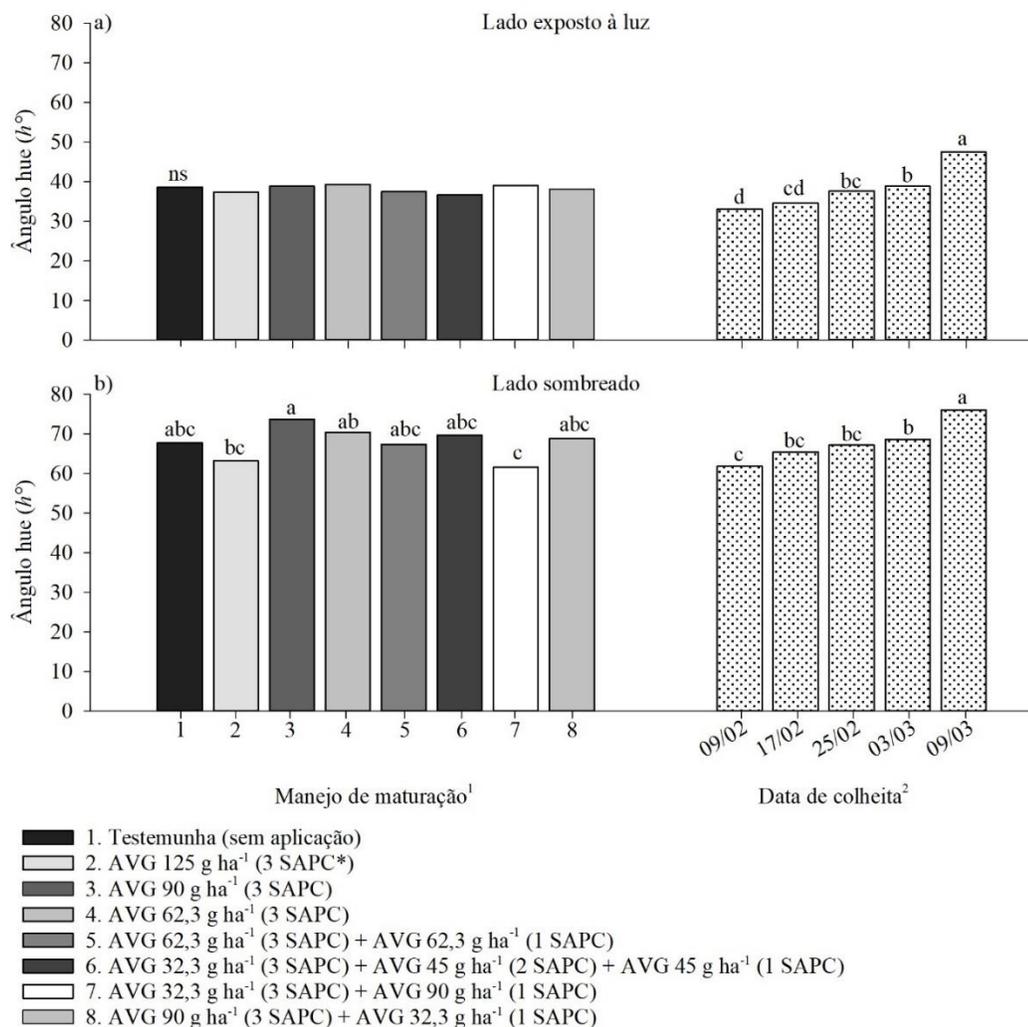
A coloração da epiderme avaliada em ângulo hue (h°), onde valores superiores indicam menos vermelho, respondeu aos manejos de maturação apenas no lado sombreado dos frutos (FIGURA 4). Observou-se que o menor vermelho, representado pelo maior valor de h° (73,6), ocorreu a partir da aplicação de AVG 90 g ha⁻¹ (3 SAPC). Os frutos sob esse tratamento diferiram apenas daqueles sob outros dois, AVG 125 g ha⁻¹ (3 SAPC) e AVG 32,3 g ha⁻¹ (3 SAPC) + AVG 90 g ha⁻¹ (1 SAPC), cujos ângulos foram de 63,1 e 61,6, respectivamente; ambos permaneceram dentro dos mais baixos e das maiores colorações. Embora o programa AVG 90 g ha⁻¹ (3 SAPC) tenha prejudicado o acúmulo de antocianinas, ele não conferiu resultados diferentes em relação ao manejo testemunha, sem aplicação. Tais respostas podem ser obtidas, uma vez que Whale *et al.* (2008) constataram valores menores de h° em comparação ao tratamento testemunha, em ambos os lados dos frutos, ao aplicar AVG 124,5 g ha⁻¹ (5 SAPC) em macieiras ‘Cripps Pink’.

A última e quinta colheita, em 09/03, caracterizou-se por apresentar ângulos hue significativamente superiores aos demais, tanto no lado exposto à luz, 47,5, quanto no lado sombreado, 76,0 (FIGURA 4). Logo, os frutos colhidos mais tarde foram os que tiveram menor acúmulo de antocianinas. A maior síntese no lado exposto da epiderme deu-se naqueles obtidos na primeira colheita, em 09/02, mas sem diferir da produção na seguinte, em 17/02, dados os ângulos de 33,1 e 34,6, respectivamente (FIGURA 4a). Observou-se resposta semelhante no lado sombreado, com os valores 61,8, 65,4 e 67,1 em 09/02, 17/02 e 25/02, respectivamente (FIGURA 4b).

De acordo com Petri (2006), a exposição à luz solar é um fator determinante para a indução e o desenvolvimento floral. A baixa luminosidade no interior da planta provoca a diminuição no número e na qualidade de gemas floríferas em comparação à sua periferia, o que resulta também na formação de frutos cujos calibres são menores. Além de aspectos hormonais, os fatores ambientais influenciam diretamente a biossíntese de antocianinas, sendo a exposição solar extremamente importante nesse processo, pois frutos produzidos no escuro não desenvolvem antocianinas na epiderme (Gao *et al.*, 2021).

A presença de frutos no interior do dossel, aliada à diminuição da luminosidade ocasionada pela presença de telas antigranizo, pode ter levado ao aumento no número de frutos de menor coloração vermelha na última data de colheita. Frutos nessa localização quase sempre têm a maturação atrasada, em decorrência de um retardo na formação da cor

de fundo amarelada. Dessa maneira, uma vez que o catálogo de cor de fundo foi utilizado para a determinação do ponto de colheita, tais frutos foram selecionados apenas na última colheita, em 09/03.



¹ Comparação entre médias para os manejos de maturação. ² Comparação entre médias para cada data de colheita. AVG: aminoetoxivinilglicina. *: semana (s) antes do ponto de colheita. ns: não significativo pelo teste F ($p > 0,05$). Médias seguidas de letras distintas diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

FIGURA 4. Coloração de frutos no lado exposto à luz (a) e no lado sombreado (b) dos frutos em macieiras ‘Galaxy’ sob tela antigranizo em resposta a oito manejos de maturação e cinco datas de colheita (h°). Monte Alegre dos Campos-RS, Brasil, safra 2020/2021.

A cor de fundo da epiderme variou em função do manejo de maturação e das datas de colheita, tanto no lado do fruto exposto à luz quanto no sombreado (TABELA 2); quanto maior o valor, menos verde ou mais amarelado é o fundo. Os frutos na quinta colheita, em

09/03, exibiram a menor média da superfície exposta à luz, 45,1. Inversamente, a segunda, a terceira e a quarta, realizadas em 17/02, 25/02 e 03/03, proporcionaram as maiores, 47,6, 47,4 e 47,0, respectivamente. Os frutos no manejo testemunha, sem aplicação, foram os mais amarelados (48,9), embora semelhantes àqueles em AVG 62,3 g ha⁻¹ (3 SAPC) (47,6) e AVG 62,3 g ha⁻¹ (3 SAPC) + AVG 62,3 g ha⁻¹ (1 SAPC) (47,0). O uso de AVG 125 g ha⁻¹ (3 SAPC) resultou no valor mais baixo (45,1), diferindo de testemunha e AVG 62,3 g ha⁻¹ (3 SAPC).

Determinou-se o maior valor de cor de fundo da superfície sombreada dos frutos em 09/02 (44,0), que foi semelhante apenas ao daqueles colhidos na semana seguinte, em 17/02 (42,5) (TABELA 2). Os resultados em 17/02, 25/02 (41,7) e 03/03 (41,4) foram intermediários. Portanto, obteve-se os frutos mais verdes em 09/03 (38,1). Uma possível justificativa é o fato de ter sido adotado o catálogo de cor de fundo para a determinação do ponto comercial. Assim, frutos mais amarelados foram colhidos antecipadamente. Maças ‘Galaxy’ desenvolvem coloração vermelha precocemente na maior parte da superfície, ocultando a mudança do fundo verde para amarelo. Isso faz com que normalmente as colheitas sejam realizadas em apenas uma ou duas passadas, evidenciando maior uniformidade para melhores condições visando o armazenamento a longo prazo (Argenta *et al.*, 2021).

Os frutos de plantas submetidas ao manejo testemunha (43,7), sem aplicação, também foram os mais amarelados na superfície sombreada, embora não tenham diferido significativamente daqueles em AVG 125 g ha⁻¹ (3 SAPC), AVG 62,3 g ha⁻¹ (3 SAPC) + AVG 62,3 g ha⁻¹ (1 SAPC), AVG 32,3 g ha⁻¹ (3 SAPC) + AVG 45 g ha⁻¹ (2 SAPC) + AVG 45 g ha⁻¹ (1 SAPC) e AVG 32,3 g ha⁻¹ (3 SAPC) + AVG 90 g ha⁻¹ (1 SAPC) (42,5, 41,8, 40,7 e 42,9, respectivamente) (TABELA 2). O uso de AVG 90 g ha⁻¹ (3 SAPC), correspondendo a 39,5, caracterizou-se pelos frutos mais verdes, junto a AVG 62,3 g ha⁻¹ (3 SAPC) (40,5) e AVG 90 g ha⁻¹ (3 SAPC) + AVG 32,3 g ha⁻¹ (1 SAPC) (40,7). A pulverização de AVG em macieiras ‘Gala’ nas concentrações 95 g ha⁻¹ e 125 g ha⁻¹, 30 dias antes da colheita, também promoveu aumento da cor de fundo verde em comparação a plantas não tratadas (Steffens *et al.*, 2006).

TABELA 2. Cor de fundo da epiderme em maçãs ‘Galaxy’ sob tela antigranizo em resposta a oito manejos de maturação e cinco datas de colheita (a* + b*). Monte Alegre dos Campos-RS, Brasil, safra 2020/2021.

Manejo de maturação	Lado exposto à luz (a* + b*)					Média
	09/02	17/02	25/02	03/03	09/03	
1. Testemunha (sem aplicação)	49,3	50,0	51,2	49,0	45,2	48,9a
2. AVG 125 g ha ⁻¹ (3 SAPC*)	44,5	46,1	45,1	45,0	44,5	45,1c
3. AVG 90 g ha ⁻¹ (3 SAPC)	43,4	47,7	47,8	46,7	44,0	45,9bc
4. AVG 62,3 g ha ⁻¹ (3 SAPC)	47,6	48,2	48,7	49,3	44,5	47,6ab
5. AVG 62,3 g ha ⁻¹ (3 SAPC) + AVG 62,3 g ha ⁻¹ (1 SAPC)	47,8	48,7	46,3	46,5	45,8	47,0abc
6. AVG 32,3 g ha ⁻¹ (3 SAPC) + AVG 45 g ha ⁻¹ (2 SAPC) + AVG 45 g ha ⁻¹ (1 SAPC)	46,4	46,4	45,6	47,4	45,8	46,3bc
7. AVG 32,3 g ha ⁻¹ (3 SAPC) + AVG 90 g ha ⁻¹ (1 SAPC)	47,3	45,9	45,7	46,8	45,9	46,3bc
8. AVG 90 g ha ⁻¹ (3 SAPC) + AVG 32,3 g ha ⁻¹ (1 SAPC)	44,1	47,9	48,7	45,2	45,5	46,3bc
Média	46,3AB	47,6A	47,4A	47,0A	45,1B	
Manejo de maturação	Lado sombreado (a* + b*)					Média
	09/02	17/02	25/02	03/03	09/03	
1. Testemunha (sem aplicação)	46,0	46,1	44,5	43,4	38,6	43,7a
2. AVG 125 g ha ⁻¹ (3 SAPC*)	44,8	42,7	42,0	44,4	38,9	42,5ab
3. AVG 90 g ha ⁻¹ (3 SAPC)	42,2	41,1	38,6	39,4	36,0	39,5c
4. AVG 62,3 g ha ⁻¹ (3 SAPC)	43,1	41,0	42,4	40,9	35,3	40,5bc
5. AVG 62,3 g ha ⁻¹ (3 SAPC) + AVG 62,3 g ha ⁻¹ (1 SAPC)	45,4	42,4	41,1	41,3	39,1	41,8abc
6. AVG 32,3 g ha ⁻¹ (3 SAPC) + AVG 45 g ha ⁻¹ (2 SAPC) + AVG 45 g ha ⁻¹ (1 SAPC)	43,0	43,1	39,5	40,3	37,5	40,7abc
7. AVG 32,3 g ha ⁻¹ (3 SAPC) + AVG 90 g ha ⁻¹ (1 SAPC)	45,0	43,4	43,4	41,9	40,9	42,9ab
8. AVG 90 g ha ⁻¹ (3 SAPC) + AVG 32,3 g ha ⁻¹ (1 SAPC)	42,7	40,2	42,2	40,1	38,2	40,7bc
Média	44,0A	42,5AB	41,7B	41,4B	38,1C	

AVG: aminoetoxivinilglicina. *: semana (s) antes do ponto de colheita. Médias seguidas de letras distintas diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

O percentual de cobertura de coloração vermelha na epiderme de maçãs é um importante aspecto na definição do início da colheita, pois interfere consideravelmente na aparência externa e no valor comercial (BRASIL, 2006). Os manejos de maturação não promoveram diferenças na porcentagem frutos enquadrados nas categorias <25% e 25 a 50% de recobrimento por vermelho, conforme evidenciado na TABELA 3. Frutos pertencentes a esses intervalos, pouco vistosos, tendem a ser pouco apreciados para consumo *in natura*. Observa-se que a quinta colheita (09/03) apresentou média significativamente superior às demais nas classes de menor recobrimento, 12,1% em <25% e 15,9% em 25 a 50%.

A interação entre manejo de maturação e data de colheita foi significativa na categoria 50 a 75% (TABELA 3). Contudo, os manejos de maturação mostraram-se similares, independentemente da colheita. Aplicando-se AVG 125 g ha⁻¹ (3 SAPC), as colheitas realizadas em 09/02, 17/02 e 03/03 (1,0%, 4,0% e 8,1%, respectivamente) apresentaram menor porcentagem de frutos. A contribuição relativa referente à colheita de 03/03 não diferiu daquela de 25/02 (29,1%). A maior porcentagem em resposta ao uso de AVG 125 g ha⁻¹ (3 SAPC), dentro desse intervalo, permaneceu próxima a 41,0%, em 09/03; porém, não diferiu significativamente daquela da colheita em 25/02.

O programa AVG 90 g ha⁻¹ (3 SAPC) proporcionou maior número de frutos colhidos na classe 50 a 75% na colheita em 25/02 (47,7%), data que diferiu apenas de 17/02 (4,0%) (TABELA 3). O uso parcelado de AVG 32,3 g ha⁻¹ (3 SAPC) + AVG 45 g ha⁻¹ (2 SAPC) + AVG 45 g ha⁻¹ (1 SAPC) resultou nas maiores contribuições relativas em 03/03 e 09/03 (30,5% e 43,4%, respectivamente), embora significativamente superiores apenas àquela em 17/02 (12,3%). A aplicação de AVG 32,3 g ha⁻¹ (3 SAPC) + AVG 90 g ha⁻¹ (1 SAPC) resultou em maior porcentagem na colheita em 09/03 (34,5%), mas diferiu apenas do obtido em 09/02 (3,9%).

A categoria >75% recebeu a maior porcentagem de frutos em todos os manejos de maturação e colheitas (TABELA 3). Maçãs ‘Galaxy’ e ‘Baigent’ exibiram recobrimento médio de 74%, superior ao constatado em ‘Royal Gala’ (70%) e ‘Imperial Gala’ (55%) (Argenta *et al.*, 2021). Tal aspecto é diretamente influenciado pela síntese de antocianinas na epiderme. Segundo Awad & Jager (2002), a sinalização do etileno é limitada pelo acúmulo de antocianinas e o uso de AVG em pré-colheita pode inibir a expressão de genes relacionados à biossíntese desses pigmentos, em um processo dependente de exposição à luz,

temperatura, cultivar e manejo do pomar (Lancaster & Dougall, 1992; Iglesias *et al.*, 2008; Gouws & Steyn, 2014; Fenili, 2018). Por exemplo, maçãs ‘Gala’, ‘Fuji’, ‘Braeburn’ e ‘Cripps Pink’ desenvolvem coloração vermelha máxima entre 16°C e 25°C (Gouws & Steyn, 2014).

A colheita da quinta data (09/03) teve a menor contribuição relativa para a classe >75% (TABELA 3). O etileno é um importante hormônio envolvido no amadurecimento dos frutos e em mudanças dos componentes de qualidade, a exemplo de açúcares e antocianinas. Apesar do avanço na maturação promover maiores índices de etileno nos tecidos, a diminuição na porcentagem de frutos mais vermelhos em colheitas tardias pode ser explicada por maior colheita no interior do dossel. Nessa região pode existir uma elevada heterogeneidade fenológica e, portanto, frutos com menor potencial de crescimento e desenvolvimento de coloração, particularidades associadas sobretudo ao microclima de luz.

A utilização de macieiras ‘Galaxy’ pode maximizar o retorno financeiro, pois seus frutos tendem a enquadrar-se em CAT 1 devido ao intenso desenvolvimento do vermelho na epiderme, quando apenas esse atributo é considerado (BRASIL, 2006). Embora estudos apontem diminuição do ganho em vermelho pelo uso de AVG (Steffens *et al.*, 2006), maçãs ‘Galaxy’ apresentam elevado recobrimento e isso pode justificar a ausência de tal efeito. Os resultados corroboram Brackmann *et al.* (2015) em maçãs ‘Brookfield’, onde também não ocorreram prejuízos por fitorreguladores.

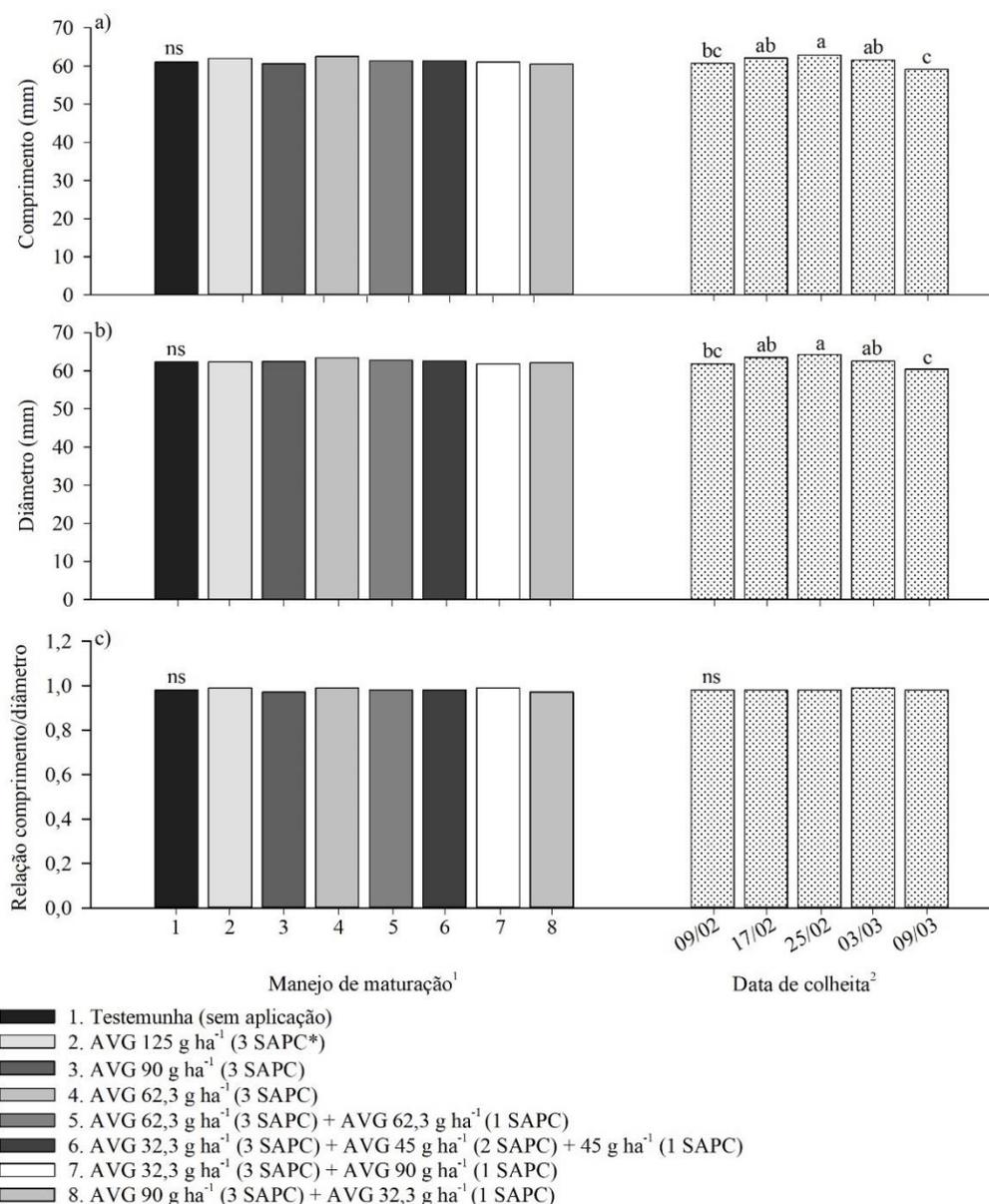
A classificação dos frutos de acordo com as classes de recobrimento por vermelho da epiderme está em concordância com os resultados de ângulo hue, onde colheitas tardias não culminaram em maior coloração. Assim, a realização de cinco colheitas não é recomendada, pois além de apresentar uma alta demanda por mão de obra e, conseqüentemente, alto custo, não resulta em benefícios para esse atributo. De maneira semelhante, Argenta *et al.* (2021) destacaram que, devido ao desenvolvimento precoce do vermelho em maçãs ‘Galaxy’, incentiva-se a colher em apenas dois momentos para garantir aparência e índices de maturação mais uniformes, além de tornar a etapa menos onerosa.

TABELA 3. Classificação de frutos conforme a porcentagem de recobrimento por vermelho da epiderme (<25%, 25 a 50%, 50 a 75% e >75%) em macieiras ‘Galaxy’ sob tela antigranizo em resposta a oito manejos de maturação e cinco datas de colheita. Monte Alegre dos Campos-RS, Brasil, safra 2020/2021.

Manejo de maturação ¹	Frutos conforme porcentagem de vermelho na epiderme (%)											
	<25%						25 a 50%					
	09/02	17/02	25/02	03/03	09/03	Média	09/02	17/02	25/02	03/03	09/03	Média
1	0,0	0,0	1,6	4,2	19,0	5,0ns	4,2	3,3	5,3	3,5	20,5	7,4ns
2	0,0	0,0	0,0	0,3	4,1	0,9	1,1	0,6	3,5	0,6	11,7	3,5
3	0,0	0,0	0,0	0,1	19,8	4,0	0,0	0,0	0,0	2,8	18,7	4,3
4	0,0	0,0	0,0	0,0	10,4	2,1	0,2	0,6	6,5	0,6	15,5	4,7
5	0,0	0,0	0,0	0,0	13,6	2,7	5,0	0,4	2,1	0,8	16,9	5,0
6	0,0	0,0	0,0	0,4	9,3	1,9	3,7	0,0	4,8	4,5	12,7	5,1
7	0,0	0,0	0,0	0,0	10,4	2,1	6,3	3,8	1,9	1,0	12,1	5,0
8	0,0	0,0	0,0	0,3	10,0	2,1	7,0	7,0	1,9	0,6	19,0	7,1
Média	0,0B	0,0B	0,2B	0,7B	12,1A		3,4B	2,0B	3,2B	1,8B	15,9A	
Manejo de maturação	50 a 75%						>75%					
	09/02	17/02	25/02	03/03	09/03	Média	09/02	17/02	25/02	03/03	09/03	Média
	1	9,7aA	13,3aA	10,0aA	28,6aA	17,7aA	15,9	86,1	83,3	83,2	63,7	42,7
2	1,0aC	4,0aC	29,1aAB	8,1aBC	40,6aA	16,6	97,9	95,4	67,4	91,1	43,6	79,1
3	18,9aAB	4,0aB	47,7aA	20,3aAB	30,1aAB	24,2	81,1	96,0	52,3	76,8	31,4	67,5
4	14,2aA	12,6aA	19,2aA	20,4aA	21,1aA	17,5	85,6	86,8	74,3	79,1	53,0	75,7
5	7,6aA	8,3aA	34,7aA	11,8aA	28,2aA	18,1	87,4	91,3	63,3	87,3	41,3	74,1
6	10,2aAB	12,3aB	12,1aAB	30,5aA	43,4aA	21,7	86,2	98,7	83,2	64,6	34,6	73,4
7	3,9aB	15,3aAB	14,1aAB	16,2aAB	34,5aA	16,8	89,9	80,9	84,0	82,9	43,0	76,1
8	14,4aA	14,4aA	21,0aA	14,7aA	26,0aA	18,1	78,5	78,5	77,2	84,4	45,0	72,7
Média	9,9	10,5	23,5	18,8	30,2		86,6A	88,9A	73,1B	78,7AB	41,8C	

¹ 1. Testemunha (sem aplicação); 2. AVG 125 g ha⁻¹ (3 SAPC*); 3. AVG 90 g ha⁻¹ (3 SAPC); 4. AVG 62,3 g ha⁻¹ (3 SAPC); 5. AVG 62,3 g ha⁻¹ (3 SAPC) + AVG 62,3 g ha⁻¹ (1 SAPC); 6. AVG 32,3 g ha⁻¹ (3 SAPC) + AVG 45 g ha⁻¹ (2 SAPC) + AVG 45 g ha⁻¹ (1 SAPC); 7. AVG 32,3 g ha⁻¹ (3 SAPC) + AVG 90 g ha⁻¹ (1 SAPC) e 8. AVG 90 g ha⁻¹ (3 SAPC) + AVG 32,3 g ha⁻¹ (1 SAPC). AVG: aminoetoxivinilglicina. *: semana (s) antes do ponto de colheita. ns: não significativo pelo teste F (p>0,05). Médias seguidas de letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

A utilização de AVG em pré-colheita não influenciou o comprimento e o diâmetro médio de frutos, nem a relação entre ambos, durante o ciclo 2020/2021 (FIGURA 5). Os atributos, individualizados, foram diferentes de acordo com a data de colheita.



¹ Comparação entre médias para os manejos de maturação. ² Comparação entre médias para cada data de colheita. AVG: aminoetoxivinilglicina. *: semana (s) antes do ponto de colheita. ns: não significativo pelo teste F ($p>0,05$). Médias seguidas de letras distintas diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

FIGURA 5. Comprimento (a), diâmetro (b) e relação comprimento/diâmetro (c) em maçãs ‘Galaxy’ sob tela antigranizo em resposta a oito manejos de maturação e cinco datas de colheita. Monte Alegre dos Campos-RS, Brasil, safra 2020/2021.

O comprimento na terceira, em 25/02 (62,9 mm), foi superior ao encontrado nas demais, exceto na segunda e na quarta, em 17/02 (62,1 mm) e 03/03 (61,5 mm), respectivamente (FIGURA 5a). O menor valor ocorreu na quinta colheita, em 09/03 (59,2 mm), mas sem apresentar diferença significativa do observado na primeira, em 09/02 (60,7 mm). As respostas do diâmetro aos tratamentos foram idênticas e essa variável permaneceu dentro do intervalo de 60,4 mm, na última colheita, e 64,2 mm na terceira (FIGURA 5b).

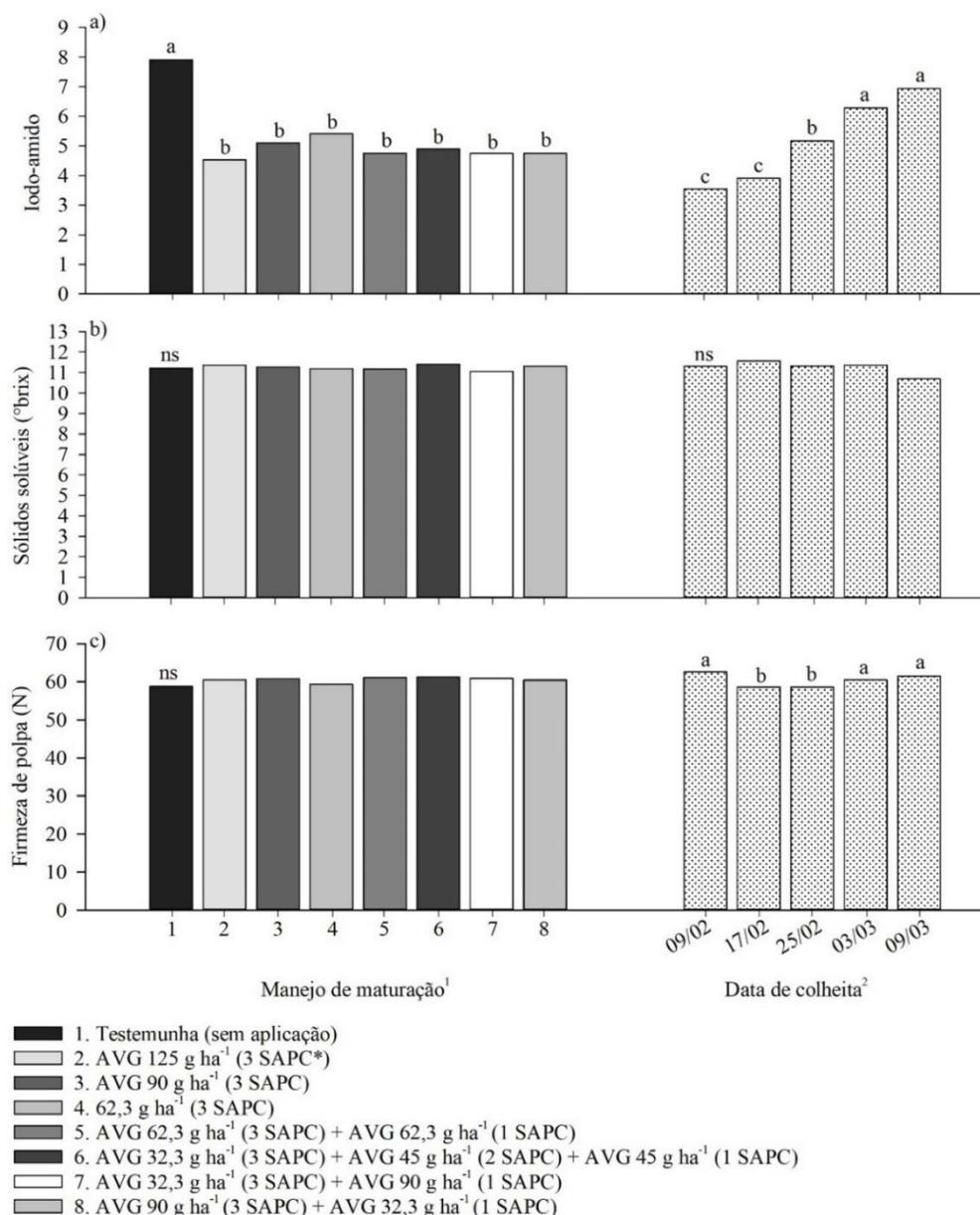
A relação comprimento/diâmetro é importante para a determinação do formato dos frutos, pois, relações próximas ou iguais a 1,0 significam arredondamento, enquanto valores inferiores indicam achatamento. Observou-se que a relação variou entre 0,97 e 1,01 (FIGURA 5c). O formato de maçãs é influenciado pelas condições meteorológicas referentes ao ciclo de cultivo e pela respectiva estrutura reprodutiva (Petri & Leite, 2004).

Os resultados de comprimento e diâmetro médios corroboram aqueles da categorização de acordo com as classes de calibre. Observa-se na FIGURA 3e que na colheita em 09/03 (última) foram obtidos frutos de menor calibre (maior presença de frutos na classe ≥ 180), como resultado dos menores valores de comprimento e diâmetro médios. Neste sentido, é possível afirmar que, nas condições estudadas, o avanço na maturação de maçãs ‘Galaxy’ a partir de quatro semanas após o início da colheita não promoveu incrementos no seu tamanho e também não alterou de maneira significativa, positiva ou negativamente, a relação comprimento/diâmetro.

Os principais parâmetros utilizados para medida de maturação de frutos são firmeza de polpa, índice de degradação de amido, cor de fundo da epiderme, acidez titulável, concentração de etileno interno e teor de sólidos solúveis (Musacchi & Serra, 2018). O índice iodo-amido apresentou diferença significativa a partir da aplicação de AVG e também apresentou comportamento diferenciado nas médias das datas de colheita realizadas (FIGURA 6a). Todas as concentrações e formas de aplicação de AVG foram eficientes na diminuição da degradação de amido, em comparação ao manejo testemunha, não havendo diferença estatística entre os manejos de maturação contendo AVG.

Com relação às médias entre as datas de colheita, a menor média foi observada em 09/02 (3,6), não havendo diferença estatística de 17/02 (3,9). A colheita tardia de frutos tende a apresentar maiores índices iodo-amido, em virtude da maior conversão de amido em açúcares solúveis. Dessa forma, os resultados apontam a eficiência na utilização de AVG no

controle da degradação de amido dos frutos, sendo este um aspecto importante para a manutenção da qualidade no período de armazenamento. Estudo desenvolvido por Amarante *et al.* (2010) aponta que a aplicação de AVG em maçãs ‘Gala’ provoca diminuição na incidência de escaldadura, rachadura peduncular e podridões durante o armazenamento.



¹ Comparação entre médias para os manejos de maturação. ² Comparação entre médias para cada data de colheita. AVG: aminoetoxivinilglicina. *: semana (s) antes do ponto de colheita. ns: não significativo pelo teste F ($p > 0,05$). Médias seguidas de letras distintas diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

FIGURA 6. Índice iodo-amido (a), sólidos solúveis (b) e firmeza de polpa (c) de maçãs ‘Galaxy’ sob tela antigranizo em resposta a oito manejos de maturação e cinco datas de colheita. Monte Alegre dos Campos-RS, Brasil, safra 2020/2021.

Como demonstrado por Hawerth *et al.* (2011), a aplicação pré-colheita de diferentes doses de AVG também proporcionou menor degradação de amido nos frutos, com menores médias nas primeiras datas de colheita. Frutos colhidos antecipadamente apresentaram respostas mais expressivas em comparação àqueles colhidos tardiamente, fato também relatado por Scolaro *et al.* (2015). De forma semelhante, Petri *et al.* (2010) observaram menor degradação de amido em frutos tratados com AVG, mantendo menores índices aos 46 dias após o ponto de colheita com a aplicação de AVG 60 g ha⁻¹ (4 SAPC) + AVG 60 g ha⁻¹ (2 SAPC) + AVG 60 g ha⁻¹ (1 SAPC) + AVG 60 g ha⁻¹ (ponto de colheita).

Durante o processo de maturação, a hidrólise do amido resulta em aumento no teor de sólidos solúveis no fruto, sendo que em maçãs, os açúcares mais abundantes são frutose, glucose e sacarose (Argenta, 2006). O teor de sólidos solúveis não apresentou resposta significativa à aplicação de AVG em macieiras ‘Galaxy’ sob tela antigranizo, assim como não sofreu interferência do avanço da maturação (FIGURA 6b). Em macieiras ‘Cripps Pink’, a aplicação isolada de AVG também não alterou o teor de sólidos solúveis dos frutos (Whale *et al.*, 2008). O mesmo comportamento foi relatado por Li & Yuan (2008), onde os autores não encontraram diferenças significativas em relação ao tratamento controle a partir da aplicação isolada de AVG, em duas datas de avaliação.

Resultados distintos no conteúdo de sólidos solúveis podem ser atribuídos a características da cultivar e a condições ambientais do ciclo de cultivo. Assim como para a firmeza de polpa, valores adequados de sólidos solúveis sofrem variações de acordo com o local de plantio e o ciclo de cultivo em questão. Por isso, não é recomendado utilizar apenas teores de sólidos solúveis como indicadores de maturação (Kingston, 1992). Conforme Argenta (2006), o teor de sólidos solúveis costuma variar entre 11,2 a 12,4°Brix para ‘Gala’ durante a maturação comercial em plantas conduzidas a céu aberto.

De maneira geral, os valores médios de sólidos solúveis observados corroboram essas informações, embora os frutos da quinta colheita, em 09/03, tenham exibido 10,7°Brix entre os níveis de aplicação de AVG (FIGURA 6b). As telas antigranizo podem diminuir o acúmulo de sólidos solúveis na polpa, em virtude do comprometimento na fotossíntese e consequente redução no acúmulo de carboidratos (Solomakhin *et al.*, 2010; Amarante *et al.*, 2012).

A firmeza de polpa é um dos mais relevantes indicadores para a definição do momento adequado de colheita. É necessário que os frutos apresentem, por exemplo, altos índices para que sejam destinados ao armazenamento a longo prazo e possuam maior valor agregado. Os índices de firmeza preconizados no momento da colheita dependem da cultivar e do destino da produção, por exemplo, a fim de garantir maior aceitabilidade do consumidor (Kingston, 1992). Conforme observado na FIGURA 6c, tal atributo não se mostrou alterado pelos manejos de maturação, possivelmente por que as avaliações de qualidade ocorreram aproximadamente 30 dias após o início da colheita comercial, caracterizando perda de firmeza ao longo do armazenamento.

Observa-se que a maior firmeza de polpa foi constatada na primeira colheita, em 09/02 (62,6 N) (FIGURA 6c). Todavia, os resultados foram similares aos encontrados nos frutos da penúltima e últimas datas, em 03/03 (60,8 N) e 09/03 (61,5 N), respectivamente. As médias nas colheitas em 17/02 e 25/02 foram de 58,6 N, significativamente inferiores às demais. O processo de perda de firmeza é de extrema importância comercial e deve ser levado em consideração no intuito de evitar ou minimizar danos mecânicos durante o período de colheita e de transporte, pois interfere diretamente na qualidade dos frutos e na vida de prateleira. Além disso, as propriedades texturais também influenciam na aceitabilidade do consumidor (Prasanna *et al.*, 2007).

A acidez titulável é uma importante variável entre os indicadores de maturação, pois o conteúdo de ácidos orgânicos diminui gradualmente ao longo da maturação e armazenagem de frutos. Valores muito baixos no momento da colheita podem culminar em frutos com qualidade organoléptica inaceitável após o armazenamento, prejudicando a comercialização (Argenta, 2006). Os manejos de maturação e as datas de colheita exibiram efeitos dependentes sobre a acidez titulável (TABELA 4). Os contrastes entre programas ocorreram, contudo, apenas dentro da colheita

Em 03/03, o manejo testemunha apresentou menor acidez titulável em comparação aos demais (0,03 g 100 mL⁻¹), com diferença estatística apenas comparado à aplicação de AVG 90 g ha⁻¹ (3 SAPC) + AVG 32,3 g ha⁻¹ (1 SAPC) (0,05 g 100 mL⁻¹) (TABELA 4). Ao avaliar as datas de colheita, a aplicação de AVG 32,3 g ha⁻¹ (3 SAPC) + AVG 45 g ha⁻¹ (2 SAPC) + AVG 45 g ha⁻¹ (1 SAPC) resultou em maior acidez na colheita de 25/02 (0,05 g 100 mL⁻¹), superior estatisticamente apenas da acidez em 09/03 (0,03 g 100 mL⁻¹). De

maneira semelhante, a aplicação de AVG 90 g ha⁻¹ (3 SAPC) + AVG 32,3 g ha⁻¹ (1 SAPC) também resultou em maior acidez titulável em 25/02 (0,06 g 100 mL⁻¹), superior estatisticamente à acidez de 09/02 (0,04 g 100 mL⁻¹) e 09/03 (0,03 g 100 mL⁻¹) (TABELA 4).

TABELA 4. Acidez titulável de maçãs ‘Galaxy’ sob tela antigranizo em resposta a oito manejos de maturação e cinco datas de colheita. Monte Alegre dos Campos-RS, Brasil, safra 2020/2021.

Manejo de maturação	Acidez titulável (g 100 mL ⁻¹)				
	09/02	17/02	25/02	03/03	09/03
1. Testemunha (sem aplicação)	0,03aA	0,05aA	0,05aA	0,03bA	0,04aA
2. AVG 125 g ha ⁻¹ (3 SAPC*)	0,04aA	0,04aA	0,05aA	0,04abA	0,04aA
3. AVG 90 g ha ⁻¹ (3 SAPC)	0,04aA	0,04aA	0,04aA	0,03bA	0,04aA
4. AVG 62,3 g ha ⁻¹ (3 SAPC)	0,04aA	0,04aA	0,04aA	0,04abA	0,04aA
5. AVG 62,3 g ha ⁻¹ (3 SAPC) + AVG 62,3 g ha ⁻¹ (1 SAPC)	0,04aA	0,04aA	0,05aA	0,04abA	0,04aA
6. AVG 32,3 g ha ⁻¹ (3 SAPC) + AVG 45 g ha ⁻¹ (2 SAPC) + AVG 45 g ha ⁻¹ (1 SAPC)	0,04aAB	0,04aAB	0,05aA	0,04abA	0,03aB
7. AVG 32,3 g ha ⁻¹ (3 SAPC) + AVG 90 g ha ⁻¹ (1 SAPC)	0,04aA	0,05aA	0,05aA	0,04abA	0,04aA
8. AVG 90 g ha ⁻¹ (3 SAPC) + AVG 32,3 g ha ⁻¹ (1 SAPC)	0,04aBC	0,05aAB	0,06aA	0,05aAB	0,03aC

AVG: aminoetoxivinilglicina. *: semana (s) antes do ponto de colheita. Médias seguidas de letras minúsculas distintas na coluna e maiúsculas na linha diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

O ácido málico é o principal ácido encontrado na maçã, e durante a maturação e posterior armazenamento, seu conteúdo passa a reduzir (Girardi *et al.*, 2004). De acordo com Girardi *et al.* (2015), a redução na acidez de frutos está relacionada com o aumento da taxa respiratória dos tecidos. Apenas as aplicações de AVG 32,3 g ha⁻¹ (3 SAPC) + AVG 45 g ha⁻¹ (2 SAPC) + AVG 45 g ha⁻¹ (1 SAPC) e AVG 90 g ha⁻¹ (3 SAPC) + AVG 32,3 g ha⁻¹ (1 SAPC) proporcionaram alterações na acidez titulável, que podem estar associadas ao aumento na taxa respiratória devido à evolução da maturação (TABELA 4). Em estudo desenvolvido por Steffens *et al.* (2005), a acidez titulável não apresentou alterações a partir da aplicação de AVG em macieiras ‘Gala’. É importante destacar que a acidez de frutos sofre influência das condições climáticas (Girardi *et al.*, 2004).

A queda pré-colheita registrada entre os níveis de manejo de maturação utilizados e as datas de avaliação realizadas no ciclo 2020/2021 pode ser considerada inferior a índices

comumente observados na região Sul do Brasil, em todos os níveis de manejo de maturação estudados (Petri *et al.*, 2010; Steffens *et al.*, 2005). Contudo, nas condições estudadas o escalonamento de colheita apresentou respostas diferenciadas a depender da concentração e momento de aplicação de AVG. O uso de AVG 90 g ha⁻¹ (3 SAPC) proporcionou menor volume de frutos colhidos na primeira data de colheita (09/02) e maior volume de frutos colhido em 09/03, última colheita realizada.

No que diz respeito à coloração de frutos, o recobrimento de coloração vermelha (%) não apresentou respostas significativas a partir da aplicação de AVG, embora o avanço na colheita tenha proporcionado a colheita de frutos com menor coloração vermelha de frutos na epiderme. Maçãs ‘Galaxy’ desenvolvem a coloração vermelha precocemente e, provavelmente por isso, não foi possível observar aumento na porcentagem de recobrimento de coloração em colheitas tardias (Argenta *et al.*, 2021). A cor de fundo, por sua vez, foi influenciada pela aplicação de AVG e também pela data de colheita realizada. Os resultados do estudo permitem concluir que o uso de AVG retarda o desenvolvimento da cor de fundo amarela, sendo que os valores obtidos foram superiores no lado dos frutos exposto à luz.

O avanço da data de colheita provocou diminuição no comprimento e diâmetro médio dos frutos, embora não tenha ocorrido prejuízos na relação comprimento/diâmetro. Ainda, o calibre de frutos, sólidos solúveis, firmeza de polpa e acidez titulável também não foram aspectos influenciados pelos níveis de manejo de maturação utilizados, embora tenham sofrido alterações a depender da data de colheita.

Frente aos resultados obtidos neste trabalho, é possível sugerir que a realização de colheitas tardias, mesmo em plantas tratadas com AVG, influenciam negativamente nos índices de maturação, e, por consequência, diminuem o potencial de armazenamento dos frutos. Além disso, o avanço na maturação não provocou incremento na coloração vermelha da epiderme, não justificando a operação em cinco momentos.

Como mencionado por Argenta *et al.* (2021), maçãs ‘Galaxy’ podem ser colhidas em apenas dois momentos, a fim de garantir o fornecimento de frutos com coloração e índices de maturação mais uniformes. A aplicação de AVG parece ser uma ferramenta importante na diminuição do impacto do sombreamento causado por telas antigranizo, em especial na promoção do escalonamento de colheita e no controle da degradação de amido. Entretanto,

nas condições de cultivo avaliadas, a aplicação do produto não interferiu na manutenção da firmeza de polpa e também não promoveu controle de queda pré-colheita.

3.4 Conclusões

- A aplicação de AVG, única ou parcelada, não promoveu o controle de queda pré-colheita nas condições de cultivo avaliadas.
- O emprego de AVG 90 g ha⁻¹ (3 SAPC) resultou no maior retardo na maturação dos frutos.
- A cor de fundo em frutos submetidos à aplicação de AVG foi mais verde, enquanto aqueles do manejo testemunha apresentaram coloração mais amarelada.
- Os manejos de maturação com AVG promoveram menores índices iodo-amido, em comparação ao manejo controle. A firmeza de polpa e o teor de sólidos solúveis não apresentaram diferenças. De maneira geral, a aplicação de AVG 90 g ha⁻¹ (3 SAPC) + AVG 32,3 g ha⁻¹ (3 SAPC) provocou maior acidez titulável.
- As três primeiras colheitas resultaram em frutos de maior massa média e de menor índice de degradação de amido.

3.5 Referências

- AMARANTE, C. V. T. *et al.* Effect of aminoethoxyvinilglycine (AVG) on preharvest fruit drop and maturity of apples. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 3, p. 661-664, 2002.
- AMARANTE, C. V. T.; STEFFENS, C. A.; ARGENTA, L. C. Yield and fruit quality of 'Gala' and 'Fuji' apple trees protected by White anti-hail net. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 129, p. 79-85, 2011.
- AMARANTE, C. V. T.; STEFFENS, C. A.; BLUM, L. E. B. Coloração do fruto, distúrbios fisiológicos e doenças em maçã 'Gala' e 'Fuji' pulverizadas com aminoetoxivinilglicina. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 1, p. 9-18, 2010.
- ARGENTA, L. C. Fisiologia pós-colheita: maturação, colheita e armazenagem de frutos. *In*: EPAGRI (ed.). **A cultura da macieira**. Florianópolis: Epagri, 2006. cap. 20, p. 691-732.
- ARGENTA, L. C. *et al.* AVG and 1-MCP effects on maturity and quality of apple fruit at harvest and after storage. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 727, p. 495-504, 2006.

ARGENTA, L. C. *et al.* Comparison of fruit maturation and quality of ‘Gala’ apple strains at harvest and after storage. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 43, n. 1, [art.] e-285, 2021.

ARGENTA, L. C.; VIEIRA, M. J.; SCOLARO, A. M. T. Validação de catálogos de cores como indicadores do estágio de maturação e do ponto de colheita de maçã. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 23, n. 3, p. 71-77, 2010.

ARSENEAULT, M. H.; CLINE, J. A. A review of apple preharvest fruit drop and practices for horticultural management. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 211, p. 40-52, 2016.
AWAD, M. A.; JAGER, A. Formation of flavonoids, especially anthocyanin and chlorogenic acid in ‘Jonagold’ apple skin: influences of growth regulators and fruit maturity. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 93, n. 3/4, p. 257-266, 2002.

BENDER, R. J.; EBERT, A. **Determinação do ponto de colheita de cultivares de macieira**: teste iodo amido. Florianópolis: EMPASC, 1985. 6 p.

BONETI, J. I. S. *et al.* Evolução da cultura da macieira. *In*: EPAGRI (ed.). **A cultura da macieira**. Florianópolis: Epagri, 2006. cap. 2, p. 37-57.

BOSCO, L. C. *et al.* Microclimate alterations caused by agricultural hail net coverage and effects on apple tree yield in subtropical climate of Southern Brazil. **Bragantia**, Campinas, v. 77, n. 1, p. 181-192, 2017.

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

BRACKMANN, A.; STEFFENS, C. A.; GIEHL, R. F. H. Maturação da maçã ‘Fuji’ em função do atraso na colheita e da aplicação pré-colheita de aminoetoxivinilglicina. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 3, p. 737-742, 2004.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 50, de 3 de setembro de 2002. Aprovar o Regulamento Técnico de Identidade e de Qualidade para a Classificação da Maçã, em anexo. Estabelecer que, em se tratando de importação de Maçã dos demais países membros do MERCOSUL, será observado, para efeito de classificação, o que preconiza o Regulamento Técnico de Identidade e de Qualidade da Maçã, aprovado pela Resolução GMC nº 117/96. **Diário Oficial da União: Seção 1**, Brasília, DF, 5 set. 2002.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regulamento técnico de identidade e qualidade da maçã**. Brasília, DF: MAPA, 2006. 9 p. (Instrução Normativa, 5).

BYERS, R. E. Effects of aminoethoxyvinylglycine (AVG) on preharvest fruit drop, maturity and cracking of several apple cultivars. **Journal of Tree Fruit Production**, Binghamton, v. 2, n. 1, p. 77-97, 1997.

FENILI, C. L. **Alternativas para incrementar a coloração vermelha da epiderme de maçãs**. 2018. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2018.

GAO, H. *et al.* Review: The effects of hormones and environmental factors on anthocyanin biosynthesis in apple. **Plant Science**, Shannon, v. 312, [art.] 111024, 2021.

GIRARDI, C. L. *et al.* **Conservação e qualidade pós-colheita de maçãs**. Bento Gonçalves: Embrapa–CNPUV, 2015. 16 p. (Circular Técnica, 114).

GIRARDI, C. L.; NACHTIGALL, G. R.; PARUSSOLO, A. Fatores pré-colheita que interferem na qualidade da fruta. *In*: GIRARDI, L. C. (ed.). **Maçã: pós-colheita**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2004. (Frutas do Brasil, 39). p. 24-34.

GOUWS, A.; STEYN, W. J. The effect of temperature, region and season on red colour development in apple peel under constant irradiance. **Science Horticulturae**, Amsterdam, v. 173, p. 79-85, 2014.

GREENE, D. W.; SCHUPP, J. R. Effect of aminoethoxyvinylglycine (AVG) on preharvest drop, fruit quality, and maturation of ‘McIntosh’ apples. I. Concentration and timing of dilute applications of AVG. **HortScience**, Alexandria, VA, v. 39, n. 5, p. 1030-1035, 2004.

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

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

IGLESIAS, I. *et al.* Differences in fruit colour development, anthocyanin content, fruit quality and consumer acceptability of eight ‘Gala’ apple strains. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 119, n. 1, p. 32-40, 2008.

IGLESIAS, I.; ALEGRE, S. The effect of anti-hail nets on fruit protection, radioation, temperature, quality and profitability of ‘Mondial Gala’ apples. **Journal of Applied Horticulturae**, Lucknow, v. 8, n. 2, p. 91-100, 2006.

KINGSTON, C. M. Maturity indices for apple and pear. *In*: JANICK, J. (ed.). **Horticulture Reviews**. New York: John Wiley, 1992. v. 13, cap. 10, p. 407-432.

LANCASTER, J.; DOUGALL, D. K. Regulation of skin color in apples. **Critical Reviews in Plant Sciences**, Boca Raton, v. 10, n. 6, p. 487-502, 1992.

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

- LI, J.; YUAN, R. NAA and ethylene regulate expressions of genes related to ethylene biosynthesis, perception, and cell wall degradation during fruit abscission and ripening in 'Delectious' apples. **Journal of Plant Growth Regulation**, New York, v. 27, p. 283-295, 2008.
- MARTINS, J. A. *et al.* Climatology of destructive hailstorms in Brazil. **Atmospheric Research**, Amsterdam, v. 124, p. 126-138, 2017.
- MUPAMBI, G. *et al.* The influence of protective netting on tree physiology and fruit quality of apple: a review. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 236, p. 60-72, 2018.
- MUSACCHI, S.; SERRA, S. Apple fruit quality: overview on pre-harvest factors. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 234, p. 409-430, 2018.
- PÉNEAU, S. *et al.* Importance and consumer perception of freshness of apples. **Food Quality and Preference**, New York, v. 17, p. 9-19, 2006.
- PETRI, J. L. Formação de flores, polinização e fertilização. *In*: EPAGRI (ed.). **A cultura da macieira**. Florianópolis: Epagri, 2006. cap. 7, p. 229-260.
- PETRI, J. L.; HAWERROTH, F. J.; LEITE, G. B. Maturação, qualidade e queda pré-colheita de maçãs 'Imperial Gala' em função da aplicação de aminoetoxivinilglicina. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 3, p. 599-608, 2010.
- PETRI, J. L.; LEITE, G. B. Consequences of insufficient winter chilling on apple tree bud-break. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 662, p. 53-60, 2004.
- 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**, Jaboticabal, v. 29, n. 2, p. 239-244, 2007.
- PRASANNA, V.; PRABHA, T. N.; THARANATHAN, R. N. Fruit ripening phenomena – an overview. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 47, n. 1, p. 1-19, 2007.
- ROBINSON, T. Advances in apple culture worldwide. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, p. 37-47, 2011. Volume especial.
- SCOLARO, A. M. T. **Manejo da maturação na planta e conservação da qualidade de maçãs pela inibição da síntese ou da ação do etileno**. 2012. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2012.
- SCOLARO, A. M. T. *et al.* Controle de maturação pré-colheita de maçãs 'Royal Gala' pela inibição da ação ou síntese do etileno. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 37, n. 1, p. 38-47, 2015.

SOLOMAKHIN, A.; BLANKE, M. M. Can coloured hailnets improve taste (sugar, sugar: acid ratio), consumer appeal (colouration) and nutritional value (anthocyanin, vitamin C) of apple fruit? **Food Science and Technology**, London, v. 43, p. 1277-1284, 2010.

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

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

STEFFENS, C. A.; SESTARI, I.; BRACKMANN, A. Controle da queda pré-colheita de maçãs 'Gala' e 'Fuji' com aminoetoxivinilglicina e ethephon. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 11, n. 3, p. 329-332, 2005.

STOVER, E. *et al.* Harvest management of Marshall 'MacIntosh' Apples: effect of AVG, NAA, ethephon and summer pruning on preharvest drop and fruit quality. **HortScience**, Alexandria, VA, v. 38, n. 6, p. 1093-1099, 2003.

VENBURG, G. D. *et al.* Recent developments in AVG research. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 796, p. 43-49, 2008.

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

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

4 CAPÍTULO 2

Uso isolado e combinado de aminoetoxivinilglicina e Tikkun[®] no manejo de maturação e escalonamento de colheita em macieiras ‘Galaxy’ sob tela antigranizo

4.1 Introdução

Maçãs ‘Gala’ têm maior produção de etileno no período de colheita em comparação a outras cultivares. Por isso, sua rápida maturação normalmente culmina em altos índices de queda pré-colheita. Conforme Byers (1997), quando a queda é elevada, pode resultar em grandes prejuízos para o fruticultor. Por conta de um grande volume de frutos a ser colhido em um pequeno espaço de tempo, parte da produção é colhida em estágio avançado de maturação, inviável para o armazenamento a médio e longo prazo.

A ocorrência frequente de tempestades de granizo na região Sul do Brasil, principal produtora de maçãs no país, resulta na necessidade da instalação de telas antigranizo, ferramenta mais eficaz para minimizar danos sobre lenho, folhas e frutos (Bosco *et al.*, 2017). Além da proteção, todavia, tais telas promovem mudanças microclimáticas, dentre as quais destaca-se a redução da disponibilidade de luz às plantas. Bosco *et al.* (2017) obtiveram redução da radiação fotossinteticamente ativa em cerca de 33%, o que pode influenciar no crescimento e desenvolvimento vegetativo (Mupambi *et al.*, 2018).

Uma das principais consequências do uso de telas antigranizo é o comum prolongamento do ciclo vegetativo e, portanto, retardo da maturação de frutos, que reduz os índices de firmeza de polpa, o conteúdo de sólidos solúveis e o período de armazenamento (Iglesias & Alegre, 2006; Amarante *et al.*, 2011; Mupambi *et al.*, 2018). Assim, a importância da realização de estudos acerca do manejo de maturação é destacada para o cultivo de macieiras sob telas, de maneira que sejam atenuados os impactos negativos do sombreamento e tenha-se a manutenção e o aumento da capacidade produtiva existente.

A aminoetoxivinilglicina (AVG) é um aminoácido que atua na inibição da biossíntese de etileno e um dos principais fitorreguladores utilizados no Sul do Brasil. A aplicação pré-colheita proporciona o controle da queda de frutos e o escalonamento da etapa, sem perder as características para adequada conservação (Petri *et al.*, 2007; Amarante *et al.*, 2010; Hawerth *et al.*, 2011; Yildiz *et al.*, 2012). Byers *et al.* (2005) constataram que o uso de AVG 50 mg L⁻¹ (4 semanas antes do ponto de colheita) minimizou a queda de frutos em macieiras ‘Arlet’. A molécula retarda a perda da firmeza de polpa, reduz a degradação de amido e a perda de qualidade no armazenamento (Byers, 1997). Porém, alguns autores demonstraram a possibilidade de ela prejudicar o acúmulo da coloração vermelha na epiderme de maçãs ‘Gala’ (Steffens *et al.*, 2006). Os resultados variam de acordo com a

cultivar, pois o seu emprego isolado ou combinado a outros compostos não interferiu nesse aspecto em maçãs ‘Brookfield’ (Brackmann *et al.*, 2015).

O planejamento de programas para o controle de maturação pré-colheita é complexo, pois pode envolver diversas épocas, produtos e combinações. O emprego de bioestimulantes mostra-se crescente em pomares de macieiras, mas ainda é pouco documentado para esse fim. Fenili (2018) obteve incrementos na coloração vermelha da epiderme em função do uso desses produtos. É possível que bioestimulantes auxiliem no escalonamento da colheita, na diminuição das perdas com a queda de frutos, na maximização do efeito dos produtos no esquema adotado e na diminuição dos custos, aumentando a lucratividade na atividade. O Tikkun[®] é um bioestimulante composto por nitrogênio (N), enxofre (S), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn). De acordo com a sua descrição, promove a diminuição da síntese de etileno em condições de estresse, mas inexistem trabalhos que o testem em pulverizações pré-colheita. Aglar *et al.* (2016) apontaram que a aplicação foliar de Zn reduziu a síntese de etileno e a queda pré-colheita, incrementou a massa e modificou o conteúdo de minerais nos frutos de macieiras ‘Jersey Mac’, além de também potencializar alguns efeitos do AVG. Dessa maneira, o objetivo deste estudo foi avaliar o uso isolado e a associação de AVG e Tikkun[®] no manejo de maturação em macieiras ‘Galaxy’ sob tela antigranizo.

4.2 Material e métodos

O experimento foi desenvolvido em pomar comercial no município de Monte Alegre dos Campos-RS (latitude: 28°40'59"S, longitude: 50°46'58"O, altitude: 958 m), durante a safra 2020/2021. O material vegetal consistiu em macieiras ‘Galaxy’ de seis anos sobre porta-enxerto M.9, espaçadas em 0,6 m x 3,7 m (planta x fila), conduzidas em líder central e sob tela antigranizo branca. O esquema de polinização baseou-se no plantio de 3 filas de ‘Galaxy’ a cada 1 fila de ‘Fuji Suprema’. A caracterização vegetativa das plantas é apresentada no APÊNDICE 3. Segundo Köppen, a região é classificada como Cfb, em virtude do clima temperado e verão ameno. Dados meteorológicos de interesse do ciclo de cultivo são apresentados nos APÊNDICES 1 e 2.

Aplicações de AVG (Retain[®] - Valent BioSciences USA, 15% de i.a.) e Tikkun[®] (Valett Grow) foram procedidas dentro dos manejos de maturação: 1) Testemunha (sem aplicação); 2) AVG 90 g ha⁻¹ (3 semanas antes do ponto de colheita - SAPC); 3) AVG 90 g

ha⁻¹ + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (3 SAPC); 4) AVG 62,3 g ha⁻¹ (3 SAPC) + AVG 62,3 g ha⁻¹ (1 SAPC); 5) AVG 62,3 g ha⁻¹ + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (3 SAPC) + AVG 62,3 g ha⁻¹ + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (1 SAPC); 6) AVG 62,3 g ha⁻¹ (3 SAPC) + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (2 SAPC) + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (1 SAPC) e 7) Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (3 SAPC) + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (2 SAPC) + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (1 SAPC) + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (ponto de colheita - PC).

Utilizou-se um pulverizador de arrasto motorizado e volume de calda equivalente a 1.000 L ha⁻¹ para as aspersões, realizadas em 15/01/2021 (3 SAPC), 23/01/2021 (2 SAPC), 30/01/2021 (1 SAPC) e 09/01/2021 (PC). O espalhante adesivo siliconado Break Thru[®] (Evonik Degussa Brasil Ltda) 0,05% foi utilizado em todas elas. A velocidade do vento permaneceu inferior a 10 km h⁻¹, a temperatura e a umidade relativa do ar abaixo de 25°C e acima de 50%, respectivamente, durante e próximo aos tratamentos.

Variáveis estudadas

Atributos de produção: determinou-se a queda pré-colheita pela contabilização dos frutos caídos em seis ocasiões, semanalmente, entre 25/01 e 03/03. O número de frutos colhidos e caídos foi acessado em cada colheita (4) para obter-se o número por planta. A partir dessas informações, calculou-se a porcentagem de queda pré-colheita, levando-se em consideração os frutos na planta no momento da amostragem.

Realizaram-se quatro colheitas, semanalmente, de 09/02 a 03/03. Foram colhidos todos os frutos por planta, de forma seletiva, com o intuito de retirar apenas aqueles em ponto comercial. O ponto de colheita presumido foi definido pela avaliação da cor de fundo (cor da região menos avermelhada da epiderme), conforme o catálogo de cores para maçãs ‘Gala’, colhendo-se aquelas com índices entre 3 e 4, para que a mudança de cor seja relacionada com outros indicadores de maturação (Argenta *et al.*, 2010). Os frutos foram pesados em balança eletrônica digital e, pela relação com o número, a massa fresca média determinada (g). Uma amostra de 120 frutos por colheita e repetição foi separada para as posteriores avaliações, após armazenamento em frio convencional. Se em menor número, adotou-se o total.

Atributos de qualidade: para a categorização de acordo com o calibre, 100 frutos, ou o total, quando em menor número, foram individualmente pesados em balança de precisão. Conforme as massas obtidas e o número máximo de frutos em uma caixa modelo Mark IV (capacidade para 18 kg), adotaram-se as classes: 1) menor ou igual a 80 (maior que

212,5 g); 2) 90 a 100 (171,5 g a 212,5 g); 3) 110 a 120 (141,5 g a 171,49 g); 4) 135 a 165 (104,5 a 141,49 g) e 5) maior ou igual a 180 (menor que 104,5 g) (Adaptado de BRASIL, 2002). Os mesmos frutos foram submetidos à avaliação visual de porcentagem de recobrimento por coloração vermelha da epiderme e categorizados dentro dos intervalos: 1) 0-25% de recobrimento; 2) 25-50% de recobrimento; 3) 50-75% de recobrimento e 4) >75% de recobrimento. Os valores foram expressos em porcentagem do número de frutos avaliados.

A coloração da epiderme de 20 frutos foi avaliada pelo uso de colorímetro Minolta® (modelo CR-400), com leituras em pontos opostos na região equatorial e resultados expressos em L^* , C^* , h° , a^* e b^* . L^* representa a luminosidade, que varia de zero a 100; C^* determina a cromaticidade, onde valores mais altos demonstram maior intensidade na definição de cor; h° (ângulo hue) determina a tonalidade da cor, na qual 0° : vermelho, 90° : amarelo e 180° : verde; a^* indica a variação de cor vermelha ao verde e b^* indica a variação de cor amarelo ao azul. Inferiu-se a cor de fundo a partir do somatório dos valores de a^* e b^* de cada lado; maiores valores indicam menor esverdeamento, ou maior amarelecimento.

Obtiveram-se comprimento e diâmetro médios (mm) por intermédio de fita métrica em quatro grupos de 10 frutos. A partir desses dados, determinou-se a relação comprimento/diâmetro. 20 frutos foram submetidos a avaliações de: firmeza de polpa (N), conteúdo de sólidos solúveis (°Brix), índice iodo-amido (1-9) e acidez titulável (g 100 mL⁻¹) entre 16/03 e 24/03, após o término das quatro colheitas (APÊNDICE 5). Dois pontos opostos da região equatorial foram seccionados em torno de 2 cm e a firmeza de polpa acessada em ambos com auxílio de um penetrômetro manual (ponteira de 11 mm). Uma amostra de suco por fruto foi coletada diretamente pelo uso de um refratômetro digital, modelo PAL-1 (Atago Brasil Ltda.) para a aferição do teor de sólidos solúveis.

O índice iodo-amido e a acidez titulável foram quantificados a partir do corte de duas seções transversais em cada fruto, uma para cada teste. Imergiu-se a primeira em solução de iodo e posteriormente, pela observação visual do padrão de cores resultante da reação com o amido, atribuiu-se um valor de 1, menos maduro, até 9, conforme escala adaptada de Bender & Ebert (1985). A outra seção foi acondicionada e agrupada às demais da respectiva amostra para centrifugação. O suco extraído foi adicionado à água destilada para titulação em solução de NaOH 0,1 N. A fórmula utilizada para o cálculo da acidez titulável foi: $AT = (v \cdot F \cdot N) / V$, onde v: volume gasto da solução de NaOH na titulação (mL); F: fator de correção; N:

normalidade da solução de NaOH e V: volume de suco utilizado na titulação da amostra (mL).

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, adotando-se quatro repetições de duas plantas úteis cada. Os resultados foram submetidos à análise de variância em duas vias, sendo os fatores de tratamento manejo de maturação e data de colheita. Atributos em porcentagem foram previamente transformados por $\text{arc.sen } (x+0,5/100)^{1/2}$. Uma vez constatada significância, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. Utilizaram-se os softwares SAS, 9.0 e SigmaPlot, 14.0 para todos os procedimentos.

4.3 Resultados e discussão

Atributos de produção

A queda pré-colheita de frutos é um grande problema na cultura da macieira e um desafio para os produtores (Byers, 1997). Neste trabalho, tal variável respondeu significativamente à interação entre manejo de maturação e data de amostragem (TABELA 1). A queda pré-colheita de frutos foi pouco expressiva em todas as plantas avaliadas nas quatro primeiras avaliações, tornando-se mais significativa nas duas últimas.

TABELA 1. Queda pré-colheita de frutos em macieiras ‘Galaxy’ sob tela antigranizo em resposta a sete manejos de maturação e seis datas de amostragem. Monte Alegre dos Campos-RS, Brasil, safra 2020/2021.

Manejo de maturação ¹	Frutos caídos (%)					
	25/01	01/02	08/02	17/02	25/02	03/03
1	0,3aC	0,1aC	0,1aC	0,9aBC	3,4aAB	5,7abA
2	0,0aB	0,3aB	0,2aB	1,0aAB	2,3aA	1,3bAB
3	0,1aC	0,1aC	0,1aC	0,4aBC	1,0aAB	3,0abA
4	0,1aB	0,0aB	0,1aB	0,5aAB	2,4aA	0,7bAB
5	0,1aA	0,1aA	0,3aA	0,4aA	3,4aA	10,4abA
6	0,0aA	0,2aA	0,0aA	0,6aA	7,5aA	1,5bA
7	0,2aB	0,2aB	0,3aB	1,3aB	4,7aAB	38,3aA

¹ 1. Testemunha (sem aplicação); 2. AVG 90 g ha⁻¹ (3 SAPC*); 3. AVG 90 g ha⁻¹ + Tikkun® 1,5 L ha⁻¹ (3 SAPC); 4. AVG 62,3 g ha⁻¹ (3 SAPC) + AVG 62,3 g ha⁻¹ (1 SAPC); 5. AVG 62,3 g ha⁻¹ + Tikkun® 1,5 L ha⁻¹ (3 SAPC) + AVG 62,3 g ha⁻¹ + Tikkun® 1,5 L ha⁻¹ (1 SAPC); 6. AVG 62,3 g ha⁻¹ (3 SAPC) + Tikkun® 1,5 L ha⁻¹ (2 SAPC) + Tikkun® 1,5 L ha⁻¹ (1 SAPC) e 7. Tikkun® 1,5 L ha⁻¹ (3 SAPC) + Tikkun® 1,5 L ha⁻¹ (2 SAPC) + Tikkun® 1,5 L ha⁻¹ (1 SAPC) + Tikkun® 1,5 L ha⁻¹ (PC**). AVG: aminoetoxivinilglicina. *: semana (s) antes do ponto de colheita. **: ponto de colheita. Médias seguidas de letras minúsculas distintas na coluna e maiúsculas na linha diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

A queda de frutos no manejo testemunha, sem aplicação, foi superior nas avaliações realizadas em 25/02 (3,4%) e 03/03 (5,7%) em relação às demais (TABELA 1). Todavia, a queda em 25/02 foi similar à obtida em 17/02 (0,9%). A aplicação de AVG 90 g ha⁻¹ (3 SAPC) apresentou a maior porcentagem em 25/02 (2,3%), embora similar àquelas em 17/02 (1,0%) e 03/03 (1,3%). A mesma concentração de AVG, associada à Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (3 SAPC), apresentou maior queda pré-colheita na última data, em 03/03 (3,0%), que foi similar à obtida na anterior, em 25/02 (1,0%). O uso de AVG 62,3 g ha⁻¹ (3 SAPC) + AVG 62,3 g ha⁻¹ (1 SAPC) resultou em maior queda em 25/02 (2,4%), embora não tenha diferido das porcentagens observadas em 17/02 (0,5%) e 03/03 (0,7%).

Os programas AVG 62,3 g ha⁻¹ + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (3 SAPC) + AVG 62,3 g ha⁻¹ + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (1 SAPC) e AVG 62,3 g ha⁻¹ (3 SAPC) + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (2 SAPC) + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (1 SAPC) não apresentaram diferenças significativas entre as datas de amostragem (TABELA 1). O uso de Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (3 SAPC) + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (2 SAPC) + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (1 SAPC) + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (PC) exibiu a maior queda pré-colheita registrada em 03/03 (38,3%), embora não tenha diferido da observada na mesma data com o tratamento testemunha (5,7%) e AVG 62,3 g ha⁻¹ + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (3 SAPC) + AVG 62,3 g ha⁻¹ + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (1 SAPC) (10,4%).

A menor queda pré-colheita foi obtida com duas aplicações de 62,3 g ha⁻¹ de AVG (3 e 1 SAPC), que resultaram no acumulado de 3,8% (TABELA 1). Trata-se de uma redução de 91,6% em comparação à aplicação de Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ em quatro épocas, que registrou 45,0%, o maior valor acumulado entre os manejos de maturação estudados. O manejo testemunha resultou em 10,5% de queda de frutos acumulada, o que caracteriza aumento de 63,8% na queda de frutos em comparação à AVG 62,3 g ha⁻¹ (3 SAPC) + AVG 62,3 g ha⁻¹ (1 SAPC). A partir desses resultados, presume-se que para o controle de queda pré-colheita é importante realizar aplicações de AVG próximas ao início da colheita (1 SAPC). Petri *et al.* (2007) também observaram que aplicações sete dias antes do ponto de colheita comercial apresentaram maior eficiência.

Destaca-se que a queda pré-colheita registrada nas condições de estudo pode ser considerada inferior ao que foi observado em outros trabalhos desenvolvidos na região Sul do Brasil. Petri *et al.* (2010) reportaram que em macieiras 'Imperial Gala', a queda acumulada no tratamento testemunha, sem aplicação, foi superior a 65%. Características meteorológicas

do ciclo de cultivo interferem na intensidade da queda antecipada de frutos. Contudo, os efeitos da temperatura do ar e da disponibilidade hídrica ainda não estão bem documentados para a cultura. Sabe-se que maiores níveis de abscisão são provocados por temperaturas elevadas e estresse hídrico (Arseneault & Cline, 2016; Raja *et al.*, 2017).

O manejo de maturação e a data de colheita influenciaram juntos a contribuição relativa da data de colheita ao total de frutos colhidos, conforme observado na TABELA 2. A pulverização de Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ em quatro épocas resultou em maior porcentagem de frutos colhidos na primeira colheita (40,3%), mas não diferiu de AVG 90 g ha⁻¹ + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (3 SAPC) (6,0%) e AVG 62,3 g ha⁻¹ (3 SAPC) + AVG 62,3 g ha⁻¹ (1 SAPC) (7,0%). O uso de Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (3 SAPC) + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (2 SAPC) + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (1 SAPC) + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (PC) promoveu em 25/02 quase 12%, inferior apenas a 34,8% do AVG 90 g ha⁻¹ + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (3 SAPC). Na última colheita, AVG 62,3 g ha⁻¹ (3 SAPC) + AVG 62,3 g ha⁻¹ (1 SAPC) e AVG 90 g ha⁻¹ + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (3 SAPC) proporcionaram a colheita de 41,6% e 38,0% do total de frutos, respectivamente, enquanto a aplicação apenas de Tikkun[®] resultou em 2,9%.

TABELA 2. Contribuição relativa da data ao total de maçãs ‘Galaxy’ colhidas sob tela antigranizo em resposta a sete manejos de maturação e quatro colheitas. Monte Alegre dos Campos-RS, Brasil, safra 2020/2021.

Manejo de maturação	Contribuição relativa ao total de frutos colhidos (%)			
	09/02	17/02	25/02	03/03
1. Testemunha (sem aplicação)	26,9abA	38,0aA	24,3abA	10,8abB
2. AVG 90 g ha ⁻¹ (3 SAPC*)	13,6abA	34,0aA	27,8abA	24,6abA
3. AVG 90 g ha ⁻¹ + Tikkun [®] 1,5 L ha ⁻¹ (3 SAPC)	6,0bB	21,2aAB	34,8aA	38,0aA
4. AVG 62,3 g ha ⁻¹ (3 SAPC) + AVG 62,3 g ha ⁻¹ (1 SAPC)	7,0bB	26,4aA	25,1abA B	41,6aA
5. AVG 62,3 g ha ⁻¹ + Tikkun [®] 1,5 L ha ⁻¹ (3 SAPC) + AVG 62,3 g ha ⁻¹ + Tikkun [®] 1,5 L ha ⁻¹ (1 SAPC)	18,1abA	45,3aA	18,3abA	18,4abA
6. AVG 62,3 g ha ⁻¹ (3 SAPC) + Tikkun [®] 1,5 L ha ⁻¹ (2 SAPC) + Tikkun [®] 1,5 L ha ⁻¹ (1 SAPC)	11,7abA	36,4aA	22,9abA	29,0abA
7. Tikkun [®] 1,5 L ha ⁻¹ (3 SAPC) + Tikkun [®] 1,5 L ha ⁻¹ (2 SAPC) + Tikkun [®] 1,5 L ha ⁻¹ (1 SAPC) + Tikkun [®] 1,5 L ha ⁻¹ (PC**)	40,3aA	45,3aA	11,5bB	2,9bB

AVG: aminoetoxivinilglicina. *: semana (s) antes do ponto de colheita. **: ponto de colheita. ns: não significativo pelo teste F (p>0,05). Médias seguidas de letras minúsculas distintas na coluna e maiúscula distintas na linha diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

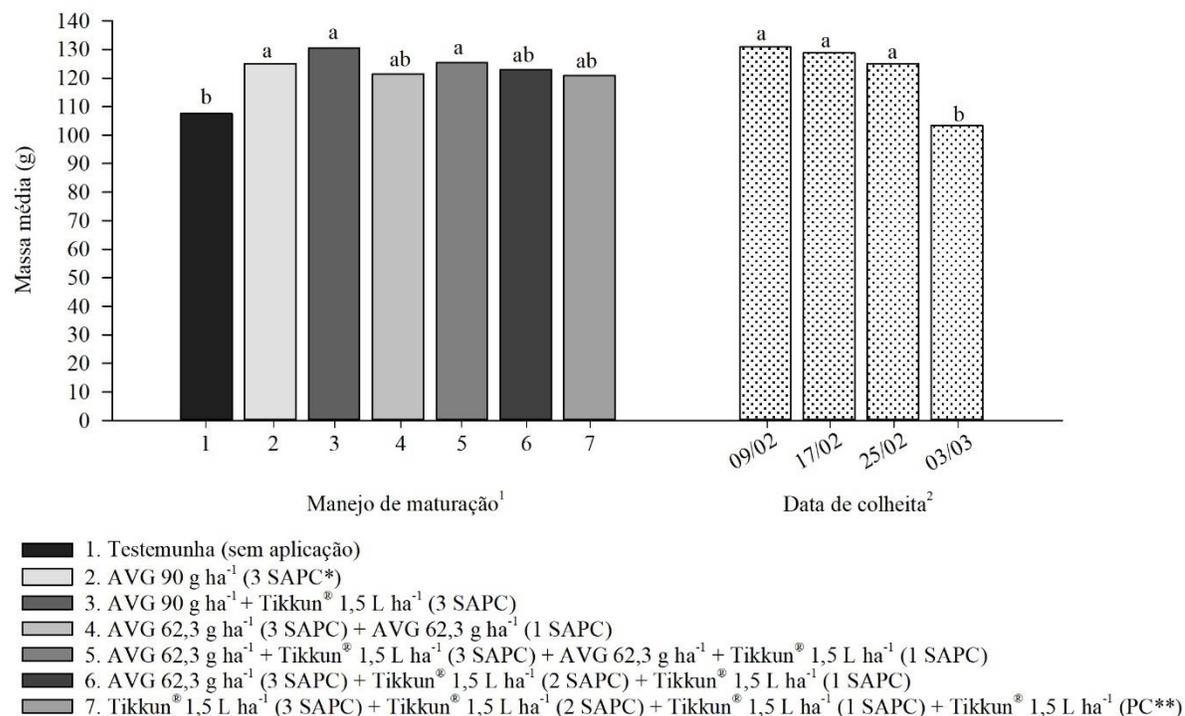
O manejo testemunha, sem aplicação, culminou em maior porcentagem de frutos colhidos nas três primeiras colheitas, deixando 10,8% para serem colhidos em 03/03. Em 25/02 e 03/03 o uso de AVG 90 g ha⁻¹ + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (3 S APC) resultou na colheita de 34,8% e 38,0% do total de frutos, respectivamente, sem diferir da porcentagem em 17/02 (21,2%). O manejo AVG 62,3 g ha⁻¹ (3 S APC) + AVG 62,3 g ha⁻¹ (1 S APC) teve menor quantidade de frutos colhida em 09/02 (7,0%), mas a porcentagem colhida em 25/02 (25,1%) não diferiu estatisticamente. Já a pulverização de Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (3 S APC) + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (2 S APC) + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (1 S APC) + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (PC) resultou em maior quantidade de frutos maduros nas duas primeiras colheitas, deixando apenas 11,5% e 2,9% para serem colhidos em 25/02 e 03/03, respectivamente.

A pulverização de Tikkun[®], sem associação ao uso de AVG, não promoveu efeito no atraso da colheita de frutos. Tal programa foi responsável pela menor porcentagem de frutos em 03/03, embora não tenha diferido significativamente da testemunha (10,8%) e das aplicações de AVG 90 g ha⁻¹ (3 S APC) (24,6%), AVG 62,3 g ha⁻¹ + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (3 S APC) + AVG 62,3 g ha⁻¹ + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (1 S APC) (18,4%) e AVG 62,3 g ha⁻¹ (3 S APC) + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (2 S APC) + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (1 S APC) (29%).

É possível inferir que a utilização isolada de AVG ou associada ao uso de Tikkun[®], especialmente nos programas AVG 62,3 g ha⁻¹ (3 S APC) + AVG 62,3 g ha⁻¹ (1 S APC) e AVG 90 g ha⁻¹ + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (3 S APC), proporcionou atraso na colheita de frutos em macieiras 'Galaxy' sob tela antigranizo. A aplicação de AVG inibe a produção de etileno, o que culmina com o retardo na maturação dos frutos. Os resultados indicam que o retardamento de colheita pode ser promovido pela aplicação de concentrações de AVG variando entre 62,3 e 90 g ha⁻¹ em épocas a partir de 3 semanas antes do ponto de colheita comercial presumido. Além disso, o parcelamento da aplicação parece ser uma boa alternativa, adotando-se concentrações inferiores e próximas ao início da colheita.

A massa fresca média de frutos apresentou resposta significativa para o manejo de maturação e a data de colheita (FIGURA 1). As aplicações de AVG 90 g ha⁻¹ + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (3 S APC), AVG 62,3 g ha⁻¹ + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (3 S APC) + AVG 62,3 g ha⁻¹ + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (3 S APC) e AVG 90 g ha⁻¹ (3 S APC) proporcionaram maior massa média observada entre as quatro colheitas (130,5 g, 125,5 g e 125,1 g, respectivamente). Contudo,

não foi verificada diferença significativa entre os manejos envolvendo a aplicação de AVG e Tikkun[®], de forma isolada ou associada.



¹ Comparação entre médias para os manejos de maturação. ² Comparação entre médias para cada data de colheita. AVG: aminoetoxivinilglicina. *: semana (s) antes do ponto de colheita. **: ponto de colheita. Médias seguidas de letras distintas diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

FIGURA 1. Massa fresca média de frutos de macieiras ‘Galaxy’ sob tela antigranizo em resposta a sete manejos de maturação e quatro datas de colheita. Monte Alegre dos Campos-RS, Brasil, safra 2020/2021.

A menor massa fresca média de frutos foi observada no manejo testemunha, sem aplicação, com média 107,6 g, não diferindo estatisticamente daquelas nos manejos AVG 62,3 g ha⁻¹ (3 SACP) + AVG 62,3 g ha⁻¹ (1 SACP), AVG 62,3 g ha⁻¹ (3 SACP) + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (2 SACP) + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (1 SACP) e Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (3 SACP) + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (2 SACP) + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (1 SACP) + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (PC) (FIGURA 1). Foi constatada menor massa média de frutos na colheita em 03/03 (103,5 g) em comparação às demais datas de avaliação, o que pode ser atribuído ao menor potencial de desenvolvimento dos frutos obtidos nessa ocasião.

A aplicação de AVG 90 g ha⁻¹ + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (3 SACP) promoveu maior massa fresca média de frutos e proporcionou aumento de 17,5% em relação ao manejo testemunha (FIGURA 1). Venburg *et al.* (2008) relataram que a aplicação de AVG 125 g ha⁻¹ em

macieiras 'Mondial Gala' aumentou em 11% o rendimento global dos frutos. Greene & Schupp (2004) também observaram incremento na massa de frutos a partir do uso de AVG.

O escalonamento promovido pelo AVG em programas para o controle de maturação pré-colheita mantém os frutos mais tempo na planta, potencializando o seu tamanho. Petri *et al.* (2010) obtiveram incremento de 26,5% na massa média de frutos a partir da aplicação de AVG 120 g ha⁻¹ duas semanas antes do ponto de colheita. O incremento no tamanho e rendimento dos frutos pode aumentar o retorno econômico, principalmente em cultivares com característica de frutos pequenos e médios (Venburg *et al.*, 2008).

Atributos de qualidade

A categorização de frutos conforme o calibre não apresentou diferença significativa na classe ≤ 80 em função dos manejos de maturação e das datas de colheita (TABELA 3). Destaca-se que os níveis nessa classe, composta pelos maiores frutos, foram próximos a zero. O manejo de maturação também não influenciou as classes 90 a 100 e 110 a 120, apenas a data de colheita o fez, quando as três primeiras, 09/02, 17/02 e 25/02, proporcionaram as maiores porcentagens no geral. Na classe 110 a 120, categorizaram-se 23-25,5% dos frutos nessas datas e 11,7% na última colheita, em 03/03.

A interação entre manejo de maturação e data de colheita foi significativa para a classe 135-165 de calibre (TABELA 3). Os manejos diferiram apenas na última colheita, em 03/03, com menor porcentagem de frutos (9,0%) promovida por AVG 90 g ha⁻¹ + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (3 SAPC), sem diferir da testemunha (26,0%), AVG 62,3 g ha⁻¹ (3 SAPC) + AVG 62,3 g ha⁻¹ (1 SAPC) (31,0%), AVG 62,3 g ha⁻¹ (3 SAPC) + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (2 SAPC) + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (1 SAPC) (35,7%) e Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (3 SAPC) + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (2 SAPC) + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (1 SAPC) + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (PC) (30,0%). A maior porcentagem de frutos da classe 135-165 em 03/03 foi obtida com o uso de AVG 90 g ha⁻¹ (3 SAPC) (45,8%), embora tenha diferido apenas de AVG 90 g ha⁻¹ + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (3 SAPC).

TABELA 3. Categorização de frutos de acordo com o calibre (≤ 80 , 90 a 100, 110 a 120, 135 a 165 e ≥ 180) em macieiras ‘Galaxy’ sob tela antigranizo em resposta a sete manejos de maturação e quatro datas de colheita. Monte Alegre dos Campos-RS, Brasil, safra 2020/2021.

Manejo de maturação ¹	Classes de calibre														
	≤ 80					90 a 100					110 a 120				
	09/02	17/02	25/02	03/03	Média	09/02	17/02	25/02	03/03	Média	09/02	17/02	25/02	03/03	Média
1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0ns	1,2	3,3	1,7	0,0	1,5ns	17,4	22,3	15,7	13,3	17,2ns
2	0,0	1,0	0,35	0,5	0,5	2,6	7,0	9,4	2,5	5,4	35,3	19,8	25,7	16,3	24,3
3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,3	9,3	10,1	6,0	7,2	27,9	22,5	30,1	13,3	23,5
4	0,0	0,0	0,0	1,9	0,5	3,7	2,1	5,8	2,7	3,6	17,9	24,7	28,9	11,1	20,7
5	0,0	0,3	0,5	0,3	0,3	4,8	5,1	4,8	0,8	3,9	29,9	23,1	27,4	10,5	22,7
6	0,0	0,3	0,3	0,5	0,3	2,8	4,2	8,6	1,3	4,2	23,2	22,7	21,6	11,2	19,7
7	0,0	0,3	0,0	0,0	0,1	3,6	5,4	1,7	0,4	2,8	25,8	25,7	29,1	6,0	21,6
Média	0,0ns	0,3	0,2	0,5		3,2AB	5,2A	6,0A	1,9B		25,4A	23,0A	25,5A	11,7B	
Manejo de maturação ¹	135 a 165					≥ 180									
	09/02	17/02	25/02	03/03	Média	09/02	17/02	25/02	03/03	Média					
	1	60,3aA	56,5aA	59,0aA	26,0abB	50,5	21,1	18,0	23,7	60,7	30,9ns				
2	40,4aA	54,6aA	54,8aA	45,8aA	48,9	16,1	17,6	9,8	34,7	19,5					
3	62,4aA	55,0aA	52,7aA	9,0bB	44,8	6,4	13,3	7,2	71,7	24,6					
4	59,9aA	54,7aA	51,4aA	31,0abB	49,3	18,4	18,5	13,9	53,3	26,1					
5	57,9aAB	56,8aAB	60,4aA	37,3aB	53,1	7,4	14,7	6,9	51,3	20,1					
6	62,0aA	50,6aA	54,3aA	35,7abA	50,7	12,0	22,3	15,2	51,4	25,2					
7	57,2aA	55,6aAB	53,6aAB	30,0abB	49,1	14,1	11,6	14,0	63,7	25,9					
Média	57,2	54,8	55,2	30,7		13,7B	16,6B	12,9B	55,3A						

¹ 1. Testemunha (sem aplicação); 2. AVG 90 g ha⁻¹ (3 SAPC*); 3. AVG 90 g ha⁻¹ + Tikkun® 1,5 L ha⁻¹ (3 SAPC); 4. AVG 62,3 g ha⁻¹ (3 SAPC) + AVG 62,3 g ha⁻¹ (1 SAPC); 5. AVG 62,3 g ha⁻¹ + Tikkun® 1,5 L ha⁻¹ (3 SAPC) + AVG 62,3 g ha⁻¹ + Tikkun® 1,5 L ha⁻¹ (1 SAPC); 6. AVG 62,3 g ha⁻¹ (3 SAPC) + Tikkun® 1,5 L ha⁻¹ (2 SAPC) + Tikkun® 1,5 L ha⁻¹ (1 SAPC) e 7. Tikkun® 1,5 L ha⁻¹ (3 SAPC) + Tikkun® 1,5 L ha⁻¹ (2 SAPC) + Tikkun® 1,5 L ha⁻¹ (1 SAPC) + Tikkun® 1,5 L ha⁻¹ (PC**). AVG: aminoetoxivinilglicina. *: semana (s) antes do ponto de colheita. **: ponto de colheita. ns: não significativo pelo teste F (p>0,05). Médias seguidas de letras minúsculas distintas na coluna e maiúsculas na linha diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

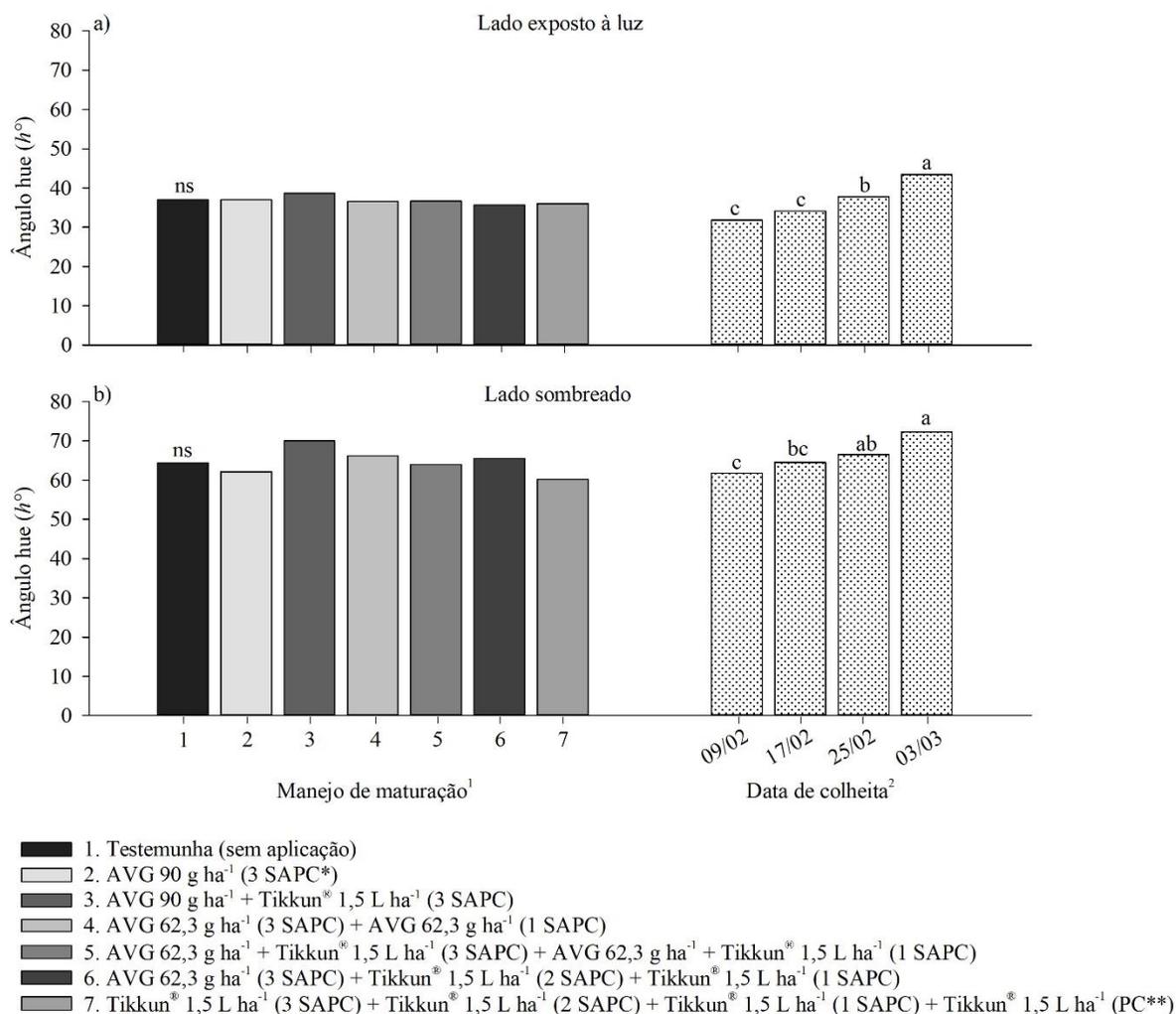
O manejo testemunha, sem aplicação, resultou em menor porcentagem de frutos na classe 135 a 165 na última colheita, em 03/03 (26,0%) (TABELA 3). Os manejos AVG 90 g ha⁻¹ + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (3 SAPC) e AVG 62,3 g ha⁻¹ (3 SAPC) + AVG 62,3 g ha⁻¹ (1 SAPC) também promoveram menores porcentagens nessa data, 9,0% e 31,0%, respectivamente. O uso de AVG 62,3 g ha⁻¹ + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (3 SAPC) + AVG 62,3 g ha⁻¹ + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (1 SAPC) resultou na categorização de 60,4% dos frutos na referida classe em 25/02, diferindo estatisticamente apenas de 37,3% em 03/03. Já a aplicação de Tikkun[®] isoladamente, em quatro épocas, promoveu diferenças significativas apenas entre 57,2% em 09/02 e 30,0% em 03/03. Na classe ≥ 180 , que corresponde aos menores frutos, não houve diferenças entre os manejos de maturação utilizados. Contudo, entre as datas de colheita, categorizaram-se 55,3% dos frutos colhidos em 03/03, a maior porcentagem média.

Os manejos de maturação com aplicação de AVG e Tikkun[®] não apresentaram incremento no calibre de frutos em comparação à testemunha, sem aplicação (TABELA 3). Todas as concentrações e épocas de aplicação resultaram em predomínio de frutos na classe 135 a 165. Tendo em vista que os frutos de menor calibre foram obtidos na última colheita (03/03), é possível sugerir que aumentos de tamanho ocorrem até determinando momento durante o período de maturação, aqui constatado até 25/02. Os frutos colhidos em 03/03 possivelmente estavam localizados em áreas sombreadas da copa e, portanto, apresentavam menor calibre e menor coloração vermelha na epiderme, em virtude da baixa exposição das gemas à luz solar (Petri, 2006; Robinson, 2011).

Não houve diferenças entre os manejos de maturação para a coloração de frutos em ambos os lados da epiderme, expressa pelo ângulo hue (FIGURAS 2a e 2b). Resultado semelhante foi observado por Ozkan *et al.* (2012), onde maçãs ‘Braeburn’ não tiveram o valor de h° modificado pela utilização de AVG. Neste estudo, observou-se que os programas com AVG não prejudicaram a coloração, contrariando o que foi apresentado por Steffens *et al.* (2006) em maçãs ‘Gala’. Os frutos colhidos em 03/03 exibiram o menor acúmulo de antocianinas entre as datas de colheita, tanto no lado exposto à luz quanto no lado sombreado dos frutos, apresentando médias de 43,4 e 72,2, respectivamente (FIGURAS 2a e 2b).

As duas primeiras colheitas realizadas, em 09/02 e 17/02, tiveram frutos com menor h° nos dois lados da epiderme em relação àqueles obtidos na terceira e na quarta datas, em 25/02 e 03/03, respectivamente (FIGURAS 2a e 2b). No lado exposto à luz, os valores de h°

foram 31,8 em 09/02 e 34,1 em 17/02. Já no lado sombreado, para as mesmas datas, os valores foram 61,8 e 64,5, respectivamente. O predomínio de frutos de maior coloração nas datas iniciais indica que a realização de várias colheitas pode não ser necessária, pois a evolução da cor vermelha em maçãs ‘Galaxy’ tende a ocorrer antecipadamente (Argenta *et al.*, 2021).



¹ Comparação entre médias para os manejos de maturação. ² Comparação entre médias para cada data de colheita. AVG: aminoetoxivinilglicina. *: semana (s) antes do ponto de colheita. **: ponto de colheita. ns: não significativo pelo teste F ($p > 0,05$). Médias seguidas de letras distintas diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

FIGURA 2. Coloração de frutos no lado exposto à luz (a) e no lado sombreado (b) dos frutos em macieiras ‘Galaxy’ sob tela antigranizo em resposta a sete manejos de maturação e quatro datas de colheita (h°). Monte Alegre dos Campos-RS, Brasil, safra 2020/2021.

As FIGURAS 2a e 2b evidenciam que os lados dos frutos expostos à luz apresentaram valores inferiores de h° em comparação ao lado sombreado, em conformidade com Mauta

(2018). Frequentemente, frutos desenvolvidos em regiões com menor incidência de luz na copa possuem menor calibre e menor coloração da epiderme, tendo menor qualidade no geral (Petri, 2006; Robinson, 2011). Assim, frutos no interior da copa foram colhidos tardiamente, em virtude do atraso na maturação que foi evidenciado pelo menor grau de amarelecimento na epiderme e, devido à baixa luminosidade, potencial menor acúmulo de antocianinas. Nesse cenário, é crescente a busca pela implantação de sistemas de condução alternativos ao líder central, que possibilitem maior exposição dos frutos à luminosidade e também aumentem a eficiência de práticas culturais, a exemplo de poda, tratamentos fitossanitários e colheita.

A cor de fundo da epiderme (soma entre a^* e b^*) foi modificada pelo manejo de maturação e pela data de colheita realizada, tanto no lado fruto exposto à luz quanto no lado sombreado (TABELA 4). Quanto maior o valor obtido, menos verde ou mais amarelada é a cor de fundo. No lado do fruto exposto à luz, maiores valores de $a^* + b^*$ foram obtidos na colheita em 25/02 (49,8), a terceira e penúltima. As demais médias das datas de colheita foram inferiores e não diferiram estatisticamente entre si, variando de 46,1 a 47,4.

O manejo testemunha e o uso de Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ em quatro épocas de aplicação promoveram maiores valores médios de cor de fundo dos frutos no lado exposto à luz (49,4 e 49,2, respectivamente). Contudo, tais valores não diferem estatisticamente das médias de AVG 90 g ha⁻¹ + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (3 SAPC) e AVG 62,3 g ha⁻¹ (3 SAPC) + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (2 SAPC) + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (1 SAPC), que corresponderam a 47,7 e 48,5, respectivamente. O uso de AVG 62,3 g ha⁻¹ + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (3 SAPC) + AVG 62,3 g ha⁻¹ + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (1 SAPC) acarretou a menor média, 46,2, embora tenha sido similar àquelas dos manejos AVG 62,3 g ha⁻¹ (3 SAPC) + AVG 62,3 g ha⁻¹ (1 SAPC), AVG 90 g ha⁻¹ (3 SAPC) e AVG 90 g ha⁻¹ + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (3 SAPC), que estiveram entre 46,3 e 47,7.

A cor de fundo menos amarelada na superfície sombreada dos frutos foi obtida na colheita de 03/03, com média de 40,0 (TABELA 4). As médias entre as demais colheitas foram superiores e não diferiram estatisticamente entre si. O menor grau de amarelecimento dos frutos colhidos em 03/03, independentemente do lado da epiderme, pode ser atribuído à localização no interior da copa. Frutos desenvolvidos a partir de gemas situadas no interior do dossel apresentam menor potencial de crescimento, devido à baixa exposição à luminosidade (Petri, 2006). Logo, tratam-se de frutos com maturação retardada e atraso no processo de amarelecimento da epiderme, o que tende a retardar também a colheita.

TABELA 4. Cor de fundo da epiderme de frutos de macieiras ‘Galaxy’ sob tela antigranizo em resposta a sete manejos de maturação e quatro datas de colheita (a* + b*). Monte Alegre dos Campos-RS, Brasil, safra 2020/2021.

Manejo de maturação	Lado exposto à luz (a* + b*)				Média
	09/02	17/02	25/02	03/03	
1. Testemunha (sem aplicação)	48,3	49,6	51,3	48,3	49,4a
2. AVG 90 g ha ⁻¹ (3 SAPC*)	44,9	46,1	49,8	45,4	46,5bc
3. AVG 90 g ha ⁻¹ + Tikkun [®] 1,5 L ha ⁻¹ (3 SAPC)	47,5	47,5	49,3	46,6	47,7abc
4. AVG 62,3 g ha ⁻¹ (3 SAPC) + AVG 62,3 g ha ⁻¹ (1 SAPC)	46,6	46,3	46,7	45,7	46,3c
5. AVG 62,3 g ha ⁻¹ + Tikkun [®] 1,5 L ha ⁻¹ (3 SAPC) + AVG 62,3 g ha ⁻¹ + Tikkun [®] 1,5 L ha ⁻¹ (1 SAPC)	45,9	44,8	49,2	44,8	46,2c
6. AVG 62,3 g ha ⁻¹ (3 SAPC) + Tikkun [®] 1,5 L ha ⁻¹ (2 SAPC) + Tikkun [®] 1,5 L ha ⁻¹ (1 SAPC)	47,9	47,2	51,4	47,4	48,5ab
7. Tikkun [®] 1,5 L ha ⁻¹ (3 SAPC) + Tikkun [®] 1,5 L ha ⁻¹ (2 SAPC) + Tikkun [®] 1,5 L ha ⁻¹ (1 SAPC) + Tikkun [®] 1,5 L ha ⁻¹ (PC**)	51,0	50,2	51,0	44,6	49,2a
Média	47,4B	47,4B	49,8A	46,1B	

Manejo de maturação	Lado sombreado (a* + b*)				Média
	09/02	17/02	25/02	03/03	
1. Testemunha (sem aplicação)	46,1	47,4	46,3	40,6	45,1ab
2. AVG 90 g ha ⁻¹ (3 SAPC*)	45,8	43,5	44,9	39,9	43,5abc
3. AVG 90 g ha ⁻¹ + Tikkun [®] 1,5 L ha ⁻¹ (3 SAPC)	42,4	42,8	41,9	38,1	41,3c
4. AVG 62,3 g ha ⁻¹ (3 SAPC) + AVG 62,3 g ha ⁻¹ (1 SAPC)	46,2	43,4	43,5	38,5	42,9bc
5. AVG 62,3 g ha ⁻¹ + Tikkun [®] 1,5 L ha ⁻¹ (3 SAPC) + AVG 62,3 g ha ⁻¹ + Tikkun [®] 1,5 L ha ⁻¹ (1 SAPC)	45,8	44,9	44,3	39,4	43,6abc
6. AVG 62,3 g ha ⁻¹ (3 SAPC) + Tikkun [®] 1,5 L ha ⁻¹ (2 SAPC) + Tikkun [®] 1,5 L ha ⁻¹ (1 SAPC)	44,7	43,5	45,8	41,8	43,9abc
7. Tikkun [®] 1,5 L ha ⁻¹ (3 SAPC) + Tikkun [®] 1,5 L ha ⁻¹ (2 SAPC) + Tikkun [®] 1,5 L ha ⁻¹ (1 SAPC) + Tikkun [®] 1,5 L ha ⁻¹ (PC**)	47,5	47,8	49,1	41,6	46,5a
Média	45,5A	44,8A	45,1A	40,0B	

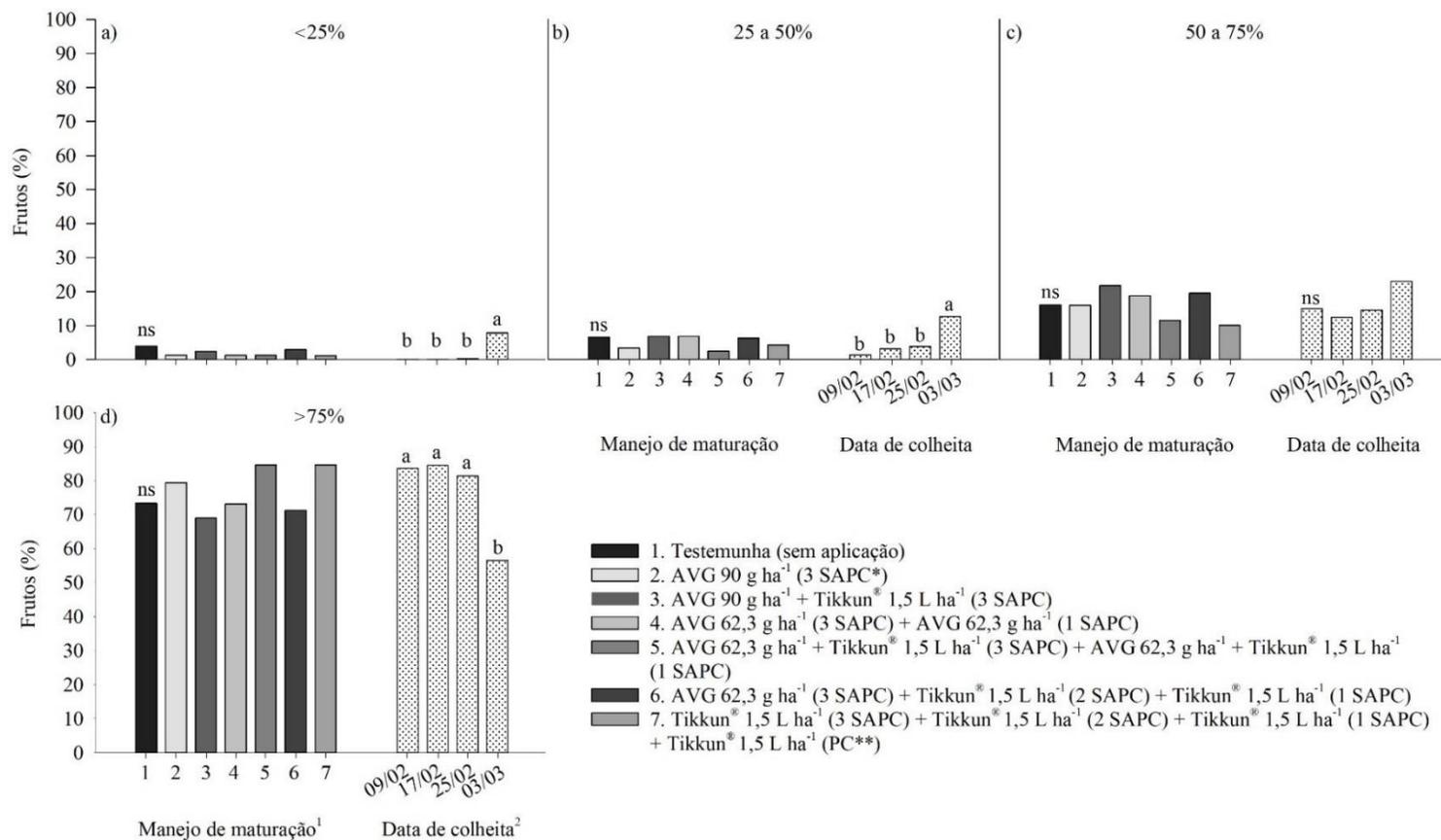
AVG: aminoetoxivinilglicina. *: semana (s) antes do ponto de colheita. **: ponto de colheita. Médias seguidas de letras minúsculas distintas na coluna e maiúsculas na linha diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

O uso de Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (3 SAPC) + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (2 SAPC) + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (1 SAPC) + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (PC) promoveu o maior valor médio de cor de fundo dos frutos no lado sombreado, 46,5, resposta similar àquela no lado exposto à luz (TABELA 4). Todavia, a aplicação de Tikkun[®] isoladamente não diferiu dos manejos testemunha (45,1), AVG 90 g ha⁻¹ (3 SAPC) (43,5), AVG 62,3 g ha⁻¹ (3 SAPC) + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (2 SAPC) + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (1 SAPC) (43,9) e AVG 62,3 g ha⁻¹ + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (3 SAPC) + AVG 62,3 g ha⁻¹ + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (1 SAPC) (43,6) para o lado sombreado. O menor valor nesse lado foi obtido com AVG 90 g ha⁻¹ + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (3 SAPC) (41,3), embora tenha diferido apenas da testemunha (45,1) e de Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (3 SAPC) + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (2 SAPC) + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (1 SAPC) + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (PC) (46,5).

A cor de fundo no lado exposto à luz foi mais amarelada que àquela no lado sombreado (TABELA 4). Além disso, foram obtidos frutos mais esverdeados com o uso de AVG isolado ou associado à Tikkun[®] nos programas, em diferentes concentrações e épocas. O emprego de Tikkun[®] isoladamente em quatro épocas e o manejo testemunha, sem aplicação, resultaram em frutos cuja cor de fundo foi a mais amarelada. De maneira similar, Steffens *et al.* (2006) também obtiveram frutos com a cor de fundo mais verde pela aplicação de AVG 95 g ha⁻¹ e AVG 125 g ha⁻¹ aos 30 dias antes da primeira colheita em maçãs ‘Gala’.

A cor de fundo menos verde e mais amarela caracteriza frutos em estádios mais avançados de maturação. Os frutos tratados com AVG e Tikkun[®], em especial nos manejos AVG 90 g ha⁻¹ + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (3 SAPC), AVG 62,3 g ha⁻¹ (3 SAPC) + AVG 62,3 g ha⁻¹ (1 SAPC) e AVG 62,3 g ha⁻¹ + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (3 SAPC) + AVG 62,3 g ha⁻¹ + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (1 SAPC) exibiram menor grau de amarelecimento de fundo, a qual é uma característica mais adequada para o armazenamento a longo prazo (TABELA 4).

O valor comercial dos frutos e a sua aceitação pelo consumidor brasileiro são diretamente influenciados pela porcentagem de recobrimento da epiderme pela coloração vermelha (BRASIL, 2006). A categorização de frutos nos diferentes intervalos de recobrimento não respondeu aos manejos de maturação, mas a porcentagem de frutos em cada intervalo sofreu alterações conforme a data de colheita (FIGURA 3). Na última colheita, em 03/03, 7,8% dos frutos foram inseridos na classe <25%, porcentagem significativamente superior àquelas nas demais colheitas (FIGURA 3a). Essa resposta também foi obtida na classe de 25 a 50% de recobrimento, com 12,6% dos frutos colhidos em 03/03 (FIGURA 3b).



¹ Comparação entre médias para os manejos de maturação. ² Comparação entre médias para cada data de colheita. AVG: aminoetoxivinilglicina. *: semana (s) antes do ponto de colheita. **: ponto de colheita. ns: não significativo pelo teste F (p>0,05). Médias seguidas de letras distintas diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

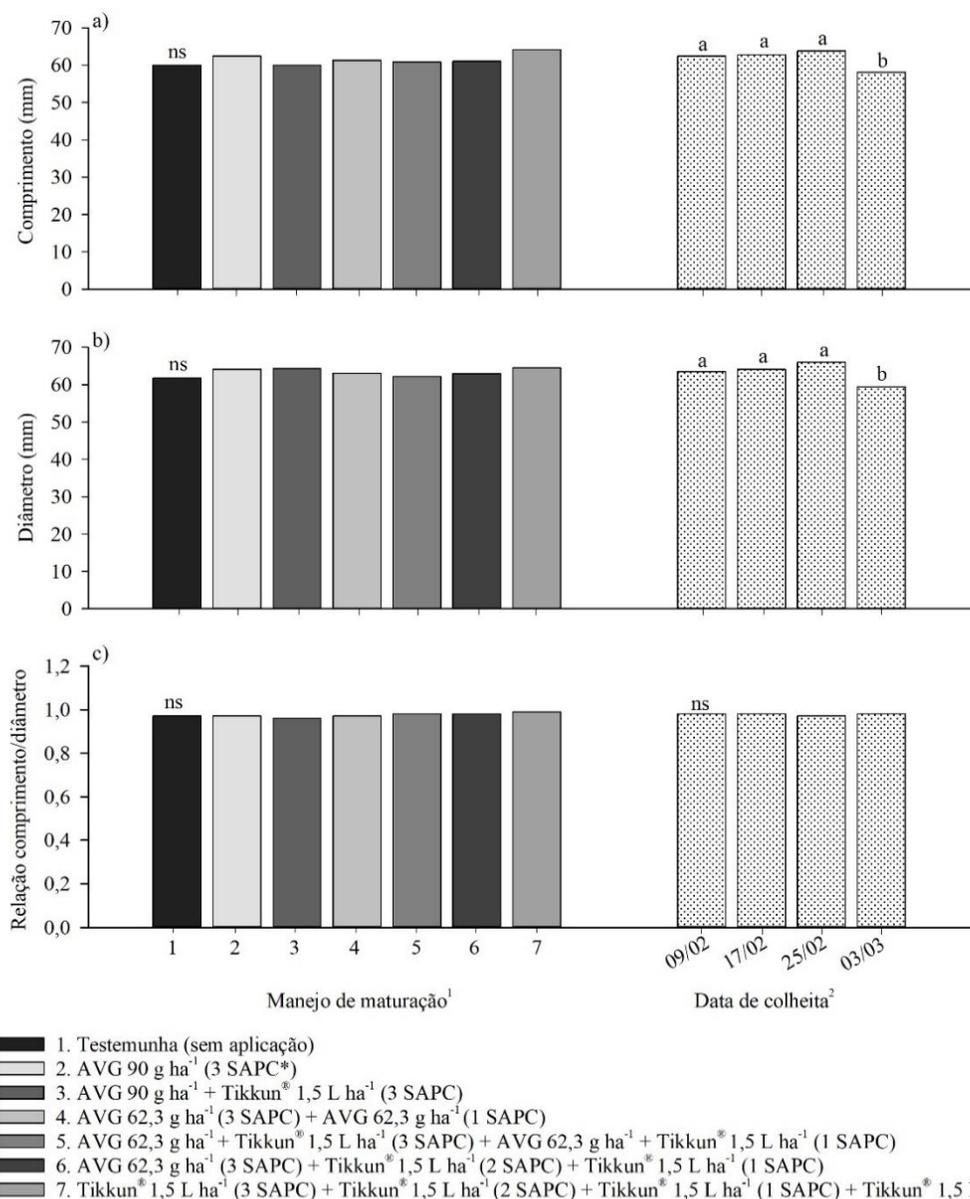
FIGURA 3. Classificação de frutos de acordo com o recobrimento de coloração vermelha da epiderme (<25%, 25 a 50%, 50 a 75% e >75%) em macieiras ‘Galaxy’ sob tela antigranizo em resposta a sete manejos de maturação e quatro datas de colheita. Monte Alegre dos Campos-RS, Brasil, safra 2020/2021.

A categoria 50 a 75% de recobrimento por coloração vermelha na epiderme dos frutos não apresentou alterações conforme as datas de colheita (FIGURA 3c). A maior porcentagem de frutos, independentemente do manejo de maturação e da data de colheita, foi categorizada em >75%, possivelmente devido à característica de alto recobrimento de coloração de maçãs ‘Galaxy’. Tal categoria foi influenciada apenas pela data de colheita (FIGURA 3d). Com relação às médias entre datas, em 03/03, 56,6% dos frutos foram classificados com >75% de recobrimento, resultado inferior às colheitas de 09/02, 17/02 e 25/02, que detiveram 83,6%, 84,4% e 81,4% dos frutos nessa classe, respectivamente.

Fenili (2018) observou que a aplicação de bioestimulantes em macieiras ‘Daiane’ e ‘Venice’ provocou aumento na superfície do fruto com cor vermelha da epiderme. Ao estudar mutações de macieiras ‘Gala’, Iglesias *et al.* (2008) constataram que genótipos com alto potencial em recobrimento de coloração vermelha são a melhor opção para o fornecimento de frutos com qualidade.

Argenta *et al.* (2021) destacaram que maçãs ‘Galaxy’ podem exibir em torno de 74% de recobrimento da epiderme por vermelho, sendo tal coloração desenvolvida precocemente. Tendo isso em vista, a realização da colheita em apenas duas datas pode proporcionar o fornecimento de frutos de aparência e índices de maturação mais uniformes. Contudo, destaca-se que isso pode depender de alguns fatores, a exemplo do sistema de condução adotado, pois frutos no interior do dossel tendem a possuir menor potencial de desenvolvimento do vermelho devido à menor exposição à luz e acúmulo de antocianinas.

O comprimento e o diâmetro médio dos frutos e a relação comprimento/diâmetro não apresentaram alterações de acordo com o manejo de maturação aplicado (FIGURAS 4a, 4b e 4c). Todavia, verifica-se que tanto o comprimento quanto o diâmetro foram superiores nas colheitas em 09/02, 17/02 e 25/02, em comparação à colheita em 03/03, cujos frutos apresentaram 58,1 mm de comprimento médio e 59,5 mm de diâmetro médio. As reduções verificadas em 03/03, última colheita, coincide com a menor massa fresca (FIGURA 1) e o menor calibre dos frutos, conforme maior categorização na classe ≥ 180 (TABELA 3), nessa ocasião. A relação comprimento/diâmetro, por sua vez, não apresentou diferenças entre as datas de colheita, sendo 0,98 em 09/02, 17/02 e 03/03 e 0,97 em 25/02.



¹ Comparação entre médias para os manejos de maturação. ² Comparação entre médias para cada data de colheita. AVG: aminoetoxivinilglicina. *: semana (s) antes do ponto de colheita. **: ponto de colheita. ns: não significativo pelo teste F ($p > 0,05$). Médias seguidas de letras distintas diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

FIGURA 4. Comprimento (a), diâmetro (b) e relação comprimento/diâmetro (c) de frutos em macieiras ‘Galaxy’ sob tela antigranizo em resposta a sete manejos de maturação e quatro datas de colheita. Monte Alegre dos Campos-RS, Brasil, safra 2020/2021.

O formato de frutos é uma característica importante para a comercialização pois, quanto mais próximos os valores de comprimento e diâmetro, mais próximo de 1 será a relação comprimento/diâmetro e, portanto, maior o arredondamento. Frutos mais

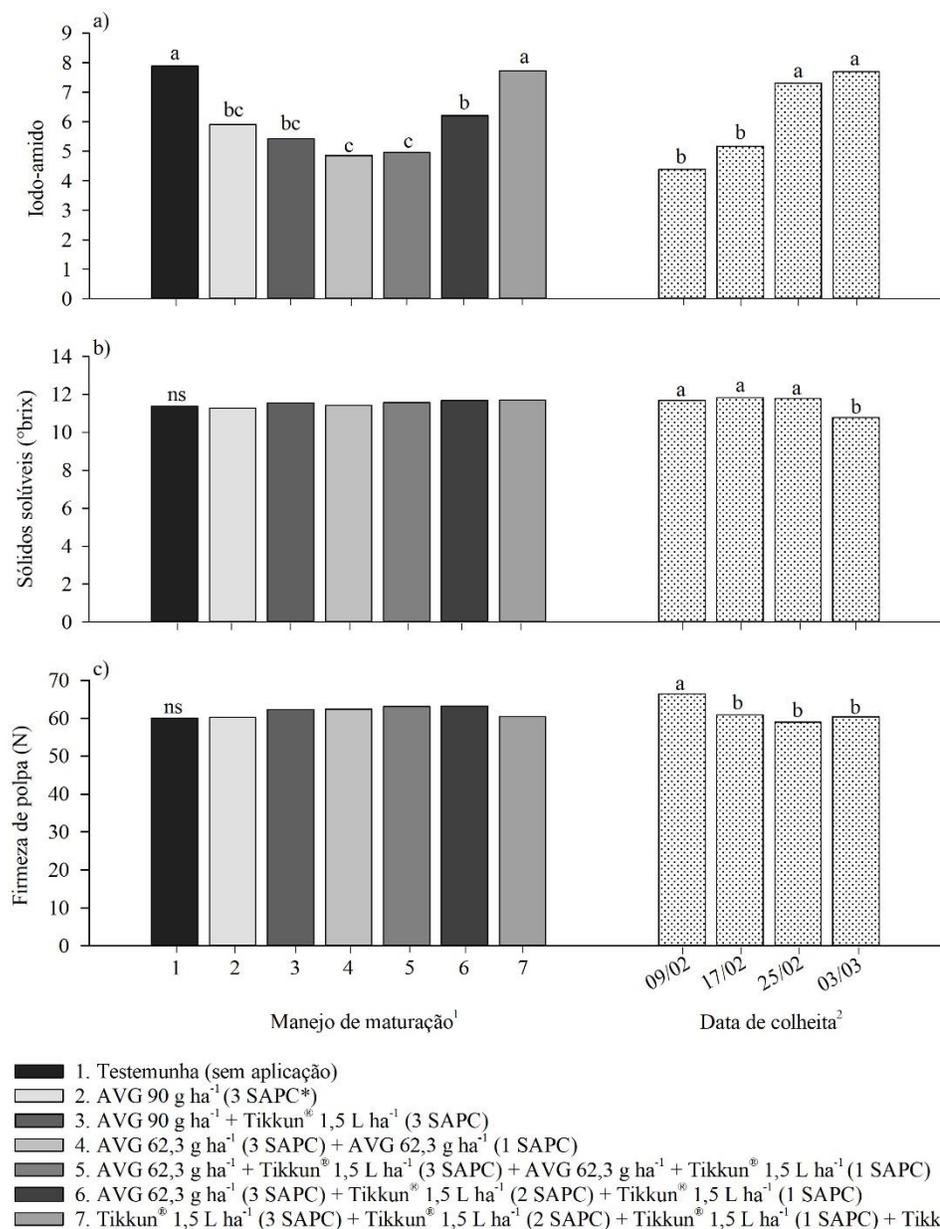
arredondados possuem melhor aspecto visual para a comercialização, pois não têm característica achatada ou alongada destacada. Fioravanço & Santos (2013) destacaram que as condições climáticas interferem diretamente no formato de frutos. Temperaturas noturnas altas (acima de 15°C) durante o florescimento favorecem a formação de frutos com menor diâmetro, ou seja, frutos cujas relações comprimento/diâmetro são inferiores a 1.

O índice iodo-amido apresentou resultados diferenciados a partir da aplicação de AVG e Tikkun[®] (FIGURA 5a). As plantas do manejo testemunha, sem aplicação, e as plantas submetidas à Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (3 SACP) + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (2 SACP) + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (1 SACP) + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (PC) produziram frutos com os maiores índices médios. A aplicação de AVG 62,3 g ha⁻¹ (3 SACP) + AVG 62,3 g ha⁻¹ (1 SACP) promoveu frutos cujo índice iodo-amido médio foi 4,9, similar ao 5,0 em frutos de plantas sob AVG 62,3 g ha⁻¹ + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (3 SACP) + AVG 62,3 g ha⁻¹ + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (1 SACP). Os índices com a aplicação de AVG 90 g ha⁻¹ (3 SACP) e AVG 90 g ha⁻¹ + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (3 SACP) foram 5,9 e 5,4, respectivamente, semelhantes estatisticamente aos menores valores obtidos e mencionados acima.

Observa-se na FIGURA 5a que o índice iodo-amido obtido nas duas primeiras colheitas foi significativamente inferior àqueles em 25/02 e 03/03, caracterizando a evolução da degradação de amido conforme o avanço da maturação dos frutos.

Com os resultados apresentados, verifica-se que a aplicação de AVG proporcionou controle na degradação de amido dos frutos, e os menores índices foram observados com a aplicação de AVG 62,3 g ha⁻¹ 3 SACP, utilizado isoladamente ou associado à Tikkun[®] (FIGURA 5a). Petri *et al.* (2010) também obtiveram menores índices de iodo-amido a partir do uso de AVG em macieiras ‘Imperial Gala’. É possível inferir que a aplicação isolada de Tikkun[®], em quatro datas de aplicação, não resulta em diminuição na degradação de amido, tendo resposta semelhante à observada em frutos não tratados.

Sugere-se que a utilização de AVG é importante para a obtenção de menores índices e a aplicação associada com Tikkun[®] também proporciona resultados positivos nesse aspecto. Contudo, a aplicação de Tikkun[®] aliada à AVG não parece ser imprescindível para a obtenção de melhores resultados (maior atraso na degradação do amido), pois o uso isolado de AVG 62,3 g ha⁻¹ (3 SACP) + AVG 62,3 g ha⁻¹ (1 SACP) resultou em resposta estatisticamente semelhante (FIGURA 5a).



¹ Comparação entre médias para os manejos de maturação. ² Comparação entre médias para cada data de colheita. AVG: aminoetoxivinilglicina. *: semana (s) antes do ponto de colheita. **: ponto de colheita. ns: não significativo pelo teste F ($p > 0,05$). Médias seguidas de letras distintas diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

FIGURA 5. Índice iodo-amido (a), sólidos solúveis (b) e firmeza de polpa (c) de frutos em macieiras 'Galaxy' sob tela antigranizo em resposta a sete manejos de maturação e quatro datas de colheita. Monte Alegre dos Campos-RS, Brasil, safra 2020/2021.

O teor de sólidos solúveis e a firmeza de polpa dos frutos são variáveis importantes para a aceitabilidade do consumidor (Harker *et al.*, 2008). Em geral, frutos tratados com AVG apresentam menor teor de sólidos solúveis, como resultado do retardo da hidrólise do amido

(Greene, 2004). Contudo, os manejos de maturação utilizados não promoveram mudanças nos teores médios, embora tenha ocorrido resposta diferenciada para data de colheita (FIGURA 5b). Greene (2005) também não obteve mudanças significativas no teor de sólidos solúveis a partir da aplicação de AVG em maçãs ‘McIntosh’. Os frutos colhidos em 03/03, última colheita, exibiram menor teor médio de sólidos solúveis (10,8°Brix) em comparação àqueles das colheitas realizadas em 09/02 (11,7°Brix), 17/02 (11,8°Brix) e 25/02 (11,8°Brix). De acordo com Steffens *et al.* (2011), maiores teores de sólidos solúveis podem estar relacionados com maior conteúdo de pectinas solúveis.

Harker *et al.* (2008) apontaram que a aceitabilidade dos consumidores varia de acordo com a cultivar. Em maçãs ‘Gala’, a aceitação e consumo dos frutos aumenta em caso de aumento nos índices de firmeza de polpa, e também aumenta quando os frutos apresentam altos teores de sólidos solúveis. Contudo, para maçãs ‘Fuji’, a firmeza por si só desempenha um papel mais relevante. Os teores de sólidos solúveis nas médias entre os manejos de maturação e entre 09/02 e 25/02 foram semelhantes ao que foi relatado por Mauta (2018) em macieiras ‘Maxi Gala’ sob telas antigranizo fotosseletivas, variando de 11 a 12°Brix.

A perda de firmeza de polpa é um dos principais aspectos para determinação da qualidade e do período de frigoconservação. No presente estudo, a firmeza de polpa não apresentou diferença entre os manejos de maturação (FIGURA 5c). Entretanto, houve diferença significativa entre as médias das datas de colheita. Em 09/02, a firmeza média foi 66,5 N, valor significativamente superior àquelas nas colheitas de 17/02 (60,9 N), 25/02 (59,0 N) e 03/03 (60,4 N).

Harker *et al.* (2002) destacaram que à medida que a firmeza de polpa reduz, a crocância e a suculência também diminuem. A firmeza de polpa em maçãs deve ser superior a 62 N para a máxima aceitação dos consumidores; valores abaixo de 50 N aumentam significativamente a ocorrência de polpa farinácea (Harker *et al.*, 2008). Assim, pode se inferir que apenas a firmeza média em 09/02 pode ser adequada para garantir a máxima aceitação. Nesse contexto, macieiras submetidas ao uso de AVG podem possuir frutos com maior firmeza que àquelas sem tratamento (Lunardi *et al.*, 2004; Steffens *et al.*, 2006).

Os manejos de maturação com a utilização de AVG e Tikkun[®] isolados ou em associação não modificaram a firmeza de polpa em comparação ao manejo testemunha, sem aplicação (FIGURA 5c). Whale *et al.* (2008) também não observaram alterações na firmeza

de polpa em maçãs ‘Cripps Pink’ a partir da aplicação de AVG 124,5 g ha⁻¹ 5 SAPC. De forma semelhante, Fenili (2018) observou que o uso de bioestimulantes em macieiras ‘Daiane’ e ‘Venice’ não interferiu na qualidade de frutos e na maturação (sólidos solúveis, acidez titulável, índice iodo-amido e firmeza de polpa). As respostas obtidas podem ser resultado da metodologia utilizada, pois as avaliações foram realizadas após executadas todas as colheitas, cerca de 30 dias após o início da colheita comercial. O armazenamento dos frutos em câmara fria, portanto, provavelmente contribuiu para perdas na firmeza de polpa.

A acidez titulável não foi alterada por manejo de maturação, apenas por data de colheita (TABELA 5). Obteve-se 0,04 g 100 mL⁻¹ de acidez média nos frutos da terceira colheita, em 25/02. Tal acidez foi significativamente inferior àquelas nas outras colheitas (0,05 g 100 mL⁻¹), embora as diferenças não tenham sido substanciais.

TABELA 5. Acidez titulável de frutos em macieiras ‘Galaxy’ sob tela antigranizo em resposta a sete manejos de maturação e quatro datas de colheita. Monte Alegre dos Campos-RS, Brasil, safra 2020/2021.

Manejo de maturação	Acidez titulável (g 100 mL ⁻¹)				
	09/02	17/02	25/02	03/03	Média
1. Testemunha (sem aplicação)	0,06	0,05	0,05	0,04	0,05 ^{ns}
2. AVG 90 g ha ⁻¹ (3 SAPC*)	0,06	0,05	0,04	0,06	0,05
3. AVG 90 g ha ⁻¹ + Tikkun [®] 1,5 L ha ⁻¹ (3 SAPC)	0,06	0,06	0,04	0,05	0,05
4. AVG 62,3 g ha ⁻¹ (3 SAPC) + AVG 62,3 g ha ⁻¹ (1 SAPC)	0,05	0,06	0,04	0,06	0,05
5. AVG 62,3 g ha ⁻¹ + Tikkun [®] 1,5 L ha ⁻¹ (3 SAPC) + AVG 62,3 g ha ⁻¹ + Tikkun [®] 1,5 L ha ⁻¹ (1 SAPC)	0,05	0,05	0,04	0,06	0,05
6. AVG 62,3 g ha ⁻¹ (3 SAPC) + Tikkun [®] 1,5 L ha ⁻¹ (2 SAPC) + Tikkun [®] 1,5 L ha ⁻¹ (1 SAPC)	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05
7. Tikkun [®] 1,5 L ha ⁻¹ (3 SAPC) + Tikkun [®] 1,5 L ha ⁻¹ (2 SAPC) + Tikkun [®] 1,5 L ha ⁻¹ (1 SAPC) + Tikkun [®] 1,5 L ha ⁻¹ (PC**)	0,05	0,05	0,04	0,05	0,05
Média	0,05A	0,05A	0,04B	0,05A	

AVG: aminoetoxivinilglicina. *: semana (s) antes do ponto de colheita. **: ponto de colheita. ns: não significativo pelo teste F (p>0,05). Médias seguidas de letras distintas diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Conforme Amarante *et al.* (2002), alguns indicadores de maturação podem não ser afetados igualmente pelo uso de AVG em manejos de maturação. Steffens *et al.* (2006) não encontraram diferenças significativas na acidez pelo uso de AVG 95 e 125 g ha⁻¹ 30 dias antes da primeira colheita. Da mesma forma, Yildiz *et al.* (2012) não observaram influências em frutos de macieiras ‘Red Chief’. Similarmente, a pulverização de AVG 124,5 g ha⁻¹ (5

SAPC) não afetou a acidez titulável de frutos em macieiras ‘Cripps Pink’ (Whale *et al.*, 2008).

A queda pré-colheita de frutos registrada entre os manejos de maturação utilizados e as datas de avaliação no ciclo 2020/2021 pode ser considerada inferior a índices anteriormente encontrados na região Sul do Brasil (Petri *et al.*, 2010). Adicionalmente, os resultados sinalizam que a queda pré-colheita aumenta com o avanço da maturação. O uso de AVG 62,3 g ha⁻¹, aplicado três e uma semana antecedendo o início da colheita comercial, apresentou a menor queda pré-colheita de frutos acumulada. Com relação ao escalonamento de colheita, as aplicações de AVG 90 g ha⁻¹ + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (3 SAPC) e AVG 62,3 g ha⁻¹ (3 SAPC) + AVG 62,3 g ha⁻¹ (1 SAPC) resultaram em 72,8% e 66,7% dos frutos colhidos 16 dias após o início da colheita comercial, respectivamente, caracterizando o maior atraso promovido entre os manejos de maturação estudados.

No que diz respeito à coloração de frutos, tanto o recobrimento de coloração vermelha (%) quanto a coloração (h°), constata-se que o avanço na colheita resultou em frutos com menos cor vermelha na epiderme. Maçãs ‘Galaxy’ apresentam alta porcentagem de recobrimento por vermelho e provavelmente por isso não foi observado efeito da aplicação de AVG para esta característica. Da mesma forma, o teor de sólidos solúveis, firmeza de polpa e a acidez titulável não foram influenciados pelos manejos de maturação.

O índice iodo-amido foi inferior em todos os manejos de maturação com AVG isolado ou associado a Tikkun[®], independentemente da concentração utilizada. O manejo testemunha, sem aplicação, e o uso de Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (3 SAPC) + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (2 SAPC) + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (1 SAPC) + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (PC) apresentaram índices. Os resultados também apresentaram diferenças de acordo com a data de colheita, onde colheitas tardias provocaram aumento no índice iodo-amido médio. Tais respostas demonstram que o controle da degradação de amido nos frutos é promovido especialmente pelo uso de AVG, visto que o uso isolado de Tikkun[®], em quatro épocas, apresentou resposta semelhante ao manejo testemunha.

Os resultados do presente estudo demonstraram que o avanço da colheita não promoveu incremento no recobrimento da epiderme por vermelho e também provocou índices de maturação menos aceitáveis, como a diminuição da firmeza de polpa, acidez titulável e o aumento da degradação de amido. Além disso, o comprimento e o diâmetro

médios foram inferiores especialmente na colheita de 03/03, indicando que o maior período de tempo em que os frutos permaneceram na planta promoveu incremento em tamanho apenas até a terceira semana de colheita.

Considerada a demanda por frutos com índices de maturação uniformes e em condições adequadas para o armazenamento a longo prazo, no contexto de produção sob telas antigranizo, a aplicação de fitorreguladores e bioestimulantes pode apresentar-se como uma ferramenta no manejo de maturação de frutos. No presente estudo, os manejos de maturação foram efetivos, em especial na promoção do escalonamento de colheita e no controle da degradação de amido. De maneira geral, a aplicação de AVG foi mais efetiva nas concentrações de 90 g ha^{-1} (3 SAPC) e de $62,3 \text{ g ha}^{-1}$ (3 SAPC) + $62,3 \text{ g ha}^{-1}$, as quais apresentaram resultados mais expressivos para escalonamento de colheita e incremento na qualidade de frutos. Todavia, a aplicação de AVG e Tikkun[®] não interferiu na manutenção da firmeza de polpa.

Quando aplicado isoladamente, em quatro épocas, o Tikkun[®] não apresentou efeito no controle de queda, no escalonamento de colheita e nos índices de maturação. De acordo com a descrição do produto, a diminuição na biossíntese do etileno ocorre quando as plantas são submetidas a condições de estresse e, no ciclo 2020/2021, não foi verificado estresse hídrico ou mesmo a ocorrência de temperaturas elevadas durante o período de maturação dos frutos (APÊNDICES 1 e 2).

4.4 Conclusões

- A aplicação de AVG $62,3 \text{ g ha}^{-1}$ (3 SAPC) + AVG $62,3 \text{ g ha}^{-1}$ (1 SAPC) promoveu a menor queda pré-colheita de frutos acumulada durante o período de amostragem.
- A utilização de AVG 90 g ha^{-1} + Tikkun[®] $1,5 \text{ L ha}^{-1}$ (3 SAPC) e o uso isolado de AVG $62,3 \text{ g ha}^{-1}$ (3 SAPC) + AVG $62,3 \text{ g ha}^{-1}$ (1 SAPC) resultaram em maior retardo na maturação dos frutos.
- A coloração da epiderme (h°) e a porcentagem de recobrimento pela coloração vermelha não responderam aos manejos de maturação utilizados. A cor de fundo em frutos submetidos à aplicação de AVG isolada ou associada à Tikkun[®] foi mais verde.

- Os manejos de maturação envolvendo a aplicação de AVG, isolada ou associada ao Tikkun[®], promoveram menores índices iodo-amido. A firmeza de polpa, os sólidos solúveis e a acidez titulável não foram influenciadas.
- As colheitas de 09/02 e 17/02 resultaram em maior massa média de frutos e menor índice de degradação de amido.

4.5 Referências

AGLAR, E. *et al.* The effects of aminoethoxyvinilglycine and foliar zinc treatments on pre-harvest drops and fruit quality attributes of Jersey Mac apples. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 213, p. 173-178, 2016.

AMARANTE, C. V. T. *et al.* Disponibilidade de luz em macieiras ‘Fuji’ cobertas com tela antigranizo e seus efeitos sobre a fotossíntese, o rendimento e a qualidade de frutos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, n. 3, p. 664-670, 2009.

AMARANTE, C. V. T. *et al.* Effect of aminoethoxyvinilglycine (AVG) on preharvest fruit drop and maturity of apples. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 3, p. 661-664, 2002.

AMARANTE, C. V. T.; STEFFENS, C. A.; ARGENTA, L. C. Yield and fruit quality of ‘Gala’ and ‘Fuji’ apple trees protected by White anti-hail net. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 129, p. 79-85, 2011.

ARGENTA, L. C. *et al.* Comparison of fruit maturation and quality of ‘Gala’ apple strains at harvest and after storage. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 43, n. 1, [art.] e-285, 2021.

ARGENTA, L. C.; VIEIRA, M. J.; SCOLARO, A. M. T. Validação de catálogos de cores como indicadores do estágio de maturação e do ponto de colheita de maçã. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 23, n. 3, p. 71-77, 2010.

ARSENEAULT, M. H.; CLINE, J. A. A review of apple preharvest fruit drop and practices for horticultural management. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 211, p. 40-52, 2016.

BENDER, R. J.; EBERT, A. **Determinação do ponto de colheita de cultivares de macieira: teste iodo amido**. Florianópolis: EMPASC, 1985. 6 p.

BOSCO, L. C. *et al.* Microclimate alterations caused by agricultural hail net coverage and effects on apple tree yield in subtropical climate of Southern Brazil. **Bragantia**, Campinas, v. 77, n. 1, p. 181-192, 2017.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 50, de 3 de setembro de 2002. Aprovar o Regulamento Técnico de Identidade e de Qualidade

para a Classificação da Maçã, em anexo. Estabelecer que, em se tratando de importação de Maçã dos demais países membros do MERCOSUL, será observado, para efeito de classificação, o que preconiza o Regulamento Técnico de Identidade e de Qualidade da Maçã, aprovado pela Resolução GMC nº 117/96. **Diário Oficial da União: Seção 1**, Brasília, DF, 5 set. 2002.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regulamento técnico de identidade e qualidade da maçã**. Brasília, DF: MAPA, 2006. 9 p. (Instrução Normativa, 5).

BYERS, R. E. Effects of aminoethoxyvinylglycine (AVG) on preharvest fruit drop, maturity and cracking of several apple cultivars. **Journal of Tree Fruit Production**, Binghamton, v. 2, n. 1, p. 77-97, 1997.

FENILI, C. L. **Alternativas para incrementar a coloração vermelha da epiderme de maçãs**. 2018. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2018.

FIORAVANÇO, J. C.; SANTOS, R. S. S. **Maçã: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 239 p.

GREENE, D. W.; SCHUPP, J. R. Effect of aminoethoxyvinylglycine (AVG) on preharvest drop, fruit quality, and maturation of ‘McIntosh’ apples. I. Concentration and timing of dilute applications of AVG. **HortScience**, Alexandria, VA, v. 39, n. 5, p. 1030-1035, 2004.

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

IGLESIAS, I. *et al.* Differences in fruit colour development, anthocyanin content, fruit quality and consumer acceptability of eight ‘Gala’ apple strains. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 119, n. 1, p. 32-40, 2008.

IGLESIAS, I.; ALEGRE, S. The effect of anti-hail nets on fruit protection, radioation, temperature, quality and profitability of ‘Mondial Gala’ apples. **Journal of Applied Horticulturae**, Lucknow, v. 8, n. 2, p. 91-100, 2006.

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

MAUTA, D. S. **Aspectos vegetativos, produtivos e de qualidade de frutos em macieiras cobertas com telas fotosselativas na região dos Campos de Cima da Serra – RS**. 2018. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2018.

MUPAMBI, G. *et al.* The influence of protective netting on tree physiology and fruit quality of apple: a review. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 236, p. 60-72, 2018.

PETRI, J. L. Formação de flores, polinização e fertilização. *In*: EPAGRI. (ed.). **A cultura da macieira**. Florianópolis: Epagri, 2006. cap. 7, p. 229-260.

PETRI, J. L.; HAWERROTH, F. J.; LEITE, G. B. Maturação, qualidade e queda pré-colheita de maçãs ‘Imperial Gala’ em função da aplicação de aminoetoxivinilglicina. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 3, p. 599-608, 2010.

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**, Jaboticabal, v. 29, n. 2, p. 239-244, 2007.

ROBINSON, T. Advances in apple culture worldwide. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, p. 37-47, 2011. Volume especial.

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

STEFFENS, C. A.; SESTARI, I.; BRACKMANN, A. Controle da queda pré-colheita de maçãs ‘Gala’ e ‘Fuji’ com aminoetoxivinilglicina e ethephon. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 11, n. 3, p. 329-332, 2005.

STOVER, E. *et al.* Harvest management of Marshall 'MacIntosh' Apples: effect of AVG, NAA, ethephon and summer pruning on preharvest drop and fruit quality. **HortScience**, Alexandria, VA, v. 38, n. 6, p. 1093-1099, 2003.

VENBURG, G. D. *et al.* Recent developments in AVG research. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 796, p. 43-49, 2008.

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

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

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

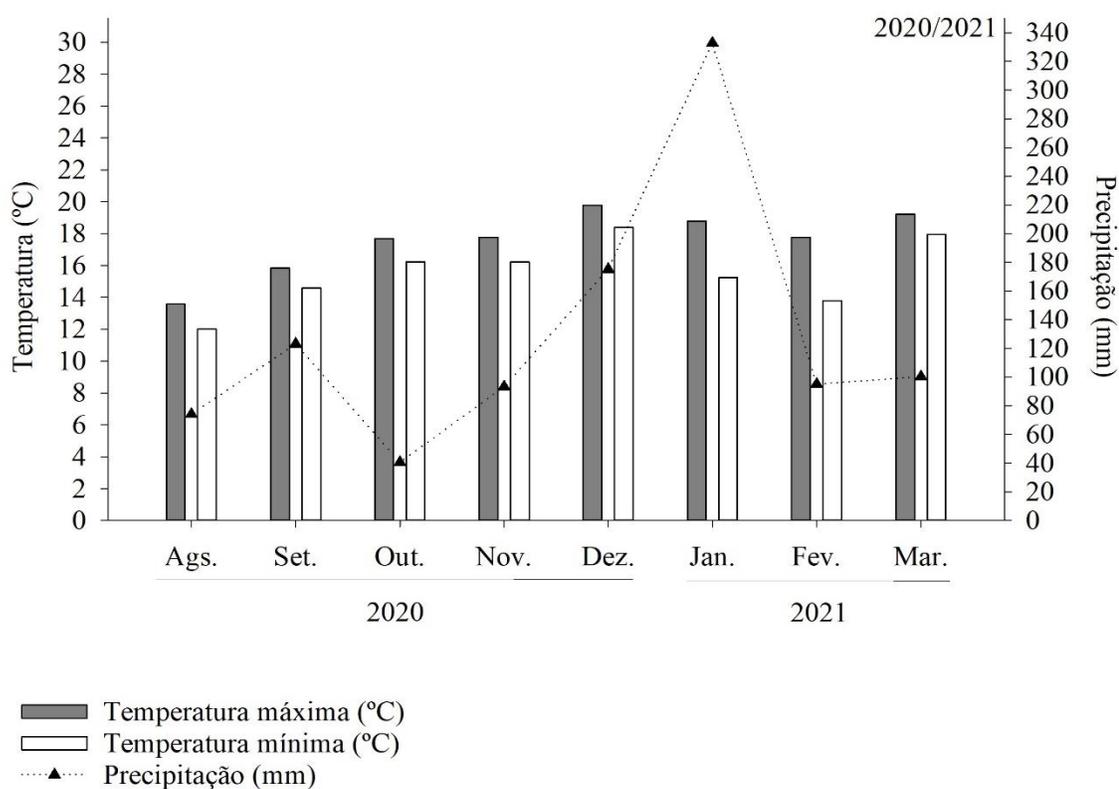
A cadeia produtiva de maçãs no Brasil exige o fornecimento de frutos com boa aparência (coloração vermelha da epiderme, formato arredondado) e índices de maturação (firmeza de polpa, suculência, sólidos solúveis e acidez) adequados para a aceitabilidade do consumidor. Nesse cenário, a tendência é a utilização de cultivares com a característica de alto recobrimento por coloração vermelha na epiderme e bons índices de sólidos solúveis e acidez. Aliado a isso, o uso de tratamentos culturais ajustados ao contexto do uso de telas antigranizo também é necessário, em virtude da crescente adesão dos produtores no Sul do Brasil à tecnologia.

A possibilidade do escalonamento de colheita permite melhor planejamento da operação, em virtude da baixa disponibilidade de mão de obra nas principais regiões de cultivo. Nesse cenário, o controle de queda pré-colheita de frutos garante maior rentabilidade ao produtor, pois elevadas porcentagens de queda pré-colheita têm sido observadas, em especial em cultivares Gala. A utilização de fitorreguladores e bioestimulantes no manejo de maturação de frutos em macieiras apresenta potencial para o escalonamento de colheita, controle de queda pré-colheita e garantia no fornecimento de frutos de acordo com a demanda do mercado consumidor. A colheita no momento adequado aliada ao uso de tecnologias que promovam a inibição da biossíntese ou ação do etileno, permite melhor conservação de frutos a longo prazo, especialmente na diminuição das perdas com degradação de amido e firmeza de polpa. Contudo, a literatura ainda apresenta poucos resultados no que diz respeito à qualidade de frutos no cultivo sob telas antigranizo no Sul do Brasil, em especial com o uso de ferramentas no manejo de maturação de frutos.

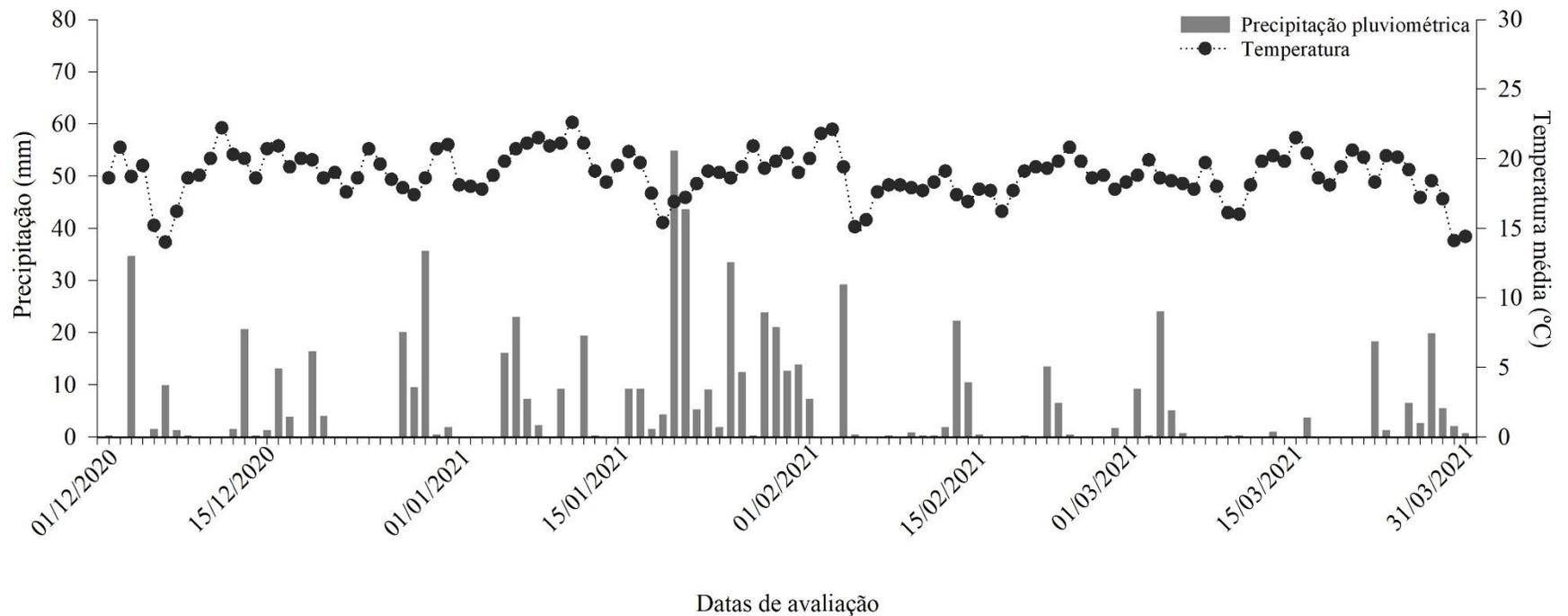
Os resultados apresentados no presente estudo são preliminares, especialmente devido à elevada variação de condições meteorológicas em cada ciclo de cultivo e peculiaridades das regiões, cultivares utilizadas, características da tela antigranizo e outros

aspectos de cultivo no pomar. Em virtude disso, é importante avaliar a resposta da aplicação de fitorreguladores e bioestimulantes em condições diferenciadas, a fim de verificar os efeitos de distintas concentrações e épocas de aplicação e avaliar os melhores resultados, além de definir o desempenho de diferentes manejos de maturação sobre a qualidade de frutos a longo prazo (após armazenamento refrigerado).

6 APÊNDICES



APÊNDICE 1. Média mensal de temperaturas do ar mínimas e máximas e precipitação pluviométrica entre agosto de 2020 e março de 2021. Dados obtidos da estação meteorológica automática INMET (A880) (latitude: 28,5 S, longitude: 50,8 O e altitude: 970 m), em Vacaria-RS, Brasil, 2022.



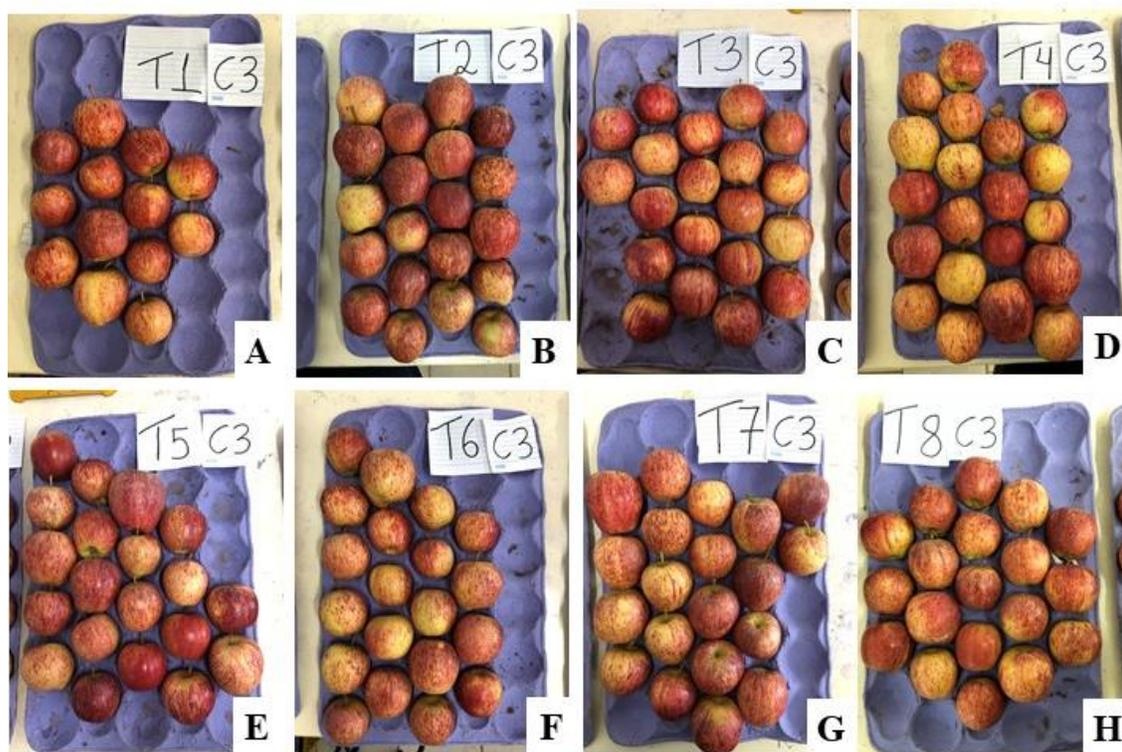
APÊNDICE 2. Temperatura média do ar e precipitação pluviométrica entre dezembro de 2020 e março de 2021. Dados diários obtidos da estação meteorológica automática INMET (A880) (latitude: 28,5 S, longitude: 50,8 O e altitude: 970 m), em Vacaria-RS, Brasil, 2022.

APÊNDICE 3. Caracterização vegetativa de macieiras ‘Galaxy’ e ‘Fuji Suprema’ sob tela antigranizo em pomar comercial no município de Monte Alegre dos Campos-RS, Brasil, 2022.

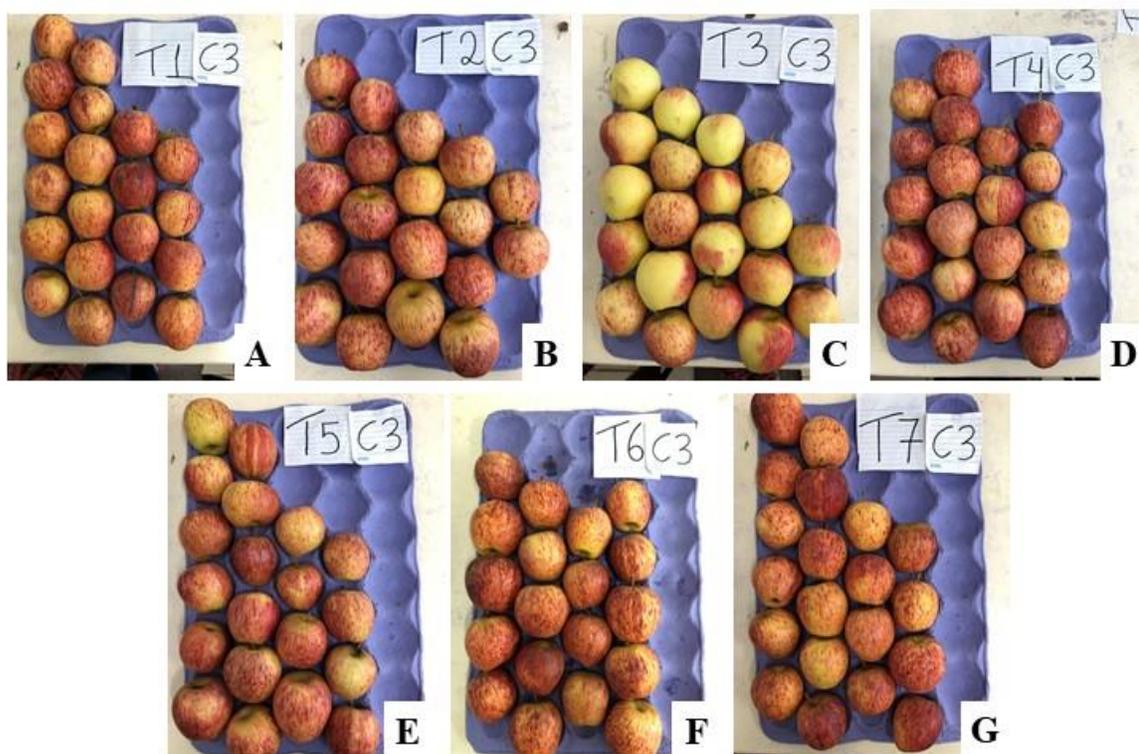
Característica em ‘Galaxy’ ¹	Média (m)	Mín. (m)	Máx. (m)	Desvio padrão	Coefficiente de variação (%)
1. Inserção (solo ao início da copa)	0,58	0,4	0,7	0,1	16,2
2. Meio (solo até a altura do primeiro fio)	1,03	0,9	1,3	0,1	11,5
3. Meio ao ponto mais alto	1,88	1,6	2,1	0,1	7,3
4. Altura final (meio ao topo da planta)	3,76	3,3	4,2	0,3	7,3
5. Altura da copa (altura da planta - altura da inserção)	3,19	2,5	3,5	0,3	10,1
6. Largura da copa basal (projeção entre filas)	1,14	0,6	1,7	0,3	27,8
7. Largura da copa apical (projeção entre filas)	1,17	0,8	1,5	0,3	24,0

Característica em ‘Fuji Suprema’ ¹	Média (m)	Mín. (m)	Máx. (m)	Desvio padrão	Coefficiente de variação (%)
1. Inserção (solo ao início da copa)	0,6	0,4	0,9	0,2	24,7
2. Meio (solo até a altura do primeiro fio)	1,2	1,0	2,0	0,4	29,6
3. Meio ao ponto mais alto	1,9	1,8	2,0	0,1	4,3
4. Altura final (meio ao topo da planta)	3,9	3,5	4,1	0,2	4,3
5. Altura da copa (altura da planta - altura da inserção)	3,2	3,0	3,5	0,2	5,0
6. Largura da copa basal (projeção entre filas)	1,7	1,4	1,9	0,2	9,6
7. Largura da copa apical (projeção entre filas)	1,2	1,0	2,2	0,4	35,9

¹ Obtidas em setembro de 2021 a partir de seis plantas aleatoriamente distribuídas e escolhidas.



APÊNDICE 4. Amostragem de maçãs ‘Galaxy’ produzidas sob tela antigranizo, colhidas em 25/03 e submetidas aos manejos de maturação: A) Testemunha (sem aplicação); B) Aminoetoxivinilglicina (AVG) 125 g ha⁻¹ (3 semanas antes do ponto de colheita - SAPC); C) AVG 90 g ha⁻¹ (3 SAPC); D) 62,3 g ha⁻¹ (3 SAPC); E) 62,3 g ha⁻¹ (3 SAPC) + 62,3 g ha⁻¹ (1 SAPC); F) 32,3 g ha⁻¹ (3 SAPC) + 45 g ha⁻¹ (2 SAPC) + 45 g ha⁻¹ (1 SAPC); G) 32,3 g ha⁻¹ (3 SAPC) + 90 g ha⁻¹ (1 SAPC); e H) 90 g ha⁻¹ (3 SAPC) + 32,3 g ha⁻¹ (1 SAPC). Monte Alegre dos Campos-RS, Brasil, safra 2020/2021.



APÊNDICE 5. Amostragem de maçãs ‘Galaxy’ produzidas sob tela antigranizo, colhidas em 25/03 e submetidas aos manejos de maturação: A) Testemunha (sem aplicação); B) Aminoetoxivinilglicina (AVG) 90 g ha⁻¹ (3 semanas antes do ponto de colheita - SAPC); C) AVG 90 g ha⁻¹ + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (3 SAPC); D) AVG 62,3 g ha⁻¹ (3 SAPC) + AVG 62,3 g ha⁻¹ (1 SAPC); E) AVG 62,3 g ha⁻¹ + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (3 SAPC) + AVG 62,3 g ha⁻¹ + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (1 SAPC); F) AVG 62,3 g ha⁻¹ (3 SAPC) + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (2 SAPC) + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (1 SAPC); e G) Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (3 SAPC) + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (2 SAPC) + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (1 SAPC) + Tikkun[®] 1,5 L ha⁻¹ (1 SAPC) (ponto de colheita - PC). Monte Alegre dos Campos-RS, Brasil, safra 2020/2021.