

**Universidade de São Paulo  
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Ponto de colheita, efeito do 1-metilciclopropeno, etileno e do  
armazenamento refrigerado em ameixa ‘Gulfblaze’**

**Cleucione de Oliveira Pessoa**

Tese apresentada para obtenção do título de  
Doutora em Ciências. Área de concentração:  
Fitotecnia

**Piracicaba  
2016**

**Cleucione de Oliveira Pessoa  
Engenheira Agrônoma**

**Ponto de colheita, efeito do 1-metilciclopropeno, etileno e do armazenamento  
refrigerado em ameixa 'Gulfblaze'**

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:  
Prof. Dr. **RICARDO ALFREDO KLUGE**

Tese apresentada para obtenção do título de  
Doutora em Ciências. Área de concentração:  
Fitotecnia

**Piracicaba  
2016**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - DIBD/ESALQ/USP**

Pessoa, Cleucione de Oliveira

Ponto de colheita, efeito do 1-metilciclopropeno, etileno e do armazenamento refrigerado em ameixa 'Gulfblaze' / Cleucione de Oliveira Pessoa. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2016.

185 p. : il.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. *Prunus salicina* 2. 1-MCP 3. Maturação 4. Injúria por frio 5. Qualidade pós-colheita  
6. Conservação I. Título

CDD 634.22  
P475p

**“Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor”**

## DEDICATÓRIA

Ao meu Sol e minha Lua, meu pai Claudionor Mauricio Pessoa e minha mãe Maria Solidade de Oliveira Pessoa, por sempre iluminarem meus passos. Pelo amor, carinho, incentivo para que eu pudesse trilhar meu próprio caminho, por mostrarem que, mesmo distantes, estavam sempre comigo e principalmente por não me deixarem desistir nunca... Mesmo que o Sol não esteja brilhando, eu sei que ele está no céu.



## AGRADECIMENTOS

A Deus, por sempre responder aos meus pedidos e me enviar provas de que eu nunca estou sozinha quando eu chamo por Ele.

Ao professor Ricardo Alfredo Kluge pela orientação, amizade, compreensão, paciência e por todo ensinamento a mim transmitido para a construção dessa tese e para trilhar meu caminho profissional.

Ao coordenador do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Prof. Dr. Durval Dourado Neto.

Especial agradecimento à secretária Luciane Aparecida Lopes, que além do suporte acadêmico e de pesquisa, teve grande importância pelo apoio e amizade.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de estudo.

À ESALQ pelos recursos disponibilizados, e aos professores e funcionários do Departamento de Produção Vegetal, Ciências Biológicas, Agroindústria, Alimentos e Nutrição e Ciências Exatas pelos conhecimentos transmitidos e assistência.

Ao Eng<sup>o</sup> Agro<sup>o</sup>. Fernando Mascaro e a toda equipe da Sigma Agroambiental, pelo auxílio com os frutos utilizados nessa pesquisa e esclarecimentos sobre o cultivo.

Aos funcionários da Biblioteca Central, especialmente a Silvia Zinsly por toda ajuda.

Ao pessoal do Laboratório de Pós-colheita de Plantas Hortícolas pelo apoio nas análises e amizade, em especial ao Prof. Dr. Angelo Jacomino e ao Dr. Marcos Trevisan.

Ao Prof. Dr. Eduardo Purgatto (USP-SP) pela assistência nas análises e à Profa. Florence Zakharov, da UC Davis, por ter me recebido na referida universidade e permitido minha participação no seu grupo de trabalho.

À Fabiana Sasaki e Luciane Mendes pelas orientações e auxílio na construção da tese e procedimentos de análises, além da essencial amizade.

Aos amigos Carlos Soares, Cristiane Calaboni, Diego Reartes, Juliana de Paula, Jaqueline Uliana, Magda Tessmer, Natalia Berno, Paula Silva e Silce Guassi,

que além de serem grandes amigos, sempre me ajudaram em meus experimentos e estiveram ao meu lado me apoiando e vibrando com as vitórias.

A todos os estagiários do Laboratório de Fisiologia e Bioquímica Pós-Colheita, pela ajuda nos experimentos e com a agradável companhia, em especial a Sergio Angolini, Ana Caroline Silva, Marcela Barbieri, Allan Vieira. Sem eles, essa tese não existiria.

Aos meus grandes amigos Roberto Lavor, Ceres Duarte e Benedito Correia e por influenciarem na escolha profissional e por todo carinho e cuidado, que nunca esquecerei.

À Larissa Petrarolli e Leonardo Regazzini, Virgina Dominguez e Gonzalo Marmol, Gabriela Geerdink, Mateus Donegá, Gislaine Bitencourt, Felipe Vecchini, pela amizade e palavras de força, ânimo. Às companheiras de república: Dinara Alves, Marina Maestre, Alinne Silva, Andrea Garcia, Simeia Alexandre, por dividirem comigo momentos de alegria, estresses, surpresas, superações, lágrimas, companheirismo.

À Alexandra Oishi, Joana Mares, Suelen Moraes pelo revezamento no apoio, amizade, força e ombro amigo, que graças a elas, foi 'onipresente'. À Milena Vieira, que me forneceu imensurável auxílio e suporte essencial na reta final do doutorado.

À minha família... fonte do combustível "amor" que me faz ser quem eu sou e de seguir em frente para enchê-los de orgulho: meus irmãos Alcileide, Anderson e Claudion; minhas sobrinhas Thais e Thamires, minha cunhada Vitória; e os amores da minha vida, meu pai Claudionor e minha mãe Solidade, meu maior agradecimento de toda minha alma.

E a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a execução desse trabalho, mesmo que não estejam citados, a quem peço humildes e sinceras desculpas.

## EPÍGRAFE

“Não são as respostas que movem o mundo. São as perguntas.”

Albert Einstein





## SUMÁRIO

RESUMO .....	13
ABSTRACT .....	15
1 INTRODUÇÃO .....	17
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	21
2.1 Cultura da ameixa .....	21
2.2 Ameixa ‘Gulfblaze’.....	22
2.3 Índices de Maturidade .....	23
2.4 Etileno e seus efeitos nos frutos .....	25
2.5 Refrigeração e Injúrias pelo Frio .....	27
2.6 O 1-MCP como inibidor da ação do etileno .....	28
REFERÊNCIAS .....	30
3 DETERMINAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO PONTO DE COLHEITA DA AMEIXA ‘GULFBLAZE’ .....	38
Resumo.....	38
Abstract.....	38
3.1 Introdução .....	39
3.2 Material e Métodos.....	40
3.2.1 Tratamentos .....	41
3.2.2 Análises da atividade respiratória e produção de etileno.....	41
3.2.3 Análises físico-químicas.....	42
a) Firmeza da polpa .....	42
b) Teor de sólidos solúveis (SS) .....	42
c) Acidez Titulável (AT).....	42
d) Relação sólidos solúveis/acidez titulável (SS/AT).....	42
e) Perda de massa fresca.....	42
f) Solubilização da pectina .....	43
g) Coloração da casca e da polpa .....	44
3.2.4 Delineamento experimental e análise dos dados .....	44
3.3 Resultados e discussão.....	44
3.4 Conclusão .....	62

4	1-METILCICLOPROPENO NA MANUTENÇÃO DA QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE AMEIXAS 'GULFBLAZE' ARMAZENADAS SOB BAIXA TEMPERATURA .....	67
	Resumo .....	67
	Abstract .....	67
4.1	Introdução .....	68
4.2	Material e Métodos .....	69
4.2.1	Obtenção dos frutos e tratamentos .....	69
4.2.2	Análises da atividade respiratória e produção de etileno .....	70
4.2.3	Análises físico-químicas .....	71
a)	Firmeza da polpa .....	71
b)	Teor de sólidos solúveis (SS).....	71
c)	Acidez Titulável (AT) .....	71
d)	Relação Sólidos solúveis/Acidez titulável (SS/AT) .....	71
e)	Perda de massa fresca .....	71
f)	Coloração da casca e da polpa .....	72
4.2.4	Delineamento experimental e análises dos dados.....	72
4.3	Resultados e discussão .....	73
4.4	Conclusão .....	109
	Referências .....	110
5	EFEITO DA APLICAÇÃO DE ETILENO EM DIFERENTES PERÍODOS DO ARMAZENAMENTO REFRIGERADO NA QUALIDADE DE AMEIXA 'GULFBLAZE' TRATADA COM 1-METILCICLOPROPENO ..	116
	Resumo .....	116
	Abstract .....	116
5.1	Introdução .....	117
5.2	Material e Métodos .....	119
5.2.1	Obtenção dos frutos e tratamentos .....	119
5.2.2	Análises da produção de etileno e atividade respiratória .....	120
5.2.3	Análises físico-químicas .....	121
a)	Firmeza da polpa .....	121
b)	Teor de sólidos solúveis (SS).....	121
c)	Acidez Titulável (AT) .....	121
d)	Relação sólidos solúveis/acidez titulável.....	121
e)	Perda de massa fresca .....	121
f)	Solubilização da pectina .....	122
g)	Coloração da casca e da polpa .....	123

h)	Antocianinas totais da casca .....	123
i)	Compostos fenólicos totais .....	123
j)	Atividade antioxidante .....	124
k)	Teor de ácido ascórbico .....	124
l)	Qualidade visual interna .....	124
5.2.4	Delineamento experimental e análises dos dados .....	125
5.3	Resultados e Discussão .....	125
5.4	Conclusão .....	158
ANEXO	.....	169



## RESUMO

### **Ponto de colheita e efeito do 1-metilciclopropeno, etileno e do armazenamento refrigerado em ameixa 'Gulfblaze'**

A ameixeira Gulfblaze, também conhecida como FLA 87-7, é uma cultivar de ameixa japonesa que se destaca pelo tamanho do fruto, precocidade de produção e resistência a escaldadura das folhas, doença que tem sido entrava a produção de ameixas no Brasil. Essa cultivar foi incorporada ao Banco Ativo de Germoplasma (BAG) do IAC por volta das décadas de 60 e 70, mas ainda há poucos trabalhos no tocante a informações sobre sua fisiologia, conservação e armazenamento pós-colheita. As ameixas apresentam, geralmente, um curto período pós-colheita, sendo necessárias tecnologias para aumentar seu tempo de armazenamento e a manutenção da qualidade, as quais visam, sobretudo, a minimização dos efeitos deletérios causados pelo etileno, desde a maturação até o momento da chegada ao consumidor. Para sugerir melhorias no manejo e conservação da qualidade pós-colheita e promover maior longevidade da ameixa 'Gulfblaze', alguns experimentos foram realizados. Desses experimentos, surgiram três trabalhos. O primeiro trabalho investigou o ponto de colheita ideal baseado no estado de maturação. No segundo, foi investigado o uso da refrigeração associado ao 1-MCP para prolongar o tempo de armazenamento. E no terceiro, foi testada a hipótese de que a aplicação do etileno poderia reiniciar o processo regular de amadurecimento de frutos refrigerados, interrompido pelo 1-MCP, e uniformizar o amadurecimento. A ameixa 'Gulfblaze' apresenta padrão climatérico de amadurecimento, e quando colhida com casca apresentando 50 a 75% da coloração característica da cultivar apresentam maturação regular e maior potencial para comercialização e consumo, com longevidade comercial de 10 dias em temperatura ambiente (25°C). Sob essas condições, a firmeza dos frutos no momento da colheita é adequada ao transporte e são visualizados melhores resultados para os índices de qualidade, tais como sólidos solúveis e relação sólidos solúveis/acidez titulável, ao longo do período de armazenamento. A aplicação de 1-MCP retarda o pico climatérico em ameixa 'Gulfblaze'. Aplicação de 450 nL L<sup>-1</sup> de 1-MCP seguido do armazenamento a 1°C mantém a qualidade desses frutos durante 36 dias de armazenamento refrigerado, proporcionando firmeza, cor e sabor adequados a comercialização e consumo mesmo após seis dias de armazenamento a 25°C. A aplicação de etileno em ameixa 'Gulfblaze' tratada com 1-MCP não provocou aumento na atividade respiratória e na produção de etileno, tampouco antecipou o climatérico. Embora a perda de massa e a acidez titulável nos frutos tratados com 1-MCP e etileno tenha sido maior que nos demais tratamentos, essa combinação permitiu a manutenção da coloração da casca mais próxima daquela observada na colheita e proporcionou maiores valores para o teor de sólidos solúveis e atividade antioxidante. A aplicação de 1-MCP e etileno aos 18 dias proporcionou maior conteúdo de antocianina na casca e maior teor de vitamina C na polpa. A aplicação do 1-MCP inibiu o surgimento de injúrias por frio, mesmo em frutos tratados com etileno.

Palavras-chave: *Prunus salicina*; 1-MCP; Maturação; Injúria por frio; Qualidade pós-colheita; Conservação



## ABSTRACT

### Harvest time and effect of 1-methylcyclopropene, ethylene and cold storage in 'Gulfblaze' plum

The Gulfblaze plum, also known as FLA 87-7, is a Japanese plum cultivar that stands out for fruit size, earliness and resistance to the leaf scald disease, which has been hindering the production of plums in Brazil. This cultivar was incorporated into the Active Germplasm Bank of IAC around the '60s and '70s, but there are few papers related to information about their physiology, conservation and post-harvest storage. Plums have a short post-harvest period, and further technology is necessary to increase their shelf life and maintain quality, primarily by minimizing the deleterious effects of ethylene from ripening until the time of arrival to the consumer. In order to suggest improvements in the management and conservation of postharvest quality and promote longevity plum 'Gulfblaze', some experiments were carried out. Three studies resulted from these experiments: The first study investigated the point of ideal harvest based on ripeness, the second one investigated refrigeration associated with 1-MCP to extend the storage time, and the third paper tested the hypothesis that the application of ethylene could restart the regular process of maturation of chilled fruit, interrupted by 1-MCP, and uniform ripening. 'Gulfblaze' plums exhibit a climacteric ripening pattern, and when harvested within 50-75% of a cultivar's characteristic color, they have regular maturation with a brand longevity of 10 days at room temperature (25°C). In that condition, the fruit has greater potential for marketing and consumption, with a proper firmness transport at harvest and better results for the quality indexes such as soluble solids and soluble solids / titratable acidity during the storage period. The application of 1-MCP slows the climacteric peak in 'Gulfblaze' plums. Application 450 nL L<sup>-1</sup> 1-MCP followed by storage at 1°C maintains the quality of the fruit during 36 days of cold storage, providing firmness, color and flavor suitable for marketing and consumption even after six days of storage at 25°C. The application of ethylene in 'Gulfblaze' plums treated with 1-MCP did not cause an increase in respiratory activity and ethylene production, nor did it anticipate the climacteric. Although weight loss and titratable acidity in fruit treated with 1-MCP and ethylene was higher than other treatments, this combination allowed the maintenance of the peel color closer to that observed at harvest, and it gave higher values for the solids and soluble antioxidant activity. The application of 1-MCP and ethylene in the 18th day showed higher content of anthocyanin in the skin and higher content of vitamin C in the pulp. The application of 1-MCP inhibited the incidence of chilling injuries, even in ethylene treated fruit.

Keywords: *Prunus salicina*; 1-MCP; Ripening; Chilling injury; Postharvest quality; Conservation





## 1 INTRODUÇÃO

Graças às diversas espécies existentes e ao grande número de híbridos obtidos no decorrer do desenvolvimento da cultura, a ameixeira se tornou uma das frutíferas mais cultivadas no mundo, com restrições às regiões de calor ou frio intenso como nos trópicos e zonas polares. (CASTRO, 2005).

A ameixeira pertence à família das Rosáceas, que é uma das maiores e mais conhecidas famílias de dicotiledôneas, abrangendo frutíferas (JOLY, 1993). Duas espécies principais abrangem a maioria das cultivares atualmente existentes. Uma dessas espécies é denominada *Prunus domestica* (L) e a outra é *Prunus salicina* Lindl. (CASTRO, 2005).

A espécie *P. domestica* é conhecida como ameixa europeia e sua importância se dá pelo comércio do fruto desidratado. No Brasil, o cultivo dessa espécie é limitado por sua alta exigência em número de horas de frio durante o inverno, com temperaturas iguais ou inferiores a 7,2°C, condição existente somente em regiões de altitudes elevadas, como nos estados do sul do país. No entanto, ameixeira da espécie *P. salicina* Lindl., conhecida como ameixa japonesa e seus híbridos, desenvolve-se adequadamente nas condições climáticas do Brasil, onde são amplamente cultivadas. Essa espécie não suporta temperaturas muito baixas e tolera as elevadas temperaturas do verão (CASTRO, 1994).

No Brasil, a ameixa vem se destacando dentre as frutas de clima temperado pela sua grande importância no ponto de vista econômico e nutricional. O maior número de pesquisas sobre suas propriedades funcionais tem intensificado o consumo in natura e ocasionado um aumento na demanda, o que resulta na necessidade de cultivares mais produtivas, mais resistentes a doenças e o aumento da área de produção.

A seleção de cultivares com baixa exigência em frio tem proporcionado a expansão da área cultivada. Chagas (2008) estudou 11 cultivares de ameixeira de baixa exigência em frio para serem cultivadas em regiões subtropicais do estado de São Paulo, e a que mais se destacou quanto à adaptação climática e potencial para armazenamento refrigerado foi a cultivar Gulfblaze. Essa cultivar, também conhecida como FLA 87-7, foi incorporada ao Banco Ativo de Germoplasma (BAG) do IAC por volta das décadas de 60 e 70 e destacou-se pela precocidade de maturação e tipo de fruto (BARBOSA, 2006). Além disso, apresenta produção em períodos de baixa

oferta de ameixas nacionais e importadas e é considerada como altamente resistente à escaldadura das folhas (*Xyllela fastidiosa*), doença que tem sido um limitante ao desenvolvimento da cultura no Brasil. (CHAGAS, 2008; RAMMING, 2002; SCHNEIDER; AZEVEDO FILHO, 2014; SILVEIRA et al., 2003). Embora o interesse por essa cultivar tenha surgido desde as últimas décadas, ainda há poucos trabalhos no tocante a informações sobre sua fisiologia, conservação e armazenamento pós-colheita.

Conhecer o momento correto para a colheita determina a vida de armazenamento e a qualidade final do fruto. Frutos colhidos imaturos são mais suscetíveis ao murchamento e aos danos mecânicos, e apresentam qualidade inferior quando amadurecem. Frutos colhidos maduros demais tendem a se tornar moles e com sabor desagradável logo após a colheita (KADER, 1999). Dessa forma, o conhecimento do ponto ideal para a colheita garante maior qualidade ao consumidor, maior resistência aos danos durante o transporte ou no período de comercialização, e permite um período de conservação mais amplo (CASTRO, 2005).

Já se sabe que a ameixa 'Gulfblaze' apresenta padrão de respiração climatérico (COSTA, 2011), caracterizado pelo aumento na produção de etileno após a colheita, e tem curto período pós-colheita, necessitando de tecnologias para garantir maior tempo de armazenamento e conservação.

As tecnologias comerciais utilizadas para aumentar a durabilidade e manutenção da qualidade de ameixas são fundamentais, sobretudo, na minimização dos efeitos deletérios causados pela exposição ao etileno desde a maturação até o momento da chegada ao consumidor (KIM, HEWETT; LALLU, 1999; WATKINS, 2002).

O etileno (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>) é um fitormônio gasoso que atua como um potente regulador de crescimento, afetando vários processos de desenvolvimento das plantas (KADER, 1985; SMALLE; VAN DER STRAETEN, 1997). A produção endógena de etileno é essencial no processo de amadurecimento e desencadeia uma série de eventos que interferem nas características cruciais para o aumento da qualidade dos frutos. Por outro lado, o etileno também está relacionado com a senescência, na qual a relação entre processos catabólicos/anabólicos é maior. Como resultado, há envelhecimento e morte dos tecidos (ABELES; MORGAN;

SALTVEIT, 1992; AWAD, 1993; CASTRO; KLUGE; PERES, 2005; THEOLOGIS, 1992;).

Dentre as diversas tecnologias disponíveis para garantir a manutenção da qualidade e a maior vida útil dos frutos após a colheita, o armazenamento refrigerado é considerado a principal delas. Em temperaturas baixas há redução do metabolismo do fruto, resultando no atraso no amadurecimento, redução da perda de água, da taxa de respiração e da produção de etileno (KADER; MITCHELL, 1989), tornando possível o armazenamento prolongado.

No entanto, deve-se atentar ao uso da temperatura apropriada de refrigeração. O armazenamento de ameixas japonesas em temperaturas inadequadas favorece o surgimento de distúrbios fisiológicos, como o colapso de polpa ou “internal breakdown”, que é caracterizado pelo escurecimento dos tecidos da polpa e um aspecto e sabor desagradável, impedindo a ampliação do período de conservação e comercialização (KLUGE; CANTILLANO; BILHALVA, 1997). O colapso da polpa surge durante o amadurecimento do fruto em temperatura ambiente, depois de períodos prolongados de armazenamento em baixas temperaturas. Segundo Chitarra e Chitarra (2005), o escurecimento dos tecidos é um dos aspectos mais problemáticos na exportação de frutas, o que pode tornar o produto totalmente inadequado para a comercialização.

Outra técnica utilizada na conservação pós-colheita é a aplicação do 1-metilciclopropeno (1-MCP). O 1-MCP é um gás que se liga aos sítios receptores do etileno, bloqueando sua ação, retardando o amadurecimento, podendo aumentar o tempo de armazenamento (ARGENTA; FAN; MATTHEIS, 2003). A produção de novos sítios de ligação é responsável pela retomada do amadurecimento dias após a aplicação do produto (BLANKENSHIP; DOLE, 2003). A concentração e o tempo de exposição dos frutos ao 1-MCP são fatores limitantes para uma boa resposta, variando de acordo com a espécie/cultivar, o estágio de maturação e a temperatura (RUPASINGHE et al., 2000). Sua ação em frutos de caroço apresenta resultados contraditórios, algumas vezes indesejáveis, dependendo da cultivar, fazendo-se necessários mais estudos (GIRARDI et al., 2005; VITTI et al., 2007).

O conhecimento das características de cada cultivar e suas condições específicas de armazenamento são essenciais para o sucesso no controle do amadurecimento (SILVA et al., 2004) e no aumento do período de conservação. Diante disso, esse trabalho teve como objetivos caracterizar o ponto de colheita de

ameixas 'Gulfblaze', investigar o efeito da aplicação do 1-MCP e do armazenamento refrigerado prolongado na qualidade pós-colheita desses frutos, além de avaliar o efeito da aplicação de etileno durante e após o armazenamento refrigerado das ameixas tratadas com 1-MCP, no intuito de prolongar a conservação, sem ônus a qualidade e ao processo regular de amadurecimento dessa cultivar.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Cultura da ameixa

Considerada como uma das plantas frutíferas que mais se difundiu pelo mundo, o cultivo da ameixeira se dá em várias condições climáticas em resultado da sua diversidade em espécies e híbridos que foram sendo produzidos ao longo dos anos. A produção da ameixa ocorre em quase todo o mundo, encontrando obstáculos ao seu desenvolvimento apenas nas zonas de calor elevado, como nos Trópicos, ou de extremo frio, como nos Polos Norte e Sul (CASTRO, 2005).

A ameixeira pertence à família das Rosáceas, uma das maiores famílias de dicotiledôneas, e uma das mais conhecidas pela importância econômica de muitos dos seus representantes de clima temperado (JOLY, 1993).

Duas espécies principais abrangem a maioria das cultivares atualmente existentes, a *Prunus domestica* (L.) e a *Prunus salicina* Lindl. (CASTRO, 2005).

A espécie *P. domestica* é conhecida como ameixa europeia e é muito importante em âmbito mundial, principalmente para comércio do produto em passa. É pouco plantada em nosso país por sua alta exigência em número de horas de frio durante o inverno, com temperaturas iguais ou inferiores a 7,2°C, que ocorrem somente em regiões de altitudes elevadas nos estados do sul do Brasil. Já a ameixeira da espécie *P. salicina* Lindl. e seus híbridos, de frutos conhecidos como ameixa japonesa, são os mais cultivadas no Brasil, onde encontraram condições climáticas favoráveis a seu desenvolvimento. Essas ameixeiras suportam pouco o frio e toleram as elevadas temperaturas de verão nas regiões onde são plantadas.

Segundo dados da FAO (2016), o maior produtor mundial de ameixas é a China, que produziu mais de seis milhões de toneladas em 2013. No mesmo ano, o Chile representou a América do Sul no ranking de maiores produtores, com aproximadamente 306 mil toneladas, produção que lhe conferiu a quarta colocação. A produção de ameixas no Brasil ainda é pequena e com a oferta centralizada em alguns períodos do ano. O abastecimento da fruta no país é feito pela produção nas regiões mais altas do Sul e Sudeste e pela importação, principalmente, da Espanha e Chile, que juntos responderam por cerca de 87% da ameixa importada. Segundo

Angelo<sup>1</sup>, o estado de São Paulo produziu 13 mil toneladas em 2015 (Informação pessoal).

Dentre as frutas de clima temperado, a ameixa se destaca pela sua importância no ponto de vista econômico e o desenvolvimento de cultivares com baixa exigência em frio tem proporcionado a expansão da área cultivada. Além disso, o aumento dos estudos sobre as propriedades funcionais da ameixa tem intensificado o seu consumo in natura. Paralelamente, a demanda por frutos de qualidade superior tem crescido em todo o país.

## 2.2 Ameixa ‘Gulfblaze’

A ameixeira Gulfblaze, também conhecida como FLA 87-7, é uma cultivar de ameixa japonesa que foi incorporada ao Banco Ativo de Germoplasma (BAG) do IAC por volta das décadas de 60 e 70, se destacando pelo tamanho do fruto, precocidade de produção e pelo curto período entre a floração e a maturação (BARBOSA, 2006; CHAGAS, 2008). As plantas dessa cultivar têm excelente adaptação ao clima do Sudoeste Paulista e são classificadas como sendo de baixa exigência ao frio, necessitando de 250 horas/ano. Além disso, é considerada tolerante à bacteriose (*Xanthomonas arboricola* Pv. *Pruni*) e altamente resistente à escaldadura das folhas (*Xylella fastidiosa*) (RAMMING, 2002), doença que tem sido entrave à produção de ameixas no Brasil (MÜLLER, 2013).

Os frutos da ameixeira ‘Gulfblaze’ têm formato arredondado ou ligeiramente elíptico, apresentam-se grandes, com massa média de 80g. Há presença de cerosidade esbranquiçada (pruína) e de nítida sutura longitudinal. A casca tem coloração vermelho-escura, apresentando pequenas pontuações esparsas. A polpa é amarela, tendendo a laranja profundo à medida que amadurece, textura carnosa, suculenta, parcialmente fibrosa, com caroço semi-presos, de tamanho médio ou pequeno. No início da maturação apresenta sabor doce-acidulado forte, meio amargo, principalmente próximo ao caroço. No entanto, em frutos bem maduros, quando a casca se destaca facilmente da polpa, o sabor se torna mais agradável, com ausência de amargor, acidez reduzida e elevado teor de sólidos solúveis (BARBOSA, 2006; RAMMING, 2002).

---

<sup>1</sup> ANGELO, J. A. Diretor do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Informações Estatísticas dos Agronegócios de São Paulo. Mensagem recebida por <cleupessoa@yahoo.com.br> em 22 jan. 2016.

Segundo COSTA (2011), ameixas 'Gulfblaze' apresentam padrão climatérico, com aumento acentuado na produção de etileno e na taxa de respiração durante o amadurecimento. Devido à acentuada perda de água e redução da firmeza da polpa, alta suscetibilidade a danos mecânicos e ao desenvolvimento de fungos de armazenamento (KLUGE et al., 2002), as ameixas apresentam geralmente um curto período pós-colheita. A refrigeração deve ser utilizada para conservação pós-colheita de ameixas 'Gulfblaze', que, segundo Chagas (2008), pode ser armazenada a 1°C por até 28 dias + 2 dias de comercialização simulada a 25°C.

### **2.3 Índices de Maturidade**

Para o sucesso das técnicas de conservação pós-colheita é necessário o conhecimento do estado fisiológico dos frutos. A maturação é o estágio de desenvolvimento que conduz à obtenção da maturidade fisiológica. É durante a maturação que se inicia o amadurecimento, cujos processos resultam em mudanças na composição, coloração, textura e demais atributos sensoriais que interferem na qualidade do fruto (WATADA et al., 1984).

A maturidade fisiológica, do ponto de vista da pós-colheita, é definida como o estágio em que os frutos são capazes de continuar seu desenvolvimento mesmo se destacados da planta que lhe deu origem, com qualidade mínima aceitável ao consumidor (REID, 1992). Assim, maturidade na colheita é o fator mais importante para determinar a longevidade e qualidade final do fruto (WATADA et al., 1984; KADER, 1999). Frutos colhidos precocemente apresentam qualidade inferior quando maduros, e frutos demasiadamente maduros, entram mais cedo na senescência, perdem a firmeza rapidamente e apresentam reduzido sabor logo após a colheita. Ambas as condições são mais suscetíveis a desordens fisiológicas e têm reduzido potencial de armazenamento devido à baixa longevidade (KADER, 1999).

É possível presumir o estágio de maturidade fisiológica a partir de índices de maturidade que auxiliam na decisão de quando colher, visando à facilidade do manuseio, logística de comercialização e disponibilidade para o consumo, garantindo ainda frutos de qualidade adequada ao consumidor. Todavia, os índices de maturidade variam entre espécies e cultivares. Muitas características têm sido usadas para fornecer adequada estimativa da maturidade, assegurando uma qualidade mínima aceitável e uma maior longevidade pós-colheita. Os parâmetros firmeza da polpa, teor de sólidos solúveis, acidez titulável e coloração da casca e da



polpa são recomendados como índices de maturação em ameixa (CRISOSTO, 1994; SINGH; KHAN, 2010). A atividade respiratória e a produção de etileno também podem ser usados como índices (SINGH; KHAN, 2010).

**Firmeza da polpa:**

A firmeza da polpa é reduzida ao longo do amadurecimento, e é um fator limitante no transporte, armazenamento, comercialização e vida útil desses frutos, e está diretamente relacionado à suscetibilidade a danos por impacto (CRISOSTO et al., 2004 ;SKOG et al., 2001).

O amolecimento dos frutos pode ser atribuído a dois processos que ocorrem ao longo do amadurecimento: a perda de água, que diminui a pressão de turgescência nos tecidos, e à ação de enzimas de degradação pécnicas na parede celular (BARRETT e GONZALEZ, 1994; MALGARIM et al., 2007). Pectinas são os constituintes mais importantes da parede celular e da lamela média. Sob a ação das enzimas poligalacturonase e pectinametilesterase, as pectinas passam por solubilização e despolimerização, o que resulta no afrouxamento e desintegração da parede celular, e contribuem para a textura e qualidade dos frutos (FISCHER; BENNET, 1991; PAYASI et al., 2009).

**Teor de sólidos solúveis:**

De acordo com Chitarra & Chitarra (2005), o teor de sólidos solúveis geralmente aumenta com o transcorrer do processo de amadurecimento do fruto, seja por biossíntese, pela degradação de polissacarídeos, ou pela perda de água dos frutos.

O teor de sólidos solúveis é um fator determinante na qualidade dos frutos e até 80% dele é composto por açúcares (BRADY, 2003; CRISOSTO et al., 2007). Está diretamente associado à palatabilidade e é responsável por 75% da aceitação de ameixas pelo consumidor, independente da sua acidez (CRISOSTO et al., 2004).

**Acidez titulável:**

A acidez titulável mede a acidez do fruto, que se dá pela presença dos ácidos orgânicos e varia de acordo com o estágio de maturação (ETIENNE et al, 2013; SEYMOUR; TAYLOR; TUCKEY, 1993; SINGH; KHAN, 2010). O ácido málico é predominante em ameixas e sua concentração é reduzida com o amadurecimento (CRISOSTO; KADER, 2000; SINGH, SINGH; SWINNY, 2009).

A relação entre o teor de sólidos solúveis e acidez titulável aumenta à medida que os frutos amadurecem e também pode ser utilizada como um índice de maturidade. A relação SS/AT aparentemente está mais relacionada com a qualidade do que o teor de sólidos solúveis ou a acidez titulável analisados separadamente (CASQUERO; GUERRA, 2009; CRISOSTO, 1994).

#### **Coloração:**

A coloração da casca é o mais importante indicador de maturidade e qualidade em frutos de muitas espécies (DRAKE; PROEBSTING; SPAYD, 1982), além de ser um dos atributos mais levados em consideração pelos consumidores e muitas vezes é decisiva na hora da compra (VALERO et al., 2005). A cor da casca é influenciada principalmente pela concentração e distribuição de antocianinas (USENIK; STAMPAR; VEBERIC, 2009). Antocianinas são compostos fenólicos do grupo dos flavonoides, acumuladas nos vacúolos e são responsáveis pela pigmentação que vai do laranja ao vermelho, roxo e azul (HORBOWICZ et al., 2008).

Durante o amadurecimento das ameixas há a síntese e o acúmulo de antocianinas, e de carotenoides, pigmentos que conferem coloração amarela e laranja na polpa desses frutos (CASTAÑEDA-OVANDO et al, 2009; ERAZ; FLORE, 1986; SINGH; KHAN, 2010). Além disso, ocorre degradação da clorofila e desestruturação do aparato fotossintético, que evidencia a presença dos pigmentos que já estavam presentes na casca (PRASANNA; PRABHA; THARANATHAN., 2007; SINGH; KHAN, 2010).

McGuire (1992) sugere que medidas apropriadas da cor dos frutos podem ser obtidas por meio da luminosidade e do cálculo do ângulo Hue e da cromaticidade, parâmetros que são análogos à saturação ou intensidade de cor.

#### **2.4 Etileno e seus efeitos nos frutos**

O etileno é um dos diversos reguladores de crescimento de plantas que afetam o crescimento e processos de desenvolvimento, incluindo o amadurecimento (ABELES; MORGAN; SALTVEIT, 1992). O etileno é um hidrocarboneto simples que é capaz de se difundir para dentro e para fora dos tecidos das plantas, a partir de fontes endógenas e exógenas (biológicas e não biológicas) (SALTVEIT, 1999). A biossíntese do etileno foi descrita por Yang e Hoffman (1984), tendo o aminoácido metionina como precursor biológico da rota. No início do processo, a metionina é

convertida em S-adenosil-L-metionina (SAM) sob atuação da enzima SAM sintetase e com aporte energético do trifosfato de adenosina (ATP). O passo seguinte é a conversão da SAM em ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC), por meio da enzima ACC sintase (S-adenosil-L-metionina metiltioadenosinaliase). Uma posterior oxidação do ACC pela enzima ACC oxidase (1-aminociclopropano-1-carboxilato oxigenase) dá origem ao etileno (WANG; LI; ECKER, 2002).

O amadurecimento dos frutos corresponde a uma série de eventos bioquímicos, fisiológicos e estruturais que tornam os frutos mais atrativos para o consumidor (LELIÈVRE, et al., 1997). Em frutos climatéricos, a síntese do etileno é uma parte essencial para que o amadurecimento ocorra (THEOLOGIS, 1992). Uma vez sintetizado, a produção interna do etileno aumenta rapidamente por meio de uma regulação feedback positiva, ou seja, há uma produção autocatalítica em que o etileno promove a sua própria síntese (Yang; Hoffman, 1984). Quando o etileno se liga ao seu receptor, ocorre a transdução de uma série de sinais que desencadeiam respostas associadas ao amadurecimento. A partir de então, se iniciam as mudanças de cor, aroma, textura e sabor, características que determinam a qualidade frutos (BARRY; GIOVANNONI, 2007; LELIÈVRE et al, 1997; PRASANNA, PRABHA;.THARANATHAN, 2007) .

As mudanças que ocorrem no amadurecimento incidem diretamente na escolha dos frutos pelos consumidores, que compram frutos pela sua aparência (coloração, ausência de danos), associam a satisfação e a repetição da compra ao aroma (SCHOTSMANS; PRANGE, 2006), no qual compostos não voláteis, como açúcar e ácidos, são os responsáveis primários por essa característica e os compostos voláteis aromáticos são os secundários (WILLIAMS; ISMAIL, 1981). Os componentes aromáticos não voláteis (ácido e açúcar) da ameixa juntamente com os componentes físicos (firmeza, peso e aparência) têm sido usados com guias para estabelecer o momento ótimo de colheita e exportação (LOUW E THERON, 2012).

No entanto, o etileno continua estimulando o processo de desenvolvimento dos frutos depois de ter iniciado o amadurecimento. Em consequência, há excesso de maturação e deterioração, levando a rápida perda de qualidade dos frutos (BARRY; GIOVANNONI, 2007), o que torna o controle da produção do etileno essencial durante o manejo pós-colheita para retardar esses efeitos (KIM; HEWETT; LALLU, 1999).

Em ameixas, o amolecimento ou perda da firmeza é o evento mais afetado pelo etileno (LELIÈVRE et al., 1997), e está grandemente relacionado à deterioração do fruto. A firmeza dos frutos tem grande importância por limitar o manejo pós-colheita no transporte e a comercialização. O amolecimento é associado com as atividades das enzimas que hidrolisam a parede celular (HUBER, 1983). Tanto a poligalacturonase (PG) quanto a pectinametilesterase (PME) participam do processo (ZHOU; BEN; LURIE, 2000) e expressão de ambas as enzimas é regulada pelo etileno (BENNETT; LABAVITCH, 2008). A PG, descrita como a enzima chave do amolecimento (MITCHAM; GROSS; NG, 1991), quebra as ligações envolvidas na despolimerização e solubilização de substâncias pécticas e hemicelulósicas (MORETTI, 2007), enquanto a PME desesterifica a pectina da parede celular para possibilitar a ação de PG (BENNETT; LABAVITCH, 2008).

Diversas estratégias comerciais para produtos hortícolas são baseadas em evitar a exposição ao etileno e/ou na tentativa de minimizar a produção de etileno e sua ação durante a maturação, colheita, armazenamento, transporte e manuseio (WATKINS, 2002), de modo a retardar a maturação excessiva. No entanto, a aplicação de etileno exógeno é rotineiramente usada para iniciar a maturação uniforme dos frutos. Sua aplicação tem sido utilizada em frutos climatéricos, como a ameixa, com o intuito de acelerar, controlar e uniformizar o amadurecimento (FIORAVANÇO, PAIVA; BIZZANI, 2007; KADER, 1999; MITCHELL; KADER, 1989).

## **2.5 Refrigeração e Injúrias pelo Frio**

O armazenamento em baixas temperaturas tem sido considerado como o método mais eficiente para manter as qualidades da maioria dos produtos hortifrutícolas, devido aos seus efeitos na redução da respiração, transpiração, produção de etileno, amadurecimento, senescência e desenvolvimento de podridões (HARDENBURG; WATADA; WANG, 1986). A técnica refrigeração é baseada no princípio de que em temperaturas baixas, há redução da mobilidade molecular, e conseqüentemente as reações químicas e processos biológicos ocorrem mais lentamente (BERK, 2009). Em frutas climatéricas, como a ameixa, a redução da temperatura retarda o pico climatérico e a velocidade do amadurecimento (KADER, 1992). Porém, a manutenção dos frutos em baixa temperatura por períodos prolongados pode conduzir ao aparecimento de injúrias fisiológicas (KLUGE; CANTILLANO; BILHALVA, 1997), limitando o armazenamento de frutos de caroço.

Os sintomas de injúria por frio abrangem a perda de sabor, a descoloração, particularmente em torno do caroço e a perda da habilidade de amadurecer (LUZA et al., 1992; WANG, 1993). Além dos sintomas citados, alguns distúrbios fisiológicos tendem a aparecer durante o amadurecimento do fruto em temperatura ambiente após duas ou três semanas de armazenamento em temperatura inferior a 10°C, sendo caracterizados pela translucência da polpa e pelo escurecimento da polpa e da cavidade da semente (“internal browning” ou “internal breakdown”) (LILL; O’DONAGHUE; KING, 1989; KLUGE et al., 1995). Em ameixas, os danos de “chilling” são mais severos numa faixa de temperatura de 2 a 5°C (CRISOSTO; MITCHELL; JU, 1999; LURIE; CRISOSTO, 2005). A injúria por frio está relacionada com o comportamento climatérico de ameixas refrigeradas (CANDAN; GRAELL; LARRIGAUDIÈRE, 2008), em que o aumento da biossíntese de etileno eleva sua incidência (KHAN, AHMED; SINGH, 2011).

O escurecimento da polpa é uma injúria comum em ameixas sensíveis ao frio. (CRISOSTO; MITCHELL; JU, 1999). Segundo Lurie e Crisosto (2005), a senescência ou a degradação do tecido leva à alterações na permeabilidade da membrana e a interação entre os fenóis e a enzima polifenol oxidase, que são geralmente encontradas em compartimentos separados na célula, causa o escurecimento dos tecidos. Autores como Hodges et al. (2004) e Singh e Singh, (2012) complementam que a injúria por frio é um fenômeno oxidativo ligado à produção de espécies reativas de oxigênio, que causam peroxidação lipídica e danos na membrana.

## **2.6 O 1-MCP como inibidor da ação do etileno**

O aumento na produção de etileno no fruto climatérico é impedido ou adiado por tratamentos com 1-MCP, o que pode interferir nos processos de maturação dependentes desse hormônio para serem induzidos.

O 1-MCP é um gás capaz de ligar-se irreversivelmente aos receptores de etileno, inibindo o estímulo fisiológico, a transdução de sinais e a produção desse fitormônio (ARGENTA et al., 2000; SISLER; SEREK, 1997), retardando o amadurecimento. A produção de novos sítios de ligação é responsável pela retomada do amadurecimento dias após a aplicação do produto (BLANKENSHIP; DOLE, 2003). A concentração e o tempo de exposição dos frutos são fatores limitantes para uma boa resposta ao 1-MCP. A concentração de 1-MCP necessária

para bloquear a ação do etileno varia de acordo com a espécie e cultivar, o estágio de maturação e a temperatura (RUPASINGHE et al., 2000).

A inibição da biossíntese de etileno por 1-MCP tem sido atribuída à redução da atividade da enzima ACS e ACO, e seus respectivos genes (MATHOOKO et al., 2001).

Em ameixas, o 1-MCP reduziu a taxa de respiração e adiou o aumento do climatério (DONG; LURIE; ZHOU, 2002), mesmo quando o fruto foi colhido próximo do pico climatérico (SALVADOR; CUQUERELLA; MARTÍNEZ-JÁVEGA, 2003), proporcionando resultados desejáveis como a redução da atividade das enzimas PG e PME (KHAN; SINGH, 2007) e a redução da perda de massa durante e depois do armazenamento (MARTINEZ-ROMERO et al., 2003; VALERO et al., 2003). Özkaya e Dündar (2009) também verificaram benefícios do 1-MCP durante o armazenamento e comercialização nos parâmetros de qualidade (acidez titulável, teor de sólidos solúveis, açúcares totais e firmeza). Menniti, Donati e Gregori et al. (2006) observou a redução da perda de firmeza durante a pós-colheita, a qual é considerada fator crítico de qualidade para esse tipo de fruto.

No entanto, o uso do 1-MCP pode gerar efeitos negativos. O desenvolvimento desuniforme da coloração foi observado em banana por Jiang, Joyce e Macnish (1999) e em tomate por Moretti et al. (2002). Além disso, a aplicação de 1-MCP em mamão interferiu na redução da firmeza, resultando em frutos inaptos para o consumo (TREVISAN et al., 2013). A aplicação de 1-MCP pode reduzir as características de aroma em ameixa (ABDI et al., 1998). Esses efeitos podem impactar negativamente na aceitabilidade dos frutos pelos consumidores, já que sabor, aroma e coloração são fatores decisivos na escolha dos frutos.

## REFERÊNCIAS

- ABDI, N.; MCGLASSON, W.B.; HOLFORD, P.; WILLIAM, M.; MIZRAHI, Y. Responses of climacteric and suppressed-climacteric plums to treatment with propylene and 1-methylcyclopropene. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.14, p.34-36, 1998.
- ABELES, F.B.; MORGAN, P.W.; SALTVEIT, M.E. J. R. **Ethylene in Plant Biology**. 2. ed. San Diego: Academic Press, 1992. 414p.
- ARGENTA, L.C.; FAN X. T.; MATTHEIS, J.P. Influence of 1-methylcyclopropene on ripening, storage life, and volatile production by d'Anjou cv.pear fruit. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Washington, v.51, n.13, p.3858-3864, Jun. 2003.
- BARBOSA, W. **Gulfbreeze**: nova opção de ameixa para o Estado de São Paulo. 2006. Disponível em: <<http://www.infobibos.com/Artigos/Ameixa/Ameixa.htm>>. Acesso em: 6 Fev. 2016.
- BARRETT, M.D.; GONZALEZ, C. Activity of softening enzymes during cherry maturation. **Journal of Food Science**, Chicago, v.59, n.3, p.574–577, May. 1994.
- BARRY, C.; GIOVANNONI, J. Ethylene and fruit ripening. **Journal of Plant Growth Regulation**, New York, v.26, n.2, 143-159, Jan. 2007.
- BENNETT, A.B; LABAVITCH, J.M. Ethylene and ripening-regulated expression and function of fruit cell wall modifying proteins. **Plant Science**, Limerick, v.175, p.130-136, 2008.
- BERK, Z. **Food process engineering and technology**. San Diego: Elsevier, 2009. 622p.
- BLANKENSHIP, S.M.; DOLE, J.M. 1-Methylcyclopropene: a review. **Post harvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.28, p.1-25, 2003.
- BRADY, C.J. Stone fruit. In: SEYMOUR, G.B.; TAYLOR, J.E.; TUCKER, G.A. **Biochemistry of fruit ripening**. London: Chapman and Hall, 1993. chap. 13, p.379-404.
- CANDAN, A.P.; GRAELL, J.; LARRIGAUDIÈRE C. Roles of climacteric ethylene in the development of chilling injury in plums. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.47, n.1, p.107-112, 2008.
- CASQUERO, P.A.; GUERRA, M. Harvest Parameters to optimise storage life of european plum 'Oullins Gage'. **International Journal of Food Science and Technology**, Amsterdam, v.44, n.10, p.2049-2054, 2009.
- CASTANEDA-OVANDO, A.; PACHECO-HERNANDEZ, M.L.; PAEZ-HERNANDEZ, M.E.; RODRIGUEZ, J.A.; GALAN-VIDAL, C.A. Chemical studies of anthocyanins: A review. **Food Chemistry**, Oxford, v.113, n.4, p.859-871, 2009.

CASTRO, L.A.S. de; NAKASU, B.H.; FORTES, J.F.; CANTILLANO, R.F.F.; FREIRE, C.J. da S.; MEDEIROS, A.R.M. de; RASEIRA, A.; FINARDI, N.L.; CAMELATTO, D. **A cultura da ameixeira**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. 67p. (EMBRAPA-SPI. Coleção plantar, 9).

CASTRO, L.A.S. **Cultivo da ameixeira**. Sistema de Produção. EMBRAPA, 2005. Disponível em: <<https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Ameixa/CultivodaAmeixa/>>. Acesso em: 23 Jul. 2015.

CHAGAS, P.C. **Cultivares de ameixas de baixa exigência em frio para regiões subtropicais do Estado de São Paulo**. 2008. 90p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: UFLA, 2005. 785p.

CRISOSTO, C.H. Stone fruit maturity indices: A descriptive review. **Postharvest News and Information**, Wallingford, v.5, n.6, p.65N-68N, 1994.

CRISOSTO, C.H.; CRISOSTO, G.M.; ECHEVERRIA, G.; PUY, J. Segregation of plum and pluot cultivars according to their organoleptic characteristics. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.44, p.271–276, 2007.

CRISOSTO, C.H.; GARNER, D.; CRISOSTO, G.M.; BOWERMAN, E. Increasing ‘Blackamber’ plum (*Prunus salicina* Lindl.) consumer acceptance. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.34, p.237-244, 2004.

CRISOSTO, C.H.; KADER, A.A. **Plum and fresh prune postharvest quality maintenance guidelines**. 2000. Disponível em: <<http://www.uckacedu/postharv/PDF%20files/Guidelines/plum.pdf>>. Acesso em: 10 Dec. 2015.

CRISOSTO, C.H.; MITCHELL, F.G.; JU, Z. Susceptibility to chilling injury of peach, nectarine, and plum cultivars grown in California. **HortScience**, Alexandria, v.34, n. 6, p.1116-1118, 1999.

COSTA, S.M. **Condicionamento térmico e irradiação de ameixas ‘Gulfblaze’ frigorificadas**. 2011. 70p. Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2011.

DONG, L.; LURIE, S.; ZHOU, H.W. Effect of 1-methylcyclopropene on ripening of ‘Canino’ apricots and ‘Royal Zee’ plums. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.24, n.2, p.135 -145, 2002.

DRAKE, S.R.; PROEBSTING, E.L. JR.; SPAYD, S.E. Maturity Index for the Color Grade of Canned Dark Sweet Cherries *Prunus Avium*. **Journal American Society Horticultural Science**, Alexandria, v.107, p.180-183, 1982.



ETIENNE, A.; GENARD, M.; LOBIT, P.; MBEGUIE, A.; MBEGUIE, D.; BUGAUD, C. What controls fleshy fruit acidity? A review of malate and citrate accumulation in fruit cells. **Journal of Experimental Botany**, Lancaster, v. 64, p.1451–1469, 2013.

ERAZ, A.; FLORE, J.A. The quantitative effect of solar radiation on 'Redhaven' peach fruit skin color. **HortScience**, Alexandria, v.21, p.1424-1426, 1986.

FAO. **Statistical databases**. Disponível em:  
<<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>>. Acesso em: 04 jan. 2016.

FISCHER, R.L.; BENNETT, A.B. Role of cell wall hydrolysis in fruit ripening. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 42, p.675–703, 1991.

FIORAVANÇO, J.C.; PAIVA, M.C. BIZZANI, E. Ethephon na antecipação da colheita e qualidade da ameixa cv. Reubennel. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.8, n.2, p.193-197, 2007.

GIRARDI, C.L.; MARTINS, C.R.; PARUSSOLO, A.; TOMASI, R.J.; CORRENT, A.R.; ROMBALDI, C.V. Efeito da aplicação de 1-metilciclopropeno na conservação da qualidade de pêssegos (*Prunus persica* L.), cultivar Chipará, **Revista Brasileira Agrociência**, Maringá, v.9, n.2, p.157-161, 2003.

HARDENBURG, R.E.; WATADA, A.E.; WANG, C.Y. **The commercial storage of fruits, vegetables, and florist, and nursery stoks**. Washington: USDA, 1986. 130p. (USDA Agriculture Handbook, 66).

HODGES, D.M.; LESTER, G.E.; MUNRO, K.D.; TOIVONEN, P.M.A. Oxidative stress: Importance for postharvest quality. **HortScience**, Alexandria, v.39, p.924–929, 2004.

HORBOWICZ, M.; KOSSON, R.; GRZESIUK, A.; DĘBSKI, H. Anthocyanins of fruits and vegetables – their occurrence, analysis and role in human nutrition. **Vegetable Crops Research Bulletin**, Skierniewice, v.68, n.1, p.5-22, 2008.

HUBER, D.J. The role of cell wall hydrolyses in fruit softening. **Horticultural Reviews**, New York, v.5, p.169–219, 1983.

JIANG, Y.; JOYCE, D.C.; MACNISH, A.J. Extension of the shelf life of banana fruit by 1–methylyclopene in combination with polyethylene bags. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.16, p.187-193, 1999.

JOLY, A.B. **Botânica: introdução à taxonomia vegetal**. 11. ed. São Paulo: Nacional, 1993. 777p.

KADER, A.A. **Postharvest technology of horticultural crops**. Davis: California. Division of Agriculture and Natural Resources- University of California, 1992. 296p.

KADER, A.A.; MITCHELL, F.G. Maturity and quality. In: LARUE, J.H.; JOHNSON, R.S. (Ed.). **Peaches, Plums and Nectarines - Growing and Handling for Fresh**

**Market.** University of California, Division of Agriculture and Natural Resources, 1989. p.191-196. (Publication, 3331).

KADER, A.A. Fruit maturity ripening and quality relationships. Proceedings International Symposium on Effect of Pre and Postharvest Factors on Storage of Fruits. **Acta Horticulturae**, New York, v.485, p.203–208, 1999.

KHAN, A.S.; AHMED, M.J.; SINGH, Z. Increased ethylene biosynthesis elevates incidence of chilling injury in cold-stored 'Amber Jewel' Japanese plum (*Prunus salicina* Lindl.) during fruit ripening. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v.46, p.642-650, 2011.

KHAN, A.S., SINGH, Z. 1-MCP regulates ethylene biosynthesis and fruit softening during ripening of 'Tegan Blue' plum, **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.43, p.298–306, 2007.

KIM, H.O.; HEWETT, E.W.; LALLU, N. The role of ethylene in kiwifruit softening. **Acta Horticulturae**, New York, v.498, p.255-261, 1999.

KLUGE, R.A.; CANTILLANO, R.F.F.; BILHALVA, A.B. Colapso de polpa em ameixas 'santa rosa' armazenadas em diferentes regimes de temperatura. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.3, n.3, p.125-130, Set./Dez. 1997.

KLUGE, R.A.; HOFFMANN, A.; NACHTINGAL, J.C.; BILHALVA, A.B. Qualidade de ameixas (*Prunus salicina*, Lindl.) 'Reubennel' após armazenamento refrigerado. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.52, n.3, p.476-481, 1995.

KLUGE, R.A.; NACHTIGAL, J.C.; FACHINELLO, J.C.; BILHALVA, A.B. **Fisiologia e manejo pós-colheita de frutas de clima temperado**. 2. ed. Rural, Pelotas, 2002. 214p.

LELIÈVRE, J.M.; LATCHÉ, A.; JONES, B.; BOUZAYEN, M.; PECH, J.C. Ethylene and fruit ripening. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v.101, p.727-739, 1997.

LILL, R.E.; O'DONAGHUE, E.M.; KING, G.A. Postharvest physiology of peaches and nectarines. **Horticultural Reviews**, Leuven, v.11, p.413-452, 1989.

LOUW, E.D.; THERON, K.I. Volatile dynamics during maturation, ripening and cold storage of three Japanese plum cultivars (*Prunus salicina* Lindl.) **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.70, p.13–24, 2012.

LURIE, S.; C.H. CRISOSTO. Chilling injury in peach and nectarine. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.37, p.195–208, 2005.

LUZA, J.G.; VAN GORSEL, R.; POLITO, V.S.; KADER, A.A. Chilling injury in peaches: a cytochemical and ultrastructural cell wall study. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.117, n.1, p.114-118, 1992.

MARTINEZ-ROMERO, D.; DUPILLE, E.; GUILLEN, F.; VALVERDE, J.M.; SERRANO, M.; VALERO, D. 1-methylcyclopropene increases storability and shelf life in climacteric and nonclimacteric plums. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Washington, v.51, n.16, p.4680–4686, 2003

MATHOOKO, F.M.; TSUNASHIMA, Y.; OWINO, W.Z.O.; KUBO, Y.; INABA, A. Regulation of genes encoding ethylene biosynthetic enzymes in peach (*Prunus persica* L.) fruit by carbon dioxide and 1-methylcyclopropene. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.21, n.3, p.265–281, 2001.

MCGUIRE, R.G. Reporting of objective colour measurements. **HortScience**, Alexandria, v.27, n.12, p.1254-1255, 1992.

MENNITI, A.M.; DONATI, I.; GREGORI, R. Responses of 1-MCP application in plums stored under air and controlled atmospheres. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.39, p.243–246, 2006.

MITCHAM, E.J.; GROSS, K.C.; NG, T.J. Ripening and cell wall synthesis in normal and mutant tomato fruit. **Phytochemistry**, Kidlington, v.30, p.1777–1780, 1991.

MITCHELL, F.G.; KADER, A.A. Managing the crop during and after harvest, in: LARUE, J.H.; JOHNSON, R.S. (Ed.) **Peaches, plums, and nectarines: Growing and handling for the fresh market**. University of California, Department of Agriculture and Natural Resources Publication No. 3331. 1989. p. 157–230.

MORETTI, C.L. **Manual de processamento mínimo de frutas e hortaliças**, Brasília, DF: Embrapa Hortaliças. SEBRAE, 2007. 531p.

MORETTI, C.L.; ARAÚJO, A.L.; MAROUELLI, W.A.; SILVA, W.L.C. 1-Methylcyclopropene delays tomato fruit ripening. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n.4, p.659-663, Dez. 2002.

MÜLLER, C. **Xylella fastidiosa de ameixeira: transmissão por cigarrinhas** (Hemiptera: Cicadellidae) e colonização de pantas hospedeiras. 2013. 105p: II. Tese (Doutorado em Entomologia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.

ÖZKAYA, O.; DÜNDAR, Ö. Response of 1-methylcyclopropene (1-MCP) treatments on some quality parameters of plum during storage. **Journal of Food, Agriculture and Environment**, Helsinki, v.7, n.2, p.233-236, 2009.

PAYASI, A.; MISHRA, N.N.; CHAVES, A.L.S.; SINGH, R. Biochemistry of fruit softening: an overview. **Physiology and Molecular Biology of Plants**, Lucknow, v. 15, p.103-113, 2009.

PRASANNA, V.; PRABHA, T.N.; THARANATHAN, R.N. Fruit Ripening Phenomena – An Overview. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Philadelphia, v. 47, n.1, p.1-19, 2007.

RAMMING, D.W. Plum. In: OKIE, W.R. (Ed.). Register of new fruit and nut variet List 41. **HortScience**, Alexandria, v.37, n.2, p.264-266, 2002.

REID, M.S. Maturation and maturity indices. In: LA RUE, J.H.; JOHNSON, R.S.; (Ed.) **Peaches, Plums and Nectarines: Growing and Handling for Fresh Market**. Davis: University of California, Department of Agriculture and Natural Resources Publication No. 3331. 1992. p. 21-28.

RUPASINGHE, H.P.V; MURR, D.P; PALIYATH, G; SKOG, L. Inhibitory effect of 1-MCP on ripening and superficial scald development in 'McIntosh' and 'Delicious' apples. **Journal Horticultural Science Biotechnology**, Ashford, v.75, p.271–276, 2000.

SALTVEIT, M. Respiratory metabolism. In: GROSS, K.C.; WANG, C.Y.; SALTVEIT, M. **The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks**. Draft revised. USDA, ARS. 2004. Disponível em: <<http://www.ba.ars.usda.gov/hb66/respiratoryMetab.pdf>>. Acesso em: 04 Out. 2015. (Agricultural Handbook Number 66).

SALTVEIT, M.E. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.15. p.279–292, 1999.

SALVADOR, A.; CUQUERELLA, J.; MARTINEZ-JAVEGA, J.M. 1-MCP treatment prolongs postharvest life of 'Santa Rosa' plums. **Journal of Food Science**, Chicago, v.68, p.1504–1510, 2003.

SCHNEIDER, N.A.; AZEVEDO FILHO, W.S. **Caderno de Pesquisa**, Santa Cruz do Sul, v.26, n.2, p.25-40, 2014. (Série Biologia).

SCHOTSMANS, W.; PRANGE R. K. Controlled atmosphere storage and aroma volatile production. **Stewart Postharvest Review**. [s. l.], v.2. p. 1-8, 2006.

SEYMOUR, G.B.; TAYLOR, J.E.; TUCKER, G.A. **Biochemistry of fruit ripening**. London: Chapman and Hall, 1993. chap. 13, p.379-404.

SINGH, Z.; KHAN, A.S. Physiology of plum fruit ripening. **Stewart Postharvest Review**. [s. l.], v.6, p.1-10, 2010

SINGH, S.P.; SINGH, Z. Postharvest oxidative behaviour of 1-methylcyclopropene treated Japanese plums (*Prunus salicina* Lindl) during storage under controlled and modified atmospheres. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.74, p. 26-35, 2012.

SINGH, S.P.; SINGH, Z; SWINNY, E.E. Sugars and organic acids in Japanese plums (*Prunus salicina* Lindl) as influenced by maturation, harvest date, storage temperature and period. **International Journal of Food Science and Technology**, Amsterdam, v.44, n.10, p.1973-1982, Oct. 2009.

SISLER, E.C.; SEREK, M. Inhibitors of ethylene responses in plants at the receptor level. **Physiologia Plantarum**, Lund, v.100, p.577-582, 1997.

SKOG, L.J.; SCHAEFER, B.H.; SMITH, P.G. 1-Methylcyclopropene preserves the firmness of plums during postharvest storage and ripening. **Acta Horticulturae**, New York, v.553, p.171-172, 2001.

SILVA, P.M.; ANDRIGUETO, J.R.; OLIVEIRA, V.H.; SILVA, E.O.; MESQUITA, A. L.M.; GOMES, S.J.A. **Produção Integrada de Frutas – PIF**. Fortaleza: Instituto Frutal, 2004. 105p.

SILVEIRA, J.R.P.; SIMONETTO, P.R.; CASTRO, L.A.S. de; ROSSETO, E.A. **Escaldadura das folhas da ameixeira**. Porto Alegre: FEPAGRO, 2003. 33p. (Circular Técnica, 24).

THEOLOGIS, A. One rotten apple spoils the whole bushel: the role of ethylene in fruit ripening. **Cell**, Cambridge, v.70, p.181–184, 1992.

TREVISAN, M.J.; JACOMINO, A.P.; CUNHA JUNIOR, L.C.; ALVES, R.F. Aplicação de 1-metilciclopropeno associado ao etileno para minimizar os efeitos negativos da amadurecimento do mamão 'Golden'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.35, n.2, p.387, 2013.

USENIK, V.; ŠTAMPAR, F.; VEBERIČ, R. Anthocyanins and fruit colour in plums (*Prunus domestica* L.) during ripening. **Food Chemistry**, New York, v.114, p.529–534, 2009.

VALERO, D.; MARTINEZ-ROMERO, D.; VALVERDE, J.M.; GUILLEN, F.; SERRANO, M. Quality improvement and extension of shelf life by 1-methylcyclopropene in plum as affected by ripening stage at harvest. **Innovative Food Science Emerging Technology**, Amsterdam, v.4, n.2, p.339–348, 2003.

VALERO, D.; GUILLEN, F.; VALVERDE, J.M.; MARTINEZ-ROMERO, D.; CASTILLO, S.; SERRANO, M. 1-MCP use on *Prunus* spp. To maintain fruit quality and to extend shelf life during storage: A comparative study. **Acta Horticulturae**, New York, v.682, p.933–940, 2005.

VITTI, D.C.C.; KLUGE, R.A.; JACOMINO, A.P.; LIMA, G.P.P. Tratamento térmico para controle da lanosidade em pêssegos 'Dourado-2' refrigerados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.42, n.12, p.1705-1713, 2007.

WANG, C.Y. Approaches to reduce chilling injury of fruits and vegetables. **Horticultural Reviews**, Leuven, v.15, p.63-95, 1993.

WANG, K. L.; LI, H.; ECKER, J R. Ethylene biosynthesis and signaling networks. **Plant Cell**, Rockville, v.14, n.1, suppl., p.131–151, 2002.

WATADA, A.E.; HERNER, R.C.; KADER, A.A.; ROMANI, R.J.; STABY, G.L. Terminology for the description of developmental stages of horticultural crops. **HortScience**, Alexandria, v.19, p.20-21, 1984.

WATKINS, C.B. Ethylene synthesis, mode of action, consequences and control. In: KNEE, M. (Ed.). **Fruit Quality and Its Biological Basis**. Sheffield: Sheffield Academic Press, 2002. p. 180–224.

WILLIAMS, A.A.; ISMAIL, H.M.M. The volatile flavour components of plums and their sensory evaluation. In: SOLMS, J.; HALL, R.L. (Ed.). **Criteria of Food Acceptance**. Zurich, Swiss: Foster Verlag, 1981. p. 333–354.

YANG, S.F.; HOFFMAN, N.E. Ethylene biosynthesis and its regulation in higher plants. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v.35, p.155-189, 1984.

ZHOU, H.W.; BEN, A.R.; LURIE, S. Pectin esterase, polygalacturonase and gel formation in peach pectin fractions, **Phytochemistry**, Kidlington, v.55, p.191–195, 2000.

### 3 DETERMINAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO PONTO DE COLHEITA DA AMEIXA 'GULFBLAZE'

#### Resumo

A produção de ameixas japonesas no Brasil é baixa e o volume ofertado não atende a demanda. A utilização de cultivares adaptadas à região do cultivo pode aumentar a oferta desse fruto. A ameixa 'Gulfblaze' é uma das cultivares recomendadas para o estado de São Paulo, com elevado potencial de cultivo por possuir precocidade de maturação dos frutos, elevada produtividade e alta resistência à escaldadura das folhas, além do período de safra não coincidir com outras ameixas nacionais. No entanto, há falta de informações a respeito dessa cultura. A colheita no ponto de maturação ideal é capaz de garantir qualidade adequada ao transporte, comercialização e consumo, e também contribuir para o aumento da oferta desse fruto no mercado por estender o período de armazenamento. Deste modo, o presente trabalho teve como objetivos caracterizar os estádios de maturação e determinar o ponto de colheita ideal de ameixas 'Gulfblaze'. Para tanto, dois experimentos foram realizados em 2012 e 2013, com três estádios de maturação, utilizando-se a cor da casca do fruto como critério de seleção: estágio de maturação 1 (EM1) de 25 a 50% de cor vermelha, estágio de Maturação 2 (EM2) de 50 a 75% de cor vermelha e estágio de maturação 3 (EM3) casca totalmente vermelha. Os frutos foram armazenados em temperatura ambiente (25°C) com umidade relativa entre 60-70%. As análises foram realizadas a cada dois dias, até que os frutos apresentassem perda de turgescência. O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso, em esquema fatorial para estádios maturação e dias de avaliação, com cinco repetições por estágio de maturação e 10 frutos por repetição. As ameixas do EM1, EM2 e EM3 apresentaram longevidade comercial pós-colheita de 12, 10 e 6 dias, respectivamente. As ameixas colhidas no EM2 apresentam maturação regular, firmeza adequada ao transporte no momento da colheita e melhores resultados para os índices de qualidade, como sólidos solúveis e relação SS/AT, ao longo do período de armazenamento, demonstrando maior potencial para comercialização e consumo.

Palavras-chave: *Prunus salicina*; Ameixa japonesa; Maturação; Conservação; Qualidade

#### Abstract

Production of Japanese plums in Brazil is low and the volume offered does not meet the demand. The use of cultivars adapted to the growing region can increase the supply of this fruit. 'Gulfblaze' plum is one of the cultivars recommended for the state of São Paulo, with high potential for cultivation to possess fruit maturation precocity, high productivity and high resistance to the plum leaf scald, and present harvest period that does not coincide with other national plums. However, there is limited information about this culture. The harvest at the optimum ripening point is able to ensure appropriate quality for transportation, marketing and consumption, and also contribute to increasing the supply of this fruit in the market

due to increased storage period. Thus, this study aimed to characterize the maturation stages and determine the optimal harvest time of 'Gulfblaze' plums. To accomplish this, separate experiments were set up in 2012 and 2013, with three different maturity stages, using the color of the fruit peel characteristic of the cultivar as selection criteria: maturity Stage 1 (EM1) 25-50% red color; maturation stage 2 (EM2) 50-75% red color; maturation Stage 3 (EM3) fully red skin. The fruits were stored at room temperature (25°C) with relative humidity between 60-70%. Analyses were performed every other day until the fruits presented loss of turgor. The experimental design was completely randomized in a factorial design for stadiums maturation and day evaluation, with five repetitions per maturity stage and 10 fruits per repetition. The plums EM1, EM2 and EM3 presented commercial longevity postharvest 12, 10 and 6 days, respectively. Plums harvested in EM2 showed regular ripening, adequate firmness for transport at the harvest time and better results for quality indicators, such as soluble solids and "ratio", demonstrating best potential for commercialization.

Keywords: *Prunus salicina*; Japanese plum; Ripening; Conservation; Fruit quality

### 3.1 Introdução

A espécie *Prunus salicina* Lindl., conhecida como ameixa japonesa, é a mais cultivada no Brasil por possuir híbridos adaptados às condições climáticas encontrados no país (CASTRO, 1994), sendo produzida, principalmente no Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo e Minas Gerais (EIDAM; PAVANELLO; AYUB, 2012). No entanto, a produção obtida por esses Estados não é suficiente para atender a demanda interna. O estado de São Paulo, por exemplo, produziu apenas 13 mil toneladas em 2015, de acordo com Angelo<sup>2</sup> (informação pessoal).

A utilização de cultivares mais adaptadas à região produtiva e que apresentem maior resistência a doenças pode aumentar a oferta da ameixa. Dentre as cultivares recomendadas ao cultivo no estado de São Paulo, a ameixa 'Gulfblaze' merece ser destacada. Além de apresentar produção em períodos de baixa oferta de ameixas nacionais e importadas, possui baixa exigência em frio, tem alta produtividade, e é altamente resistente à escaldadura das folhas (*Xyllela fastidiosa*), doença que tem sido um entrave à produção de ameixas no Brasil (CHAGAS, 2008; RAMMING, 2002; SCHNEIDER; AZEVEDO FILHO, 2014; SILVEIRA et al., 2003).

---

<sup>2</sup> ANGELO, J. A. Diretor do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Informações Estatísticas dos Agronegócios de São Paulo. Mensagem recebida por <cleupessoa@yahoo.com.br> em 22 jan. 2016.



Mesmo possuindo elevado potencial de cultivo, há escassez de informações sobre essa cultivar.

Outro fator que pode contribuir para o aumento da oferta desse fruto é a realização da colheita no estágio de maturação adequado, que muitas vezes não ocorre por falta de conhecimento do ponto de colheita indicado para a cultivar plantada. Além de garantir maior qualidade ao consumidor, esse conhecimento pode resultar na maior resistência aos danos durante o transporte ou no período de comercialização, permitindo um período de conservação mais amplo (CASTRO; CAMPOS, 2003). A maturidade do fruto determina a vida de armazenamento e a sua qualidade final. Frutos imaturos estão mais sujeitos ao murchamento e à injúria mecânica, e são de qualidade inferior quando maduros. Frutos muito maduros se tornam demasiadamente macios e sem sabor logo após a colheita. Um fruto colhido precocemente ou muito tarde é mais susceptível às desordens fisiológicas e tem vida de armazenamento mais curta do que frutos colhidos na maturidade apropriada (KADER, 1999).

O percentual da casca apresentando a cor característica da cultivar quando madura tem sido utilizado como parâmetro para seleção do ponto de colheita de ameixas e varia de acordo com a cultivar. Ameixas 'Reubennel' e 'Amarelinha' colhidas com 25 a 50% da coloração vermelha apresentam melhor conservação durante o armazenamento refrigerado (KLUGE; BILHALVA; CANTILLANO, 1996; MALGARIM et al., 2005). No entanto, Stanger et al. (2012) verificaram que ameixas 'Camila' não amadurecem satisfatoriamente quando são colhidas com menos de 50% da casca com coloração vermelha, e que ameixas 'Laetitia' não devem ser colhidas com menos 25% da casca vermelha para evitar escurecimento da polpa.

Pelo exposto, o presente trabalho teve como objetivos caracterizar o ponto de maturação e determinar o ponto de colheita ideal de ameixas 'Gulfblaze' visando o aumento do período de comercialização e a garantia da qualidade pós-colheita.

### **3.2 Material e Métodos**

Os frutos de ameixeiras 'Gulfblaze' foram adquiridos de produtor comercial, localizado no Distrito de Holambra II, município de Paranapanema-SP. Foram realizadas duas colheitas, em outubro de 2012 e outubro de 2013 pela manhã, na segunda semana após o início da maturação, colhendo-se os frutos com diâmetro entre 4,5 a 5 cm. Em seguida, foram transportados ao Laboratório de Fisiologia e

Bioquímica Pós-Colheita, ESALQ, Piracicaba – SP, onde ocorreu a seleção de frutos, descartando os que apresentassem alguma injúria.

### 3.2.1 Tratamentos

Três estádios de maturação de ameixas compuseram os tratamentos (Figura 1), adotando o critério de cor da epiderme característica da cultivar:

- Estádio de maturação 1 (EM1): casca predominantemente verde-amarelada, com presença de coloração vermelha de 25 a 50%;
- Estádio de maturação 2 (EM2): casca vermelho-amarelada, com presença de coloração vermelha de 50 a 75%;
- Estádio de maturação 3 (EM3): casca vermelha.



Figura 1 - Estádios de maturação de frutos de ameixeiras 'Gulfblaze' baseados na coloração definitiva da casca, (A) EM1: de 25 a 50% de coloração vermelha; (B) EM2: de 50 a 75% de coloração vermelha, (C) coloração vermelha

O armazenamento ocorreu em temperatura ambiente (25°C) com umidade relativa de 60-70%, simulando condições de comercialização. As análises foram realizadas no dia zero para caracterização inicial e a cada dois dias, até o final da longevidade, caracterizada por sinais de enrugamento da casca.

### 3.2.2 Análises da atividade respiratória e produção de etileno

Quatro frutos foram acondicionados em recipientes de vidro com capacidade de 600 mL, sob as mesmas condições de armazenamento do experimento e permanecendo hermeticamente fechados durante 2 horas para determinação de etileno (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>) e 1 hora para determinação da atividade respiratória (CO<sub>2</sub>). Com o auxílio de uma seringa, uma alíquota de 0,5 mL de gás foi retirada do interior do recipiente através de um septo de silicone localizado na tampa. A alíquota foi injetada em cromatógrafo a gás, marca Thermo Finnigan, modelo Trace GC 2000,

detector de ionização de chama (FID), injetor regulado para 100°C, coluna Porapak N (1,8 m para etileno e 4 m para atividade respiratória) reguladas para 100°C e metanador regulado para 350°C. Os resultados foram expressos em  $\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$  e em  $\text{mL CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ .

### 3.2.3 Análises físico-químicas

#### a) Firmeza da polpa

Efetuarão-se duas leituras por fruto, na região equatorial, após pequena e superficial remoção da casca. Foi utilizado penetrômetro digital com ponteira plana de 8 mm de diâmetro. Os resultados foram expressos em Newtons (N).

#### b) Teor de sólidos solúveis (SS)

Foi determinado por meio de refratômetro digital (Atago, modelo Palette PR<sup>101</sup>), com correção automática de temperatura para 20°C, utilizando suco obtido pela trituração dos frutos em mini processador de alimentos. Os resultados foram expressos em °Brix (AOAC, 2010).

#### c) Acidez Titulável (AT)

Após a leitura do pH, houve titulação potenciométrica da amostra com hidróxido de sódio 0,1N até pH 8,1. Resultados foram expressos em % de ácido málico (AOAC, 2010).

#### d) Relação sólidos solúveis/acidez titulável (SS/AT)

Foi calculado através da relação entre o teor de sólidos solúveis e a acidez titulável.

#### e) Perda de massa (PM)

Determinada pela diferença entre a massa inicial e a massa final dos frutos em cada avaliação, calculada por meio da equação:

$$\text{PM}(\%) = (\text{MD0}(\text{g}) - \text{MDA}(\text{g})) \times 100 / \text{MD0}$$

em que MD0 é a massa dos frutos no dia 0 em gramas; MDA é a massa dos frutos em gramas no dia da avaliação. O resultado foi expresso em percentual (%) da massa inicial do fruto.

#### **f) Solubilização da pectina**

A extração de pectina total e solúvel foi realizada segundo a metodologia descrita por McCready & McComb (1952), com algumas adaptações:

- Pectina total: 5 g de frutos, congelados e triturados em moinho analítico, foram homogeneizados com 25 mL de etanol 95% e mantidos a 5°C durante 30 minutos. Em seguida, o material foi filtrado em papel filtro quantitativo, sendo a parte líquida descartada e a amostra retida no filtro lavada duas vezes com 10 mL de etanol 75%. Após a dupla lavagem, a amostra foi transferida para um erlenmeyer e homogeneizada em 50 mL de solução de EDTA tetrassódico 0,05% com posterior adição de NaOH 1 N para correção de pH, ajustado para 11,5. O material foi mantido a 5°C por 30 minutos e em seguida teve seu pH ajustado para 5,5 com a adição de ácido acético glacial. Após acidificação, o material recebeu 100 mg de pectinase e foi levado a mesa de agitação por 60 minutos. Ocorreu uma nova filtração em papel filtro quantitativo e o filtrado foi recolhido em balão volumétrico, no qual foi adicionado água destilada até completar o volume de 100 mL. A solução obtida foi utilizada para determinação colorimétrica do teor de pectina total através da metodologia adaptada de Bitter & Muir (1962), com os dados expressos em mg de ácido gálico 100 g<sup>-1</sup>.

- Pectina solúvel: 5 g de frutos, congelados e triturados em moinho analítico, foram homogeneizados com 20 mL de etanol 95% e levados à mesa de agitação por 60 minutos. Posteriormente, o material foi filtrado em papel filtro quantitativo, sendo a parte líquida descartada e a amostra retida no filtro lavada duas vezes com 20 mL de etanol 75%. Após a dupla lavagem, a amostra foi transferida para um erlenmeyer, homogeneizada em 20 mL de solução de EDTA tetrassódico 0,05% e submetida novamente a agitação por 60 minutos. Ocorreu uma nova filtração em papel filtro quantitativo e o filtrado foi recolhido em balão volumétrico, no qual foi adicionado água destilada até completar o volume de 100mL. A solução obtida foi utilizada para determinação colorimétrica do teor de pectina solúvel através da metodologia adaptada de Bitter & Muir (1962), com os dados expressos em mg de ácido gálico 100 g<sup>-1</sup>.

A solubilização da pectina foi determinada por meio da relação pectina total/pectina solúvel, com o resultado expresso em percentual.

### **g) Coloração da casca e da polpa**

Foi analisada com auxílio de um colorímetro, marca Minolta Chroma Meter CR-300, com iluminante D65, no sistema CIELAB. Foram determinados os valores de ângulo de cor ( $^{\circ}h$ ), cromaticidade ( $C^*$ ) e luminosidade ( $L^*$ ) (MCGUIRE, 1992). Para mensurar a coloração da casca foram realizadas duas leituras por fruto, em lados opostos na região equatorial. Para a coloração da polpa, os frutos foram cortados longitudinalmente e duas leituras foram realizadas em pontos equidistantes de uma das metades do fruto.

### **3.2.4 Delineamento experimental e análise dos dados**

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 3 x 7 (Estádio de maturação X Dias de análise). Foram utilizados cinco repetições com 10 frutos cada, para todos os tratamentos.

A média dos dados obtidos em 2012 e 2013 foram submetidas à análise de variância pelo teste F e comparação de médias pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ) pelo software estatístico SAS versão 9.2 (SAS Institute, Cary, NC, USA).

### **3.3 Resultados e Discussão**

A longevidade dos frutos variou de acordo com o estágio de maturação, com 12, 10 e 6 dias de armazenamento para o EM1, EM2 e EM3, respectivamente.

Na maioria das análises realizadas houve interação significativa entre os pontos de colheita e os dias de armazenamento. A exceção foi vista no teor de sólidos solúveis, que apresentou diferença significativa de maneira independente entre os estádios de maturação e dias de análise (Tabela 1).

As tabelas contendo o teste de Tukey e o desdobramento das interações entre as variáveis e dias de armazenamento, quando presentes, se encontram no Anexo A.

Tabela 1 - Resumo da análise de variância por meio do teste F para as análises realizadas em ameixas cv. Gulfbreeze em três estádios de maturação e armazenadas a 25°C e 60-70% UR – Piracicaba – 2016

Variáveis	Causas da variação			Média geral	C.V. (%)
	EM	D	EM X D		
	----- Valor de F -----				
Produção de etileno	29,80**	79,01**	37,78**	4,24	31,03
Atividade respiratória	87,63**	75,70**	48,18**	28,40	17,99
Sólidos solúveis	87,46**	15,45**	1,68 <sup>N.S.</sup>	8,91	4,13
Acidez titulável	100,19**	11,59**	16,92**	2,14	4,30
SS/AT	116,66**	12,92**	3,02**	3,51	4,29
Perda de massa	915,50**	4427,69**	10,57**	4,45	4,11
Solubilização da pectina	61,71**	5,57**	4,52**	17,88	21,59
Firmeza da polpa	703,14**	136,00**	117,49**	11,40	16,00
L* - Casca	1280,25**	433,74**	484,99**	31,23	2,89
h° - casca	799,31**	328,84**	423,340**	35,90	6,81
C* - casca	752,07**	86,66**	180,39**	21,54	6,39
L* - polpa	6,86*	103,23**	21,37**	49,51	2,54
h° - polpa	247,79**	37,70**	33,199**	92,48	1,58
C* - polpa	59,57**	1,79**	7,58**	32,21	5,06

<sup>N.S.</sup>: não significativo ao nível de 5% de probabilidade. \*: significativo ao nível de 5% de probabilidade. \*\*: significativo ao nível de 1% de probabilidade. Os dados da variável produção de etileno sofreram transformação do tipo  $y = (x + 1)^{0,5}$ . Produção de etileno:  $\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ; atividade respiratória:  $\text{mL CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ; Sólidos solúveis: °Brix; Acidez Titulável: % de ácido málico; Perda de massa: % de perda; Solubilização da pectina: %; F: Newtons.

### Produção de etileno

Cada estágio de maturação exibiu um perfil distinto de produção de etileno ao longo do armazenamento. Nos frutos colhidos no EM1, a produção foi crescente, com a maior concentração observada no último dia da análise. Já os frutos do EM2

apresentaram pico de produção de etileno no quarto e sexto dia pós-colheita. E nos frutos do EM3 a produção foi intensificada do segundo ao quarto dia, sem haver alteração na última avaliação. Esses frutos apresentaram os maiores valores para a produção de etileno em todas as avaliações, embora os frutos colhidos no EM2 tenham alcançado produção semelhante no quarto e sexto dia (Figura 2).

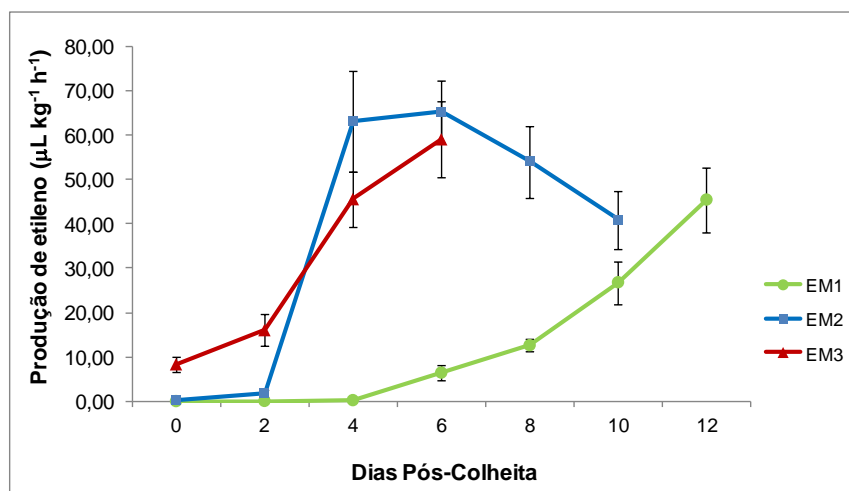


Figura 2 - Produção de etileno ( $\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) em ameixas cv. Gulfblaze colhidas em três estágios de maturação e armazenadas a  $25^\circ\text{C}$  e 60-70% UR. Barras verticais representam o erro padrão da média ( $n=5$ )

A produção de etileno observado ao longo do armazenamento nos frutos colhidos no EM2 formou o perfil típico dos frutos climatéricos, incluindo as fases do pré-climatérico, aumento climatérico, pico climatérico e pós climatérico. Não foi possível detectar o pico de produção nos demais pontos de colheita até o início do murchamento. Os valores observados nesse trabalho estão semelhantes aos divulgados por Crisosto e Kader (2000) em ameixas armazenadas a  $20^\circ\text{C}$ .

É provável que proteínas associadas à produção de etileno nos frutos do EM1 tenham se desenvolvido durante o armazenamento, indicando que a colheita pode ter sido realizada antes do estágio de maturidade fisiológica. Segundo Watada et al. (1984), a maturidade fisiológica é o estágio no qual os frutos continuam seu desenvolvimento mesmo depois de destacados da planta. Nesses frutos foi verificado desenvolvimento irregular, já que não houve o período climatérico comum desse tipo de fruto antes de entrarem em senescência.

Alguns autores (GIOVANNONI, 2001; LELIEVRE et al., 1997; WATADA et al., 1984) descreveram que durante o amadurecimento dos frutos há aumento da produção de etileno e respiração. Assim sendo, pode-se supor que a colheita dos

frutos do EM3 pode ter sido feita em um estágio mais avançado do desenvolvimento e amadurecimento, visto que já havia considerada quantidade de etileno no momento da colheita.

### Atividade respiratória

Foi verificado incremento da atividade respiratória em todos os estádios de maturação ao longo do armazenamento. Os frutos colhidos no EM2 apresentaram maiores valores no sexto dia pós-colheita. Os frutos do EM1 e EM3 apresentaram maior produção de CO<sub>2</sub> no penúltimo e último dia de análise, respectivamente. Porém os frutos do EM3 exibiram atividade respiratória em torno de 3,5 vezes maior que aqueles colhidos no EM1 (Figura 3).

O EM3 apresentou atividade respiratória superior ao EM1 em todos os dias de análise. Já a atividade respiratória dos frutos colhidos no EM2 e o EM1 se diferiram estatisticamente apenas a partir do quarto dia após colheita.

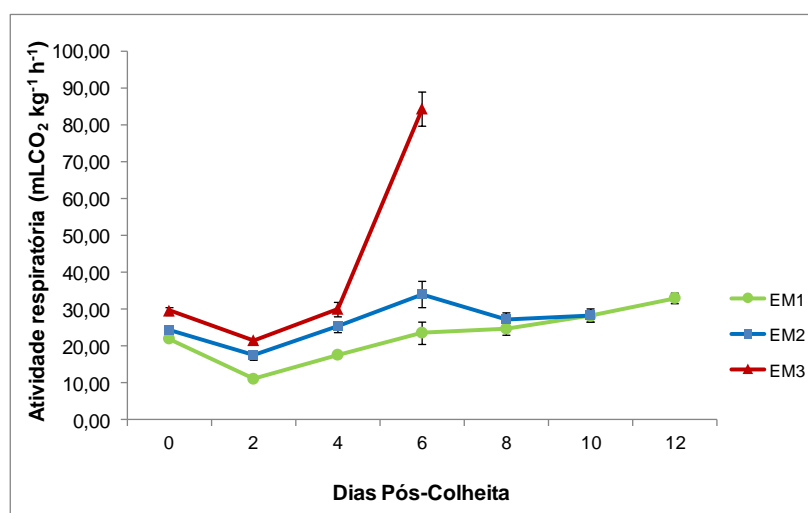


Figura 3 - Atividade respiratória (mL CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>) de ameixas 'Gulfblaze' colhidas em três estádios de maturação e armazenadas a 25°C. Barras verticais representam o erro padrão da média (n=5)

Houve aumento na atividade respiratória nos frutos de todos os estádios de maturação, reforçando a característica climatérica da cultivar. Esses resultados estão de acordo com Costa (2011), que também verificou pico respiratório em ameixa 'Gulfblaze'.

O dia de maior atividade respiratória nos frutos do EM1 coincidiu com o dia de maior produção de etileno. Entretanto, a maior produção de etileno nos demais estádios de maturação precedeu em dois dias o aumento respiratório. Esses resultados sugerem o efeito do etileno sobre o processo respiratório, já que o



aumento da respiração é necessário para suprir a demanda energética exigida pelo aumento da produção e ação de etileno (BARRY; GIOVANNONI, 2007).

De acordo com Saltveit (2004), quanto maior a atividade respiratória, menor a longevidade pós-colheita dos frutos. Essa lógica se encaixa nos resultados encontrados nesse trabalho, em que os frutos colhidos no EM3 apresentaram maior atividade respiratória e vida pós-colheita mais curta.

### Teor de Sólidos Solúveis

O maior teor de sólidos solúveis foi observado nos frutos do EM2, enquanto que os frutos colhidos no EM1 e EM3 não apresentaram diferença estatística entre si (Figura 4). Além disso, o teor de sólidos solúveis aumentou ao longo do período avaliado.

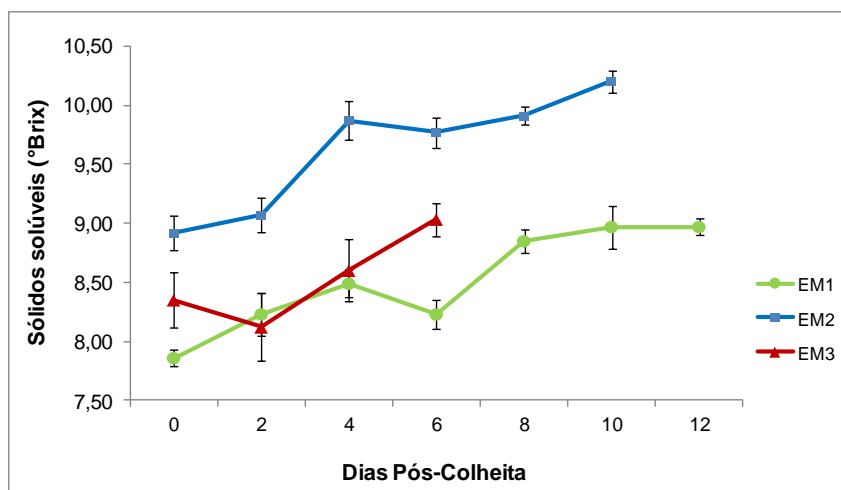


Figura 4 - Teor de sólidos solúveis ameixas 'Gulfblaze' colhidas em três estádios de maturação e armazenadas a 25°C. Barras verticais representam o erro padrão da média (n=5)

O aumento do teor de sólidos solúveis, independente do estágio de maturação, está de acordo com Chitarra e Chitarra (2005), os quais citam que o teor de sólidos solúveis geralmente aumenta com o transcorrer do processo de amadurecimento do fruto, seja por biossíntese, pela degradação de polissacarídeos, ou pela perda de água dos frutos, resultando em maior concentração dos mesmos.

Resultados semelhantes foram verificados por Malgarim et al. (2007) em ameixa 'Reubennel', os quais verificaram aumento no teor de sólidos solúveis ao longo do armazenamento, sem observarem, no entanto, interação entre o tempo de armazenamento e os estádios de maturação.

Os resultados obtidos nesse trabalho para o maior teor de sólidos solúveis no EM2 não estão de acordo com Kluge et al. (1999), os quais citaram maior teor de sólidos solúveis em frutos de ameixeira ‘Amarelinha’ mais maduros que em frutos semi-maduros, e com Malgarim et al. (2007), os quais verificaram que quanto mais maduras, maior o teor de sólidos solúveis ameixas ‘Reubennel’.

Saltveit (2004) menciona o uso de açúcares como substrato respiratório. Como a atividade respiratória dos frutos colhidos no EM3 foi maior que os demais, é justificável o menor teor de sólidos solúveis nesses frutos, visto que os açúcares são os principais constituintes dos sólidos solúveis em frutos (BRADY, 1993).

### Acidez Titulável

Foi verificado maior percentual de ácido málico nos frutos do EM1, não diferindo, todavia, dos frutos colhidos no EM2 no dia da colheita, aos dois e seis dias pós-colheita. O EM1 exibiu aumento na acidez titulável até o quarto dia após a colheita, com notada redução a partir do décimo dia de armazenamento. O percentual de ácido málico do EM2 foi constante até o sexto dia pós-colheita, seguido de decréscimo a partir do oitavo dia. A acidez titulável dos frutos colhidos no EM3 foi menor que os demais tratamentos em todos os dias avaliados, e não apresentaram variações ao longo do armazenamento (Figura 5).

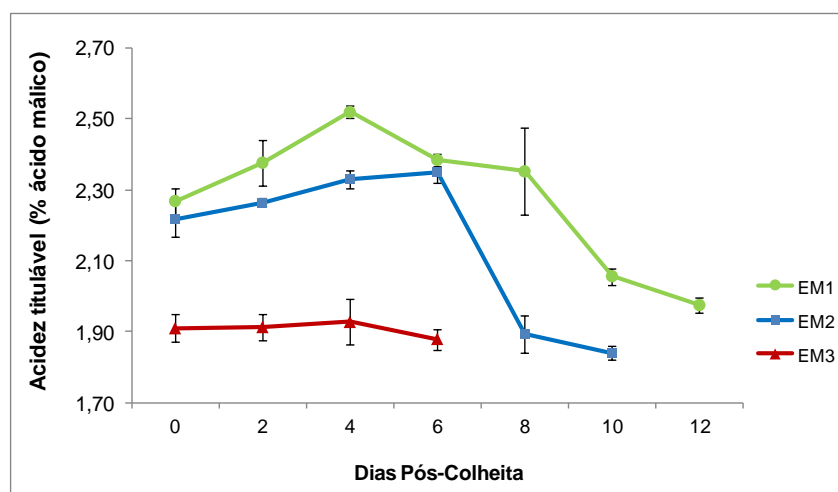


Figura 5 - Acidez titulável de ameixas ‘Gulfblaze’ colhidas em três estádios de maturação e armazenadas a 25°C. Barras verticais representam o erro padrão da média (n=5)

A acidez titulável mede a acidez do fruto, que se dá pela presença dos ácidos orgânicos e varia de acordo com o estágio de maturação (ETIENNE et al, 2013; SINGH; KHAN, 2010; SEYMOUR; TAYLOR; TUCKEY, 1993).

A menor acidez titulável observada nos frutos do EM3 pode ser em decorrência à sua maior atividade respiratória, já que esse processo se utiliza de ácidos orgânicos como substratos para produção de energia (SALTVEIT, 2004). Além disso, o fato da acidez desses frutos permanecer inalterada durante o período de armazenamento pode sugerir que foram colhidos num estágio próximo à completa maturação.

O aumento da acidez titulável nos frutos colhidos no EM1 pode indicar que esses frutos foram colhidos precocemente. Segundo Bae et al. (2014), há aumento dos ácidos orgânicos durante o crescimento dos frutos, que reduzem até o completo amadurecimento. Pode-se pressupor que os frutos finalizaram sua fase de crescimento em torno de quatro dias após a colheita e, a partir de então, iniciado o processo de maturação.

A redução da acidez titulável verificada aos oito dias após a colheita nos frutos do EM2 sucedeu ao climatérico respiratório, sugerindo o consumo dos ácidos orgânicos como substratos na respiração.

Os resultados desse trabalho estão de acordo com Stanger et al. (2014), com ameixas 'Laetitia', Malgarim et al. (2007), com ameixas 'Reubenel' e Malgarim et al. (2005) com ameixas 'Amarelinha", que verificaram menor acidez em frutos mais maduros.

### **Relação sólidos solúveis/acidez titulável (SS/AT)**

Os frutos colhidos no EM3 apresentaram maior relação sólidos solúveis/acidez titulável, exibindo diferença estatística significativa dos demais tratamentos na maioria dos dias avaliados, exceto no sexto dia, em que o valor da relação SS/AT foi semelhante ao observado no EM2. Os frutos colhidos no EM1 apresentaram relação SS/AT inferior aos demais tratamentos em todos os dias avaliados (Figura 6).

Houve incremento na relação SS/AT ao longo do armazenamento para todos os tratamentos. No entanto, os frutos colhidos no EM2 atingiram os valores mais elevados para essa variável.

Embora tenham exibido aumento na relação sólidos solúveis/acidez titulável até o oitavo dia, os frutos colhidos no EM1 não alcançaram os valores máximos observados nos demais tratamentos.

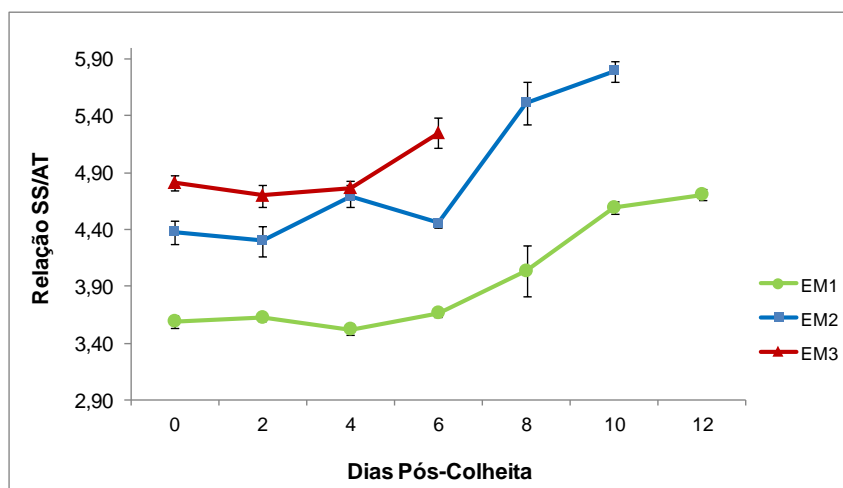


Figura 6 - Relação SS/AT em ameixas 'Gulfblaze' colhidas em três estádios de maturação e armazenadas a 25°C e 60-70%. Barras verticais representam o erro padrão da média (n=5)

Segundo Crisosto (1994), a razão entre sólidos solúveis/acidez titulável está mais relacionada à qualidade do que esses parâmetros considerados individualmente. Porém, a partir dos resultados desse estudo, sugere-se que a SS/AT não seja utilizada sozinha como parâmetro de qualidade por não atender a expectativa quanto ao sabor se analisado individualmente. Para explicitar essa suposição, pode-se atentar ao fato de que os frutos colhidos no EM2 e EM3 não diferenciaram entre si quanto a SS/AT, no entanto os frutos do EM3 foram menos ácidos e os frutos do EM2 mais doces.

Em um trabalho com ameixa 'Blackamber' (CRISOSTO et al., 2004) foi encontrado que consumidores têm baixa aceitação por frutos com baixo teor de sólidos solúveis e baixa acidez titulável. Porém, a aceitação foi maior em frutos com teor de sólidos solúveis mais alto, mesmo com acidez elevada. Aplicando esses resultados para ameixas 'Gulfblaze', é provável que os frutos colhidos no EM2 apresentem maior aceitação, considerando que apresentam maior teor de sólidos solúveis ao longo do armazenamento.

### Perda de massa

Observando a Figura 7 é possível verificar uma relação entre a perda de massa e o estádio de maturação dos frutos, na qual quanto mais maduro, maior foi a perda.

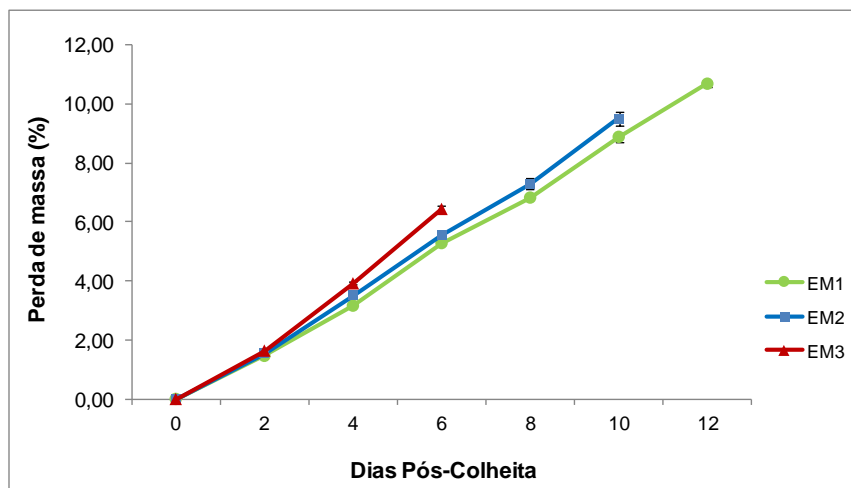


Figura 7 - Perda de massa fresca (%) em ameixas 'Gulfblaze' colhidas em três estádios de maturação e armazenadas a 25°C e 60-70% UR. Barras verticais representam o erro padrão da média (n=5)

Um aumento linear na perda de massa foi observado em todos os estádios de maturação avaliados. Além disso, foi visto que quanto mais avançado o estágio de maturação, maior o percentual de perda. Alguns autores (BECKER; FRICKE, 1996; MISHRA; GAMAGE, 2007) comentaram em seus trabalhos que a perda de massa dos frutos está relacionada com a perda de água por transpiração, e é proporcional a atividade respiratória. Diante disso, é possível estabelecer uma relação proporcional entre a perda de massa e a atividade respiratória em ameixas 'Gulfblaze', já que os valores desses parâmetros foram maiores nos frutos de maturação mais avançada.

O murchamento é o reflexo da perda de água dos frutos e, por conseguinte, da perda de massa também (BANKS et al., 2000). Esse fator foi adotado para indicar o final da longevidade por interferir decisivamente na escolha pelo consumidor, que julga a qualidade dos frutos com base na aparência (KADER, 1999). Os sinais de murchamento foram verificados após 12, 10 e 6 dias de armazenamento nos frutos do EM1, EM2 e EM3, respectivamente, quando eles apresentaram mais que 10,68, 9,50 e 6,44% de perda de massa. Esses resultados sugerem a influência do ponto de colheita na perda de massa.

Os resultados desse trabalho são diferentes dos observados por Kluge et al. (1996) em ameixas 'Reubennel', nas quais a perda de massa foi maior nos frutos com menor maturação. Outros autores (KLUGE et al., 1999) também verificaram resultados diferentes dos encontrados nesse estudo em ameixas 'Amarelinha',

quando os frutos semi-maduros perderam menor massa que os frutos colhidos mais verdes ou mais maduros. Esses resultados dão suporte à necessidade de estudos individuais para cada cultivar, já que há diferença na perda de massa e de umidade entre as cultivares (THERON, 2015).

### Firmeza da polpa

A firmeza dos frutos variou de acordo com o estágio de maturação, os quais foram estatisticamente distintos em todas as avaliações (Figura 8). Quanto mais avançado o estágio de maturação, menores os valores obtidos. Foi observada também a redução da firmeza no decorrer dos dias de armazenamento.

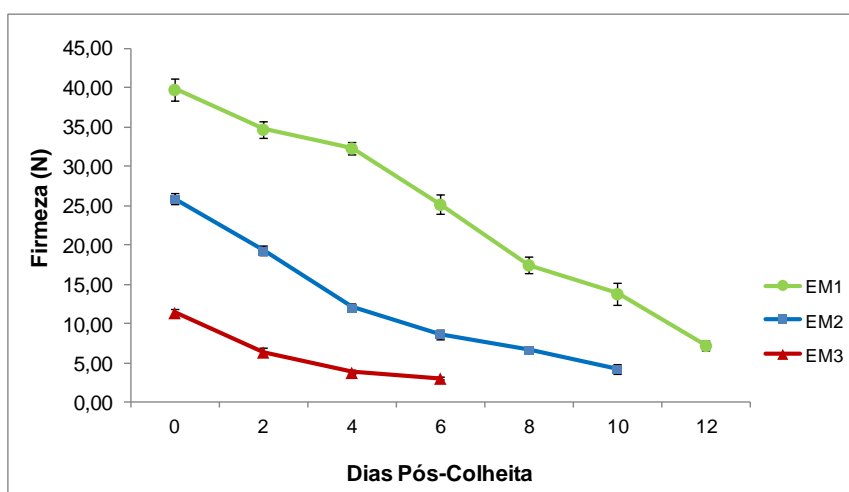


Figura 8 - Firmeza da polpa em ameixas cv. Gulfbreeze colhidas em três estágios de maturação e armazenadas a 25°C e 60-70% UR. Barras verticais representam o erro padrão da média (n=5)

A firmeza dos frutos é, muitas vezes, o primeiro de muitos atributos de qualidade que interferem na escolha pelo consumidor, e é um importante fator limitante na longevidade da ameixa (BAL, 2013). A perda da firmeza pode ser atribuída a dois processos que ocorrem ao longo do amadurecimento dos frutos: a perda de água, que diminui a pressão de turgescência nos tecidos, e à ação de enzimas de degradação das pectinas na parede celular (BARRETT; GONZALEZ, 1994; MALGARIM et al., 2007).

Donoso e Galdames (1973) indicam que o valor mínimo de firmeza para a manipulação e comercialização de ameixas é em torno de 8 N. Assim sendo, as ameixas colhidas no EM1 e EM2 podem ser comercializadas até o décimo e o sexto

dia após a colheita. Quanto ao ponto ideal para consumo, Crisosto et al. (2013) sugerem que ameixas com 9 a 13,5 N de firmeza da polpa são considerados prontas para o consumo. Segundo essa recomendação, as ameixas colhidas no EM1 e EM2 são aptas para consumo a partir do décimo e do quarto dia após colheita, respectivamente. As ameixas colhidas no EM3 já foram consideradas prontas para o consumo no dia da colheita. Robertson, Meredith e Forbus (1993) sugerem maiores cuidados na manipulação pós-colheita de frutos colhidos prontos para consumo já que, devido a menor firmeza, são facilmente danificados.

Os resultados desse estudo corroboram com Malgarim et al. (2007), Kluge et al. (1999) e Kluge et al. (1996), que verificaram redução na firmeza em ameixa 'Reubennel' durante o armazenamento, além da menor firmeza em frutos mais maduros em comparação aos com menor estado de maturação.

### Solubilização de pectina

A solubilização da pectina aumentou ao longo do período avaliado para o EM1 e EM3, com os maiores valores exibidos pelos frutos colhidos no EM3 em todas as avaliações. Não houve diferença entre o EM1 e EM2 até o oitavo dia após a colheita (Figura 9). Observa-se também que os frutos colhidos no EM1 e EM2 não alcançaram o valor máximo de solubilização verificado no EM3.

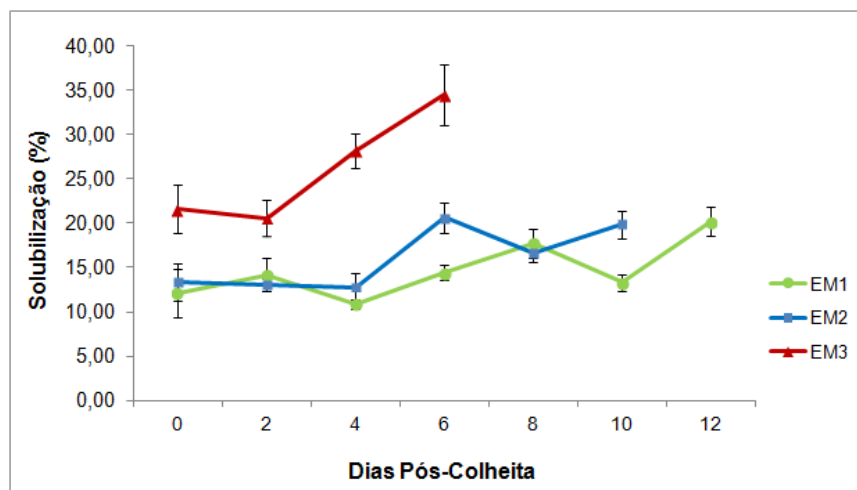


Figura 9 – Solubilização da pectina em ameixas cv. Gulfblaze colhidas em três estádios de maturação e armazenadas a 25°C e 60-70% UR. Barras verticais representam o erro padrão da média (n=5)

A maior solubilização dos frutos colhidos no EM3 condiz com o estágio mais avançado de maturação desses frutos. Taylor et al. (1995) verificaram que o teor de pectina total aumenta durante o desenvolvimento dos frutos e reduz no decorrer do

amadurecimento, acompanhado pelo aumento da pectina solúvel. A redução da pectina total e aumento da pectina solúvel se traduz na maior solubilização de pectinas.

O aumento da solubilização dos frutos colhidos no EM3 ao longo do armazenamento pode ser diretamente correlacionado com a perda de firmeza. A solubilização e despolimerização dos constituintes dos tecidos da polpa, pectina, hemicelulose, celulose e amido, por meio das enzimas de parede, pectinametilesterase, poligalacturonase, celulase e outras hidrolases, acarretam na perda de coesão do tecido e afrouxamento da estrutura celular, levando ao amolecimento dos frutos (FISCHER; BANNETT, 1991; CHITARRA; CHITARRA, 2005; KHAN; SINGH, 2007).

Os resultados para a solubilização dos frutos colhidos no EM1 e EM2, observados ao longo do tempo de armazenamento sugerem manutenção na proporção entre o teor de pectina total e pectina solúvel, com possível aumento simultâneo dos dois parâmetros, o que indica estágio menos avançado do amadurecimento. Como a firmeza desses frutos também reduziu de maneira semelhante a observada nos frutos colhidos no EM3, é possível que a redução na pressão de turgor tenha contribuído mais intensivamente para o amolecimento desses frutos.

### **Coloração da casca**

O desenvolvimento da coloração da casca da ameixa 'Gulfblaze' nos três estádios de maturação se encontra no Anexo B, figura 1.

Houve diferença estatística significativa entre os estádios de maturação para luminosidade da casca em todos os dias de análise. A maior luminosidade foi observada nos frutos colhidos no EM1, seguido pelo EM2, e com valores inferiores para os frutos colhidos no EM3. Verificou-se também redução da luminosidade ao longo dos dias de armazenamento (Figura 10).



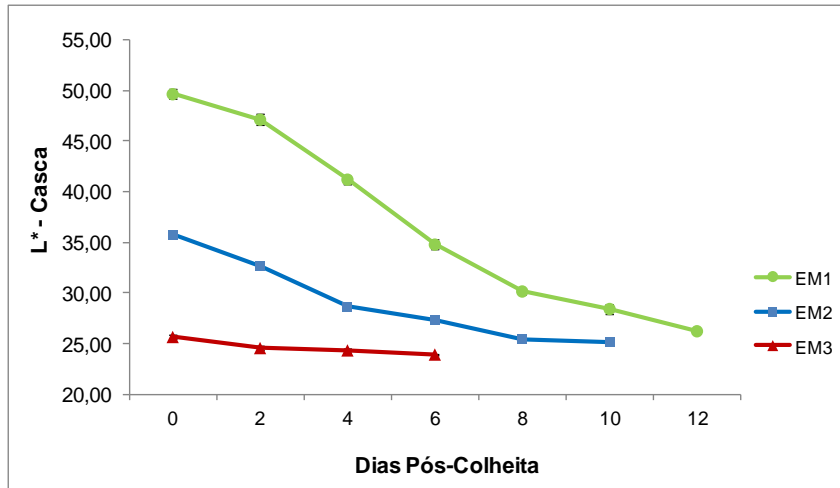


Figura 10 - Luminosidade da casca de ameixas cv. Gulfbreeze colhidas em três estágios de maturação e armazenadas a 25°C e 60-70% UR. Barras verticais representam o erro padrão da média (n=5)

Para o ângulo Hue, foi visto que houve redução desse parâmetro ao longo do armazenamento em todos os tratamentos. Os frutos colhidos no EM1 apresentaram valores superiores, se diferenciando estatisticamente dos demais em todas as avaliações. Já os frutos do EM2 exibiram valores para o ângulo Hue maior que aqueles colhidos no EM3 no dia da colheita e aos dois dias de armazenamento, porém a partir do quarto dia, não houve diferença entre eles (Figura 11).

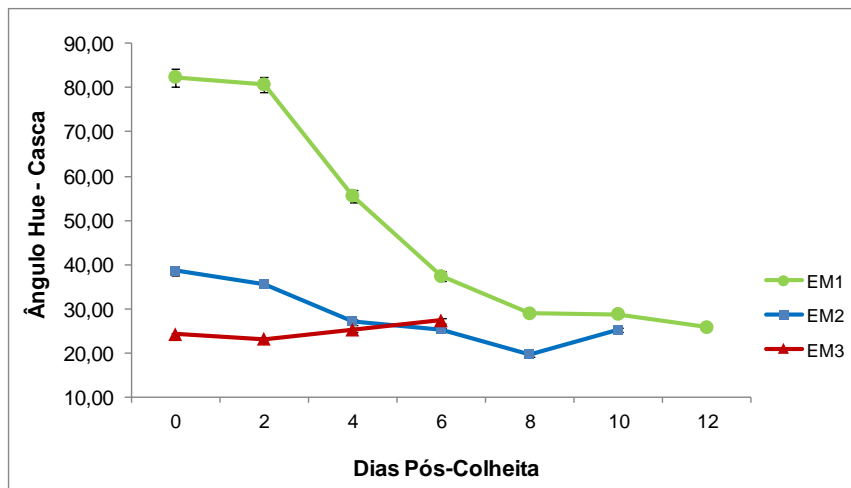


Figura 11 - Ângulo Hue da casca de ameixas cv. Gulfbreeze colhidas em três estágios de maturação e armazenadas a 22°C e 60-70% UR. Barras verticais representam o erro padrão da média (n=5)

Quanto à cromaticidade da casca foi reduzida nos frutos de todos os estágios de maturação, com variação mais acentuada verificada nos frutos do EM2. Observa-se que no dia da colheita os frutos do EM1 e EM2 não apresentaram diferença

significativa, com valor superior aos frutos colhidos no EM3. Nas demais avaliações, houve diferença estatística significativa entre todos os estádios de maturação. (Figura 12).

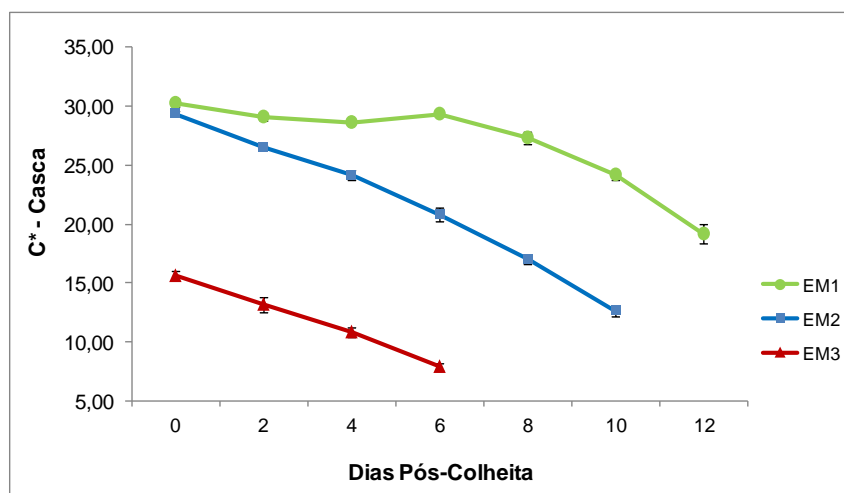


Figura 12 - Cromaticidade da casca ameixas cv. Gulfblaze colhidas em três estádios de maturação e armazenadas a 22°C e 60-70% UR. Barras verticais representam o erro padrão da média (n=5)

A coloração da casca dos frutos é um dos atributos mais levados em consideração pelos consumidores e muitas vezes é decisiva na hora da compra (VALERO et al., 2005). A análise da coloração dos frutos abrange medidas de luminosidade, cromaticidade e ângulo Hue, que juntos expressam os aspectos da cor intuitivamente compreendidos pelos consumidores. A luminosidade se refere ao brilho, e é expressa por valores de 0 a 100, partindo do claro ao escuro. A cromaticidade indica quão intensa ou pura é determinada cor, e o ângulo Hue, por sua vez, indica a tonalidade, ou a cor propriamente dita, e os valores 0 e 90 correspondem às cores vermelho e amarelo, respectivamente (MCGUIRE, 1992).

Nas ameixas, as antocianinas conferem a cor avermelhada ou púrpura, e os carotenoides contribuem para a definição da coloração amarela, laranja ou vermelha. A síntese e o acúmulo desses pigmentos aumentam durante o amadurecimento (CASTAÑEDA-OVANDO et al., 2009; ERAZ; FLORE, 1986; SINGH; KHAN, 2010). Além disso, ocorre degradação da clorofila e desestruturação do aparato fotossintético, que evidencia a presença dos pigmentos que já estavam presentes na casca (PRASANNA, PRABHA e THARANATHAN, 2007; SINGH; KHAN, 2010).

Os resultados indicam que, independente do estágio de maturação, a casca dos frutos se tornou mais vermelha e mais escura à medida que as ameixas amadureceram, considerando a redução do ângulo Hue e da luminosidade. Foi possível associar o menor valor de luminosidade à maior quantidade de pigmentos que foram surgindo na casca ao longo do armazenamento. Os frutos colhidos no EM3 já estavam completamente vermelhos no momento da colheita, o que pôde ser observado pela menor variação do ângulo Hue ao longo do armazenamento. Porém, a redução dos outros parâmetros confirma que a coloração dos frutos se aproximou do “roxo escuro” quando completamente maduros, dado a menor luminosidade, indicando escurecimento, e menor cromaticidade, indicando menor pureza da cor vermelha.

Os menores valores para os três parâmetros foram observados nos frutos de maturação mais avançada no momento da colheita, os quais já se encontravam vermelhos. Os frutos colhidos no EM2 exibiram aos quatro dias de armazenamento valor de ângulo Hue da casca semelhante ao observado naqueles do EM3 no dia da colheita, porém apresentavam-se mais brilhosos e com coloração mais vívida, que foi se tornando mais opaca no decorrer do armazenamento. Nos frutos do EM1 resultados semelhantes foram visualizados apenas na última avaliação. No entanto, a cromaticidade foi maior que os demais tratamentos, indicando que a coloração vermelha não atingiu a saturação de cor observada nos demais estádios de maturação.

### **Coloração da polpa**

Houve redução da luminosidade da polpa ao longo do armazenamento. A luminosidade da polpa dos frutos colhidos no EM3 foi menor em todas as avaliações. A partir do oitavo dia após a colheita, os frutos do EM2 apresentaram menor valor de luminosidade em comparação aos frutos colhidos no EM1 (Figura 13).

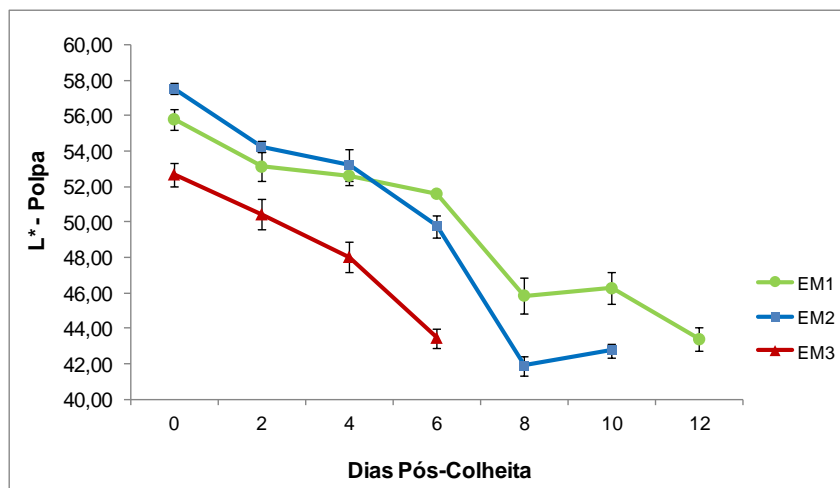


Figura 13 - Luminosidade da polpa de ameixas cv. Gulfblaze colhidas em três estádios de maturação e armazenadas a 22°C e 60-70% UR. Barras verticais representam o erro padrão da média (n=5)

Os estádios de maturação se diferiram entre si em todas as análises para o ângulo Hue da polpa, EM1 e EM3 apresentando maior e menor média, respectivamente. Durante o armazenamento houve redução do ângulo Hue para todos os estádios de maturação (Figura 14).

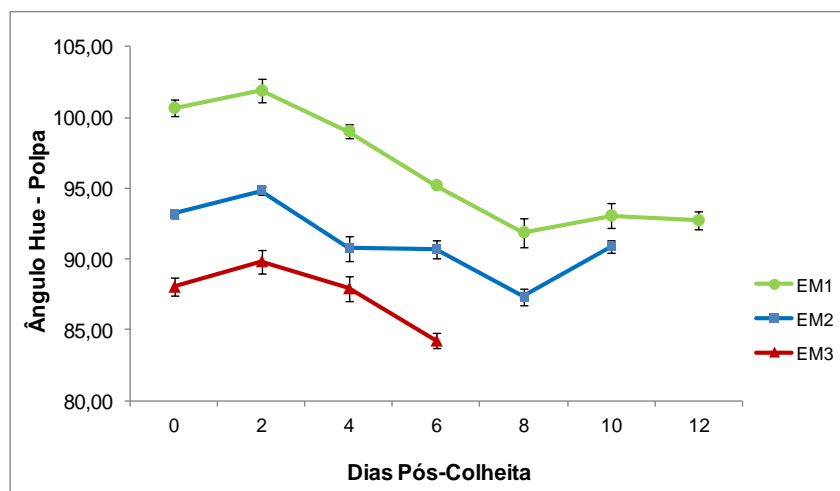


Figura 14 – Ângulo Hue da polpa de ameixas cv. Gulfblaze colhidas em três estádios de maturação e armazenadas a 25°C e 60-70% UR. Barras verticais representam o erro padrão da média (n=5)

No geral, a cromaticidade da polpa dos frutos colhidos no EM2 foi maior, não apresentando diferença entre os frutos do EM3 até o quarto dia de armazenamento, e entre os frutos do EM1 no oitavo e décimo dia após a colheita. Ao longo do armazenamento, os frutos exibiram redução na cromaticidade, independente do ponto de colheita (Figura 15).

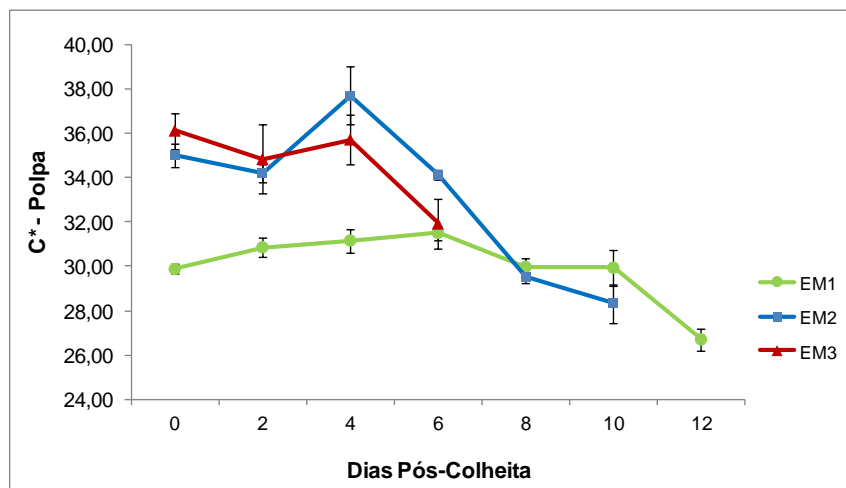


Figura 15 - Cromaticidade da polpa de ameixas cv. Gulfbreeze colhidas em três estádios de maturação e armazenadas a 25°C e 60-70% UR. Barras verticais representam o erro padrão da média (n=5)

No momento da colheita, os frutos colhidos no EM3 apresentaram polpa escura, vívida e com tonalidade amarelo-alaranjado. Os frutos colhidos no EM2 apresentaram polpa vívida com coloração amarelo-intenso, porém um pouco mais clara que os frutos colhidos em estado mais avançado de maturação. Foi verificado que os frutos colhidos no EM1 apresentaram polpa clara, com coloração amarelo-esverdeada, e mais opaca que os demais.

A intensificação da cor amarela nos frutos, observada pela redução do ângulo Hue, pode ser justificada pelo aumento da produção e acúmulo de carotenoides na polpa durante o processo de maturação. Resultados semelhantes foram verificados por Crisosto et al. (2004), em ameixa 'Blackamber', onde frutos colhidos no estágio de maturação mais avançado apresentaram menor valor do ângulo Hue, tendendo ao amarelo, em comparação àqueles colhidos precocemente, com leve tonalidade de verde e maior valor no ângulo Hue.

Houve redução dos parâmetros de cor da polpa em todos os estádios de maturação. No último dia de avaliação, percebeu-se que um tom um pouco mais alaranjado foi adicionado na polpa dos frutos colhidos no EM3, que também ficou mais escura e com coloração menos vívida que a observada na colheita. A polpa dos frutos colhidos no EM2 ficou tão escura quanto à dos frutos colhidos no EM3, porém a cor não evoluiu tanto quanto nesses frutos, se apresentando um pouco

menos laranja e menos vívida. É válido salientar que a diferença em números entre esses frutos é muito pequena e pode não ser notada visualmente.

A polpa dos frutos colhidos no estágio de maturação menos avançado ficou tão escura quanto nos demais. No entanto, na última avaliação, esses frutos apresentavam polpa com cromaticidade inferior àquela alcançada pelos frutos colhidos no EM3 e com coloração amarela intensa, semelhante à verificada nos frutos do EM2 no dia da colheita. O desenvolvimento irregular da cor dos frutos pode interferir negativamente na escolha pelo consumidor, visto que eles associam a qualidade visual às características de sabor.

### **3.4 Conclusão**

Os frutos de ameixeira 'Gulfblaze' colhidos no estágio de maturação 2, casca vermelho-amarelada, com 50 a 75% de coloração vermelha, apresentaram pico de produção característico dos frutos climatéricos, com aumento e posterior decréscimo de etileno e CO<sub>2</sub>. Além disso, exibiram melhores características de qualidade durante o período de armazenamento, com valores aceitáveis para firmeza da polpa, maior teor de sólidos solúveis e desenvolvimento adequado da coloração característica da cultivar, além de longevidade pós-colheita de 10 dias armazenados a 25°C.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIATION OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTRY – AOAC. **Official methods of analysis the of Association of Analytical Chemists International**. 18th. ed. Washington: AOAC, 2010.

BAE, H.; YUN, S.K.; YOON, I.K.; NAM, E.Y.; KWON, J.H.; JUN, J.H. Assesment of organic acid and sugar composition in apricot, plumcot, plum, and peach during fruit development. **Journal of Applied Botany and Food Quality**, Göttingen, v.87, p.24-29, 2014.

BAL, E. Postharvest application of chitosan and low temperature storage affect respiration rate and quality of plum fruits. **Journal of Agricultural Science and Technology**. Tehran, v.15, n.6, p.1219-1230, 2013.

BANKS, N.H.; MAGUIRE, K.M.; TANNER, D.J. Innovation in postharvest handling systems. **Journal of Agricultural Engineering Research**. San Diego, v. 76, p. 285–295, 2000.

BARRETT, M.D.; GONZALEZ, C. Activity of softening enzymes during cherry maturation. **Journal of Food Science**, Chicago, v.59, n.3, p.574–577, May. 1994.

BARRY, C.; GIOVANNONI, J. Ethylene and fruit ripening. **Journal of Plant Growth Regulation**, New York, v.26, n.2, 143-159, Jan. 2007.

BECKER, B.R.; FRICKE, B.A. Transpiration and respiration of fruits and vegetables. **Refrigeration Science and Technology**, Paris, v.6, p.110-121, 1996.

BITTER, T.; MUIR, H.M. A modified uronic acid carbazole reaction. **Analytical Biochemistry**, New York, v.34, p.330-334, 1962.

BRADY, C.J. Stone fruit. In: SEYMOUR, G.B.; TAYLOR, J.E.; TUCKER, G.A. **Biochemistry of fruit ripening**. London: Chapman and Hall, 1993. chap. 13, p.379-404.

CASTANEDA-OVANDO, A.; PACHECO-HERNANDEZ, M.L.; PAEZ-HERNANDEZ, M.E.; RODRIGUEZ, J.A.; GALAN-VIDAL, C.A. Chemical studies of anthocyanins: A review. **Food Chemistry**, Oxford, v.113, n.4, p.859-871, 2009.

CASTRO, L.A.S. de; NAKASU, B.H.; FORTES, J.F.; CANTILLANO, R.F.F.; FREIRE, C.J. da S.; MEDEIROS, A.R.M. de; RASEIRA, A.; FINARDI, N.L.; CAMELATTO, D. **A cultura da ameixeira**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. 67p. (EMBRAPA-SPI. Coleção plantar, 9).

CASTRO, L.A.S.; CAMPOS, A.D. (Ed). **Ameixa: produção**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, DF, 2003. 115p. (Frutas do Brasil, 43).

CHAGAS, P.C. **Cultivares de ameixas de baixa exigência em frio para regiões subtropicais do Estado de São Paulo**. 2008. 90p. Dissertação (Mestrado em



Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manejo**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005. 783p.

COSTA, S.M. **Condicionamento térmico e irradiação de ameixas 'Gulfblaze' frigorificadas**. 2011. 70p. Doutorado (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, 2011.

CRISOSTO, C.H.; GARNER, D.; CRISOSTO, G.M.; BOWERMAN, E. Increasing 'Blackamber' plum (*Prunus salicina* Lindl.) consumer acceptance. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.34, p.237-244, 2004.

CRISOSTO, C.H.; KADER, A.A. **Plum and fresh prune postharvest quality maintenance guidelines**. 2000. Disponível em: <<http://www.uckacedu/postharv/PDF%20files/Guidelines/plum.pdf>>. Acesso em: 10 Dez. 2015.

CRISOSTO, C.H.; MITCHELL, F.G.; JU, Z. Susceptibility to chilling injury of peach, nectarine, and plum cultivars grown in California. **HortScience**, Alexandria, v.34, n.6, p.1116-1118, 1999.

DONOSO, G.C.; GALDAMES, J.O. **Efectos del grado de madurez, periodo de almacenaje y sistemas de embalaje sobre la calidad de ciruelas de exportacion**. Santiago de Chile: Convênio Corfo-Enafri, 1973. 150p.

EIDAM, T.; PAVANELLO, P.A.; AYUB, R.A. Ameixeira no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.34, n.1, p.1, Mar, 2012.

ETIENNE, A.; GENARD, M.; LOBIT, P.; MBEGUIE, A.; MBEGUIE, D.; BUGAUD, C. What controls fleshy fruit acidity? A review of malate and citrate accumulation in fruit cells. **Journal of Experimental Botany**, Lancaster, v.64, p.1451-1469, 2013.

ERAZ, A.; FLORE, J.A. The quantitative effect of solar radiation on 'Redhaven' peach fruit skin color. **HortScience**, Alexandria, v.21, p.1424-1426, 1986.

FISCHER, R.L.; BENNETT, A.B. Role of cell wall hydrolysis in fruit ripening. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 42, p.675-703, 1991.

GIOVANNONI, J. Molecular regulation of fruit ripening. **Annual Review of Physiology and Plant Molecular Biology**, London, v.52, p.725-749, 2001.

KADER, A.A. Fruit maturity, ripening and quality relationships. **Acta Horticulturae**, New York, v.485, p.203-208, 1999.

KHAN, A.S.; SINGH, Z. 1-MCP regulates ethylene biosynthesis and fruit softening during ripening of 'Tegan Blue' plum, **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.43, p.298–306, 2007.

KLUGE, R.A.; BILHALVA, A.B.; CANTILLANO, R.F.F. Armazenamento refrigerado de ameixas 'Reubennel' (*Prunus salicina* Lindl.): efeitos do estágio de maturação e do polietileno. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.53, n.2/3, p.226-231, Maio.1996.

KLUGE, R.A.; BILHALVA, A.B.; CANTILLANO, R.F.F. Influência do estágio de maturação e da embalagem de polietileno na frigoconservação de ameixa. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.3, p.323-329, 1999.

LELIÈVRE, J.-M.; LATCHÈ, A.; JONES, B.; BOUZAYEN, M.; PECH, J.-C. Ethylene and fruit ripening. **Physiologia Plantarum**, Kobenhavn, v.101, p.727-739, 1997.

MALGARIM, M.B.; CANTILLANO, F.R.F.; TREPTOW, R.O.; SOUZA, E.L.; COUTINHO, E.F. Estádios de maturação e variação da temperatura de armazenamento na qualidade pós-colheita de ameixas cv. Amarelinha. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.27, n.1, p.29-35, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbf/v27n1/24559.pdf>>. Acesso em: 10 Jan. 2016.

MALGARIM, M.B.; CANTILLANO, R.F.; TREPTOW, R.O.; SOUZA, E.L. Estádio de maturação e variação da temperatura na qualidade pós-colheita de ameixas cv. Reubennel. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.13, n.1, p.61-67, 2007.

MCCREADY, R.M.; MCCOOMB, E.A. Extraction and determination of total pectic materials in fruits. **Analytical Chemistry**, Washington, v.24, n.12, p.1586-1588, 1952.

MCGUIRE, R.G. Reporting of objective colour measurements **HortScience**, Alexandria, v.27, n.12, p.1254-1255, 1992.

MISHRA, V.K.; GAMAGE, T.V. Postharvest physiology of fruit and vegetables. In: RAHMAN, M. S. (Ed.), **Handbook of Food Preservation**. 2. ed., Boca Raton: CRC Press, 2007. chap. 3, p.19–48.

PRASANNA, V.; PRABHA, T.N.; THARANATHAN, R.N. Fruit Ripening Phenomena – An Overview. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Philadelphia, v.47, n.1, p.1-19, 2007.

RAMMING, D.W. Plum. In: OKIE, W.R. (Ed.). Register of new fruit and nut variet List 41. **HortScience**, Alexandria, v.37, n.2, p.264-266, 2002.

ROBERTSON, J.A.; MEREDITH, F.I.; FORBUS, W.R.; Changes in quality characteristics during peach (cv. "Majestic") maturation. **Journal Food Quality**, Georgia, v.14, n.1, p.197-207, 1993.

SALTVEIT, M. Respiratory metabolism. In: GROSS, K.C.; WANG, C.Y.; SALTVEIT, M. **The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks**. Draft revised. USDA, ARS. 2004. Disponível em:

<http://www.ba.ars.usda.gov/hb66/respiratoryMetab.pdf>. Acesso em: 04 Out. 2015. (Agricultural Handbook, 66)

SCHNEIDER, N.A.; AZEVEDO FILHO, W.S. **Caderno de Pesquisa**, Santa Cruz do Sul, v.26, n.2, p.25-40, 2014. (Série Biologia)

SEYMOUR, G.B.; TAYLOR, J.E.; TUCKER, G.A. **Biochemistry of fruit ripening**. London: Chapman and Hall, 1993. chap. 13, p.379-404.

SILVEIRA, J.R.P.; SIMONETTO, P.R.; CASTRO, L.A.S. de; ROSSETO, E.A. **Escaldadura das folhas da ameixeira**. Porto Alegre: FEPAGRO, 2003. 33p. (Circular Técnica, 24).

SINGH, Z.; KHAN, A.S. Physiology of plum fruit ripening. **Stewart Postharvest Review**. [s. l.], v.6, p.1-10, 2010

STANGER, M.C.; STEFFENS, C.A.; AMARANTE, C.V.T.; CORRÊA, T.R.; TANAKA, H. Qualidade pós-colheita de ameixas 'Camila' e Laetitia' colhidas em diferentes estádios de maturação. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.27, n.2, p.214-221, 2014.

TAYLOR, M.A.; RABE, E.; JACOBS, G.; DODD, M.C. Effect of harvest maturity on pectic substances, internal conductivity, soluble solids and gel breakdown in cold stored 'Songold' plums. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.5, p. 285–294, 1995.

THERON, J.M. **Condicionamento térmico e irradiação de ameixas 'Gulfblaze' frigorificadas**. 2015. 133p. Master (Master of Science in Agriculture) – University of Stellenbosch, 2015.

VALERO, D.; GUILLEN, F.; VALVERDE, J.M.; MARTINEZ-ROMERO, D.; CASTILLO, S.; SERRANO, M. 1-MCP use on Prunus spp. To maintain fruit quality and to extend shelf life during storage: A comparative study. **Acta Horticulturae**, New York, v.682, p.933–940, 2005.

WATADA, A.E.; HERNER, R.C.; KADER, A.A.; ROMANI, R.J.; STABY, G.L. Terminology for the description of developmental stages of horticultural crops. **HortScience**, Alexandria, v.19, p.20-21, 1984.

#### 4 1-METILCICLOPROPENO NA MANUTENÇÃO DA QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE AMEIXAS 'GULFBLAZE' ARMAZENADAS SOB BAIXA TEMPERATURA

##### Resumo

A ameixa é um fruto climatérico altamente perecível que necessita aplicação de tecnologias pós-colheita para garantir maior período de conservação. A refrigeração é a principal técnica utilizada, embora muitas vezes não seja alcançada a preservação da qualidade apenas com o uso de baixas temperaturas de armazenamento. O 1-metilciclopropeno (1-MCP), outra tecnologia de conservação pós-colheita, tem sido usado com o intuito de retardar o efeito do etileno no amadurecimento, aumentando a longevidade do fruto. No entanto, o uso do 1-MCP em frutos com caroço apresenta resultados que variam de acordo com a temperatura de armazenamento, entre espécies e até mesmo entre cultivares. O presente trabalho teve por objetivo avaliar o efeito da aplicação de 1-MCP associado ao armazenamento refrigerado na manutenção da qualidade pós-colheita de ameixas 'Gulfblaze'. As ameixas foram tratadas com o 1-MCP nas concentrações de 0, 450 e 900 nL L<sup>-1</sup> por 12 horas a 25°C, em câmaras herméticas e mantidas em câmara fria a 1, 5 e 15°C, sob 85-90% de UR durante 36 dias, sendo avaliadas no dia zero (caracterização), a cada 12 dias de armazenamento e no último dia do período de comercialização simulada de três dias. O delineamento experimental foi inteiramente aleatorizado sendo utilizadas quatro repetições de seis frutos por tratamento e cinco repetições de quatro frutos por tratamento para avaliações de atividade respiratória e produção de etileno. A ação do 1-MCP no retardo do pico climatérico e nas demais variáveis analisadas foi dependente da temperatura de armazenamento. O armazenamento a 15°C reduziu a qualidade dos frutos mesmo naqueles tratados com a maior dose de 1-MCP. Aplicação de 450 nL L<sup>-1</sup> de 1-MCP seguido do armazenamento a 1 e 5°C proporcionou frutos aptos ao consumo após 36 dias de armazenamento refrigerado, com firmeza, cor e sabor adequados a comercialização e consumo após três dias em temperatura ambiente.

Palavras-chave: Armazenamento refrigerado; 1-MCP; *Prunus salicina*; Conservação; Inibidor de etileno

##### ABSTRACT

Plums are a highly perishable climacteric fruit that require application of post-harvest technologies to increase shelf life. Refrigeration is the technique that is most important and used most often, although in some cases the quality preservation does not be achieved with only the use of low storage temperatures. The 1-methylcyclopropene (1-MCP), another post-harvest technology has been used in order to retard the effects of ethylene in ripening fruit and increasing longevity. However, the use of 1-MCP in stone-fruit presents results that vary according to storage temperature, between species and even cultivars. This study aimed to evaluate the effect of the application of 1-MCP associated with cold storage in maintaining postharvest quality of 'Gulfblaze' plums. The plums were treated with the application of 1-MCP in concentrations of 0, 450 and 900 nL L<sup>-1</sup> for 12 hours at 25°C in airtight chambers and kept in cold storage at 1, 5 and 15°C and under 85-90% RH

for 36 days. The evaluated was on day zero (characterization), every 12 days of storage and the last day of simulated marketing period of three days. The experimental design was completely randomized with four replicates of six fruits per treatment and five replications of four fruits per treatment for evaluation of respiratory rate and ethylene production. The action of 1-MCP in delaying the climacteric peak and the remaining variables was dependent on storage temperature. Storage at 15°C reduced the fruit quality, even in those treated with the higher dose of MCP-1. Application of 450 nL L<sup>-1</sup> 1-MCP in 'Gulfblaze' plums followed by storage at 1 and 5°C provided fruits suitable for consumption after 36 days of refrigerated storage, with firmness, color and flavor appropriate for marketing and consumption after three days at room temperature.

Keywords: Cold storage; 1-MCP; *Prunus salicina*; conservation, ethylene inhibitor

#### 4.1 Introdução

A ameixa 'Gulfblaze' é uma cultivar recomendada para cultivo no estado de São Paulo, possuindo alta produtividade e altamente resistente a escaldadura das folhas, doença que tem sido um entrave à produção de ameixas a nível nacional (CHAGAS, 2008; RAMMING, 2002; SCHNEIDER; AZEVEDO FILHO, 2014; SILVEIRA et al., 2003). Essa cultivar apresenta padrão climatérico de respiração (COSTA, 2011) e assim como os demais produtos hortícolas, é um fruto altamente perecível, suscetível à ação de processos fisiológicos e fatores ambientais que aceleram sua deterioração, limitando o período de comercialização após a colheita. Entretanto o aumento da vida útil desses frutos pode ser obtido com a utilização adequada de tecnologia de conservação (CRISOSTO; KADER, 2000; SINGH; KHAN, 2010; SONEGO; BRACKMANN, 1995).

As tecnologias comerciais que visam a maior durabilidade e manutenção da qualidade de produtos hortícolas são baseadas, principalmente, em minimizar os efeitos indesejáveis causados pela exposição ao etileno durante a maturação, colheita, armazenamento, transporte e manuseio (KIM; HEWETT; LALLU, 1999; WATKINS, 2002). A produção endógena de etileno é parte essencial no processo de amadurecimento de muitos frutos (ABELES; MORGAN; SALTVEIT, 1992; THEOLOGIS, 1992). Esse hormônio desencadeia uma série de eventos bioquímicos associadas ao amadurecimento e a melhoria das qualidades organolépticas dos frutos. Porém, o etileno inicia eventos indesejáveis, como a senescência, na qual a relação entre processos catabólicos/anabólicos é maior, provocando envelhecimento

e morte dos tecidos (AWAD, 1993; CASTRO, KLUGE, PERES, 2005), o que significa final da vida útil dos frutos.

A maneira mais eficiente para manter a qualidade e aumentar a vida útil dos frutos é o manejo da temperatura. O armazenamento em baixas temperaturas tem sido empregado para reduzir a produção de etileno, além de outros processos como a respiração, transpiração, amadurecimento, senescência e o desenvolvimento de podridões (HARDENBURG; WATADA; WANG, 1986; KADER, 2002). Porém, de acordo com Kluge, Cantillano e Bilhalva (1997), o atraso almejado nas mudanças na qualidade da fruta pela utilização da baixa temperatura pode não ser alcançado exclusivamente pelo uso dessa tecnologia. Dessa forma, o uso de outros métodos associados ao controle da temperatura na manutenção da qualidade dos produtos agrícolas também pode fornecer bons resultados.

O 1-metilciclopropeno (1-MCP) é um composto volátil que tem demonstrado ser um potente inibidor da ação do etileno por ligar-se irreversivelmente aos receptores desse fitormônio, impedindo ou atrasando o estímulo fisiológico necessário ao amadurecimento, aumentando o tempo de armazenamento de frutas e vegetais (ARGENTA et al., 2003; SISLER; SEREK, 1997). Os benefícios da aplicação do 1-MCP em ameixas, como o retardo no amolecimento e manutenção da firmeza, são citados por diversos autores (DONG; LURIE; ZHOU, 2002; KHAN; SING, 2009; KLUGE et al., 2008; MENNITI; GREGORI; DONATI, 2004) e já foi encontrado que a sua ação varia de acordo com a dose, temperatura de armazenamento e com a cultivar (ARGENTA et al., 2003; RUPASINGHE et al., 2000).

O presente trabalho teve por objetivo avaliar o efeito da aplicação de 1-MCP associado ao armazenamento refrigerado na manutenção da qualidade pós-colheita de ameixas 'Gulfblaze'.

## **4.2 Material e Métodos**

### **4.2.1 Obtenção dos frutos e tratamentos**

Os frutos de ameixeiras 'Gulfblaze' foram obtidos em 2012 de pomar comercial no Distrito de Holambra II, município de Paranapanema, SP, colhidos com diâmetro entre 4,5 a 5 cm e casca vermelho-amarelada, exibindo 50 a 75% de cor vermelha característica da cultivar.

O transporte dos frutos foi realizado em veículo com ar condicionado para o Laboratório de Fisiologia e Bioquímica Pós-Colheita, em Piracicaba, SP, onde foram rigorosamente selecionadas quanto à aparência, originando um lote uniforme, com frutos isentos de danos mecânicos.

Uma parte dos frutos foi utilizada para análise de caracterização (dia 0) e a outra parte foi dividida em três lotes de 900 frutos cada, os quais foram acondicionados em caixas de 186 L hermeticamente fechadas, e submetidos à aplicação de 1-metilciclopropeno (1-MCP) nas concentrações de 0, 450 e 900 nL L<sup>-1</sup> por 12 horas a 25°C. A fonte de 1-MCP utilizada foi o SmartFresh® (Rohm and Haas Química Ltda), na formulação pó molhável (0,14% ingrediente ativo), do qual foi pesado quantidade necessária para as concentrações utilizadas e colocados em recipientes com tampa, nos quais foram adicionados 5 mL de água destilada e agitados até completa dissolução do produto. Os recipientes foram abertos no interior das caixas, as quais foram fechadas imediatamente. Posteriormente à aplicação de 1-MCP nas três concentrações, os frutos foram armazenados em câmaras frias a 1°C, 5°C e 15°C e sob 85-90% de umidade relativa (UR) por até 36 dias, totalizando nove tratamentos. Após a saída da câmara fria, os frutos foram mantidos em temperatura ambiente (25°C e UR 60-70%) no intuito de simular um período de comercialização.

As análises físico-químicas foram realizadas no dia 0 (para caracterização do lote), a cada 12 dias de armazenamento refrigerado (período de armazenamento refrigerado) e após os períodos de comercialização simulada, totalizando sete dias de análises (0, 12, 12+3, 24, 24+3, 36 e 36+3).

As análises para atividade respiratória e produção de etileno foram analisadas no dia 0 e a cada quatro dias durante o período refrigerado, totalizando 10 análises (0, 4, 8, 12, 16, 20, 24, 28, 32 e 36). Além disso, foram realizadas análises no final de cada período de comercialização simulada (12+3, 24+3 e 36+3).

#### **4.2.2 Análises da atividade respiratória e produção de etileno**

Os frutos foram acondicionados em recipientes de vidro com capacidade de 600 mL, sob as mesmas condições de armazenamento do experimento, permanecendo hermeticamente fechados durante uma hora para determinação da atividade respiratória (CO<sub>2</sub>) e duas horas para determinação de etileno (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>). Com o auxílio de uma seringa, uma alíquota de 0,5 mL de gás foi retirada do interior do

recipiente através de um septo de silicone localizado na tampa. A alíquota foi injetada em cromatógrafo a gás, marca Thermo Finnigan, modelo Trace GC 2000, detector de ionização de chama (FID), injetor regulado pra 100°C, coluna Porapack N (4 m para atividade respiratória e 1,8 m para etileno) regulada para 100°C e metanador regulado para 350°C. Os resultados foram expressos em mL CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> e em µL C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> para respiração e etileno, respectivamente.

#### 4.2.3 Análises físico-químicas

##### a) Firmeza da polpa

Efetuaram-se duas leituras por fruto, na região equatorial, após pequena e superficial remoção da casca. Foi utilizado penetrômetro digital com ponteira plana de 8 mm de diâmetro. Os resultados foram expressos em Newton (N).

##### b) Teor de sólidos solúveis (SS)

Foi determinado por meio de refratômetro digital (Atago, modelo Palette PR<sup>101</sup>), com correção automática de temperatura para 20°C, utilizando suco obtido pela trituração dos frutos em mini processador de alimentos. Os resultados foram expressos em °Brix (AOAC, 2010).

##### c) Acidez Titulável (AT)

Para avaliação da acidez titulável, adicionou-se 10g do suco (obtido pela trituração dos frutos em mini processador de alimentos) em 90 mL de água destilada, seguida de titulação potenciométrica com hidróxido de sódio 0,1N até pH 8,1. Resultados foram expressos em % de ácido málico (AOAC, 2010).

##### d) Relação Sólidos solúveis/Acidez titulável (SS/AT)

Foi calculada através da razão entre o teor de sólidos solúveis e a acidez titulável.

##### e) Perda de massa fresca (PMF)

Determinada pela diferença entre a massa inicial (MD0) e a massa dos frutos após o período refrigerado (MPR) (equação 1) e a massa dos frutos após comercialização simulada (MCS) (equação 2), em que:

$$\text{Equação 1: PMF (\%)} = (\text{MD0(g)} - \text{MPR(g)}) \times 100 / \text{MD0}$$

$$\text{Equação 2: PMF (\%)} = (\text{MD0(g)} - \text{MCS(g)}) \times 100 / \text{MD0}$$



O resultado foi expresso em percentual (%) em relação à massa inicial do fruto.

#### **f) Coloração da casca e da polpa**

Foi analisada com auxílio de um colorímetro, marca Minolta Chroma Meter CR-300, com iluminante D65, no sistema CIELAB. Foram determinados os valores de ângulo de cor ( $^{\circ}h$ ), cromaticidade ( $C^*$ ) e luminosidade ( $L^*$ ) (McGuire, 1992). Para mensurar a coloração da casca foram realizadas duas leituras por fruto, em lados opostos na região equatorial. Para a coloração da polpa, os frutos foram cortados longitudinalmente e duas leituras foram realizadas em pontos equidistantes de uma das metades do fruto.

#### **4.2.4 Delineamento experimental e análises dos dados**

Para a atividade respiratória e produção de etileno, o delineamento experimental foi inteiramente aleatorizado em arranjo fatorial 9 x 10 (tratamentos x dias de análises) durante o período refrigerado, e arranjo fatorial 9 x 7 (tratamento x dias de análises) para as avaliações com os períodos de comercialização simulada, ambos com cinco repetições de quatro frutos por tratamento.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 9 x 7 (tratamento x dias de análises) para as análises físico-químicas, com quatro repetições de seis frutos.

Os resultados obtidos foram analisados pelo software estatístico SAS, versão 9.2 (SAS Institute, Cary, NC, USA), sendo submetidos à análise de variância pelo Teste F. Em caso de significância, as médias foram submetidas ao teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

### 4.3 Resultados e Discussão

Houve efeito significativo na interação entre tratamentos e dias de análise para atividade respiratória e produção de etileno em todos os períodos analisados (Tabela 1 e Tabela 2). Também, foi observado efeito significativo na interação entre tratamentos e dias de análise para as variáveis físico-químicas (Tabela 2).

Tabela 1 - Resumo da análise de variância por meio do teste F para a atividade respiratória ( $\text{mL CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) e produção de etileno ( $\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) em ameixas 'Gulfblaze' tratadas com diferentes doses de 1-metilciclopropeno e diferentes temperaturas de armazenamento refrigerado por 36 dias - Piracicaba - 2016

Análises	Valor de F			Média geral	C.V. %
	Tratamento	Dia	Tratamento*Dia		
Atividade respiratória	40,97**	296,17**	6,34**	9,87	20,44
Produção de Etileno	174,10**	260,02**	121,82**	8,45	18,33

\*\* : Significativo ao nível de 1% de probabilidade. Os dados da variável produção de etileno foram transformados ( $y = \text{raiz quadrada de } x$ ); As análises foram realizadas no dia zero e a cada quatro dias.

Tabela 2 - Resumo da análise de variância por meio do teste F para as análises da atividade respiratória, produção de etileno e análises físico-químicas realizadas em ameixas 'Gulfblaze' submetidas à aplicação de diferentes doses de 1-metilciclopropeno e diferentes temperaturas de armazenamento refrigerado, com três dias de comercialização simulada - Piracicaba - 2016

Determinações	Valor de F			Média geral	C.V. %
	Tratamento	Dia	Tratamento*Dia		
Atividade respiratória	27,68**	220,54**	5,66**	18,88	23,94
Produção de etileno	257,82**	395,00**	154,93**	16,14	17,90
Perda de massa fresca	187,45**	2903,81**	118,57**	3,83	23,55
Firmeza da Polpa	193,07**	570,98**	12,16**	13,13	15,29
Sólidos solúveis	6,07**	29,05**	1,57*	9,41	5,62
Acidez titulável	24,95**	40,43**	3,36**	1,48	5,93
SS/AT	32,39**	48,62**	3,43**	6,41	5,48
L* - Casca	57,18**	369,44**	7,12**	29,57	2,91
h° - Casca	36,12**	327,50**	8,49**	31,72	3,57
C* - Casca	166,16**	362,56**	18,97**	22,80	6,31
L* - Polpa	121,89**	489,59**	9,90**	50,92	2,76
h° - Polpa	25,18**	471,42**	2,98**	93,03	1,08
C* - Polpa	42,90**	561,81**	6,23**	30,89	4,99

\*: Significativo ao nível de 5% de probabilidade; \*\*: Significativo ao nível de 1% de probabilidade; As análises foram realizadas no dia zero, na saída da refrigeração e no último dia de comercialização simulada de cada período de armazenamento. Atividade respiratória: mL CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>; Produção de Etileno: µL C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>; PMF: Perda de Massa Fresca: %; Sólidos Solúveis: °Brix; Acidez Titulável: % ácido málico; Firmeza: N; L\*: Luminosidade; h°: ângulo Hue; C\*: Cromaticidade. Os dados da variável produção de etileno foram transformados ( $y = \text{raiz quadrada de } x$ ).

### Atividade respiratória no armazenamento refrigerado:

Quanto à atividade respiratória, houve diferença entre os tratamentos e respostas diferentes nos dias de avaliação (Tabela 3). Os tratamentos com 0 e 450 nL L<sup>-1</sup> de 1-MCP armazenados a 15°C apresentaram os maiores valores para essa variável em todos os dias avaliados, exibindo diferença significativa em relação aos demais tratamentos. O frutos tratados com 900 nL L<sup>-1</sup> de 1-MCP e armazenados a 15°C também apontaram valores elevados para atividade respiratória, exibindo valores 2,5 vezes maiores que os tratamentos de menor média, com exceção dos

valores observados no dia 8. De maneira generalizada, os menores valores para a atividade respiratória foram observados no tratamento submetido à aplicação de 450 nL L<sup>-1</sup> de 1-MCP e armazenamento a 1°C, que diferiu dos tratamentos armazenados a 15°C na maioria das avaliações, e do tratamento armazenado a 5°C sem aplicação de 1-MCP dos 12 aos 28 dias.

Uma redução na atividade respiratória foi observada a partir do quarto dia de armazenamento, exceto nos frutos submetidos à temperatura de 15°C sem aplicação de 1-MCP ou tratados com 450 nL L<sup>-1</sup> de 1-MCP, nos quais a redução foi observada a partir do oitavo dia de refrigeração.

O pico respiratório, observado nos frutos climatéricos, não foi exibido nos frutos armazenados a 1°C que não receberam aplicação de 1-MCP ou quando foram tratados com 450 nL L<sup>-1</sup> de 1-MCP. Nos demais tratamentos, o pico respiratório foi exibido aos 24 dias, exceto nos frutos armazenados a 15°C que não receberam aplicação de 1-MCP ou que receberam aplicação de 450 nL L<sup>-1</sup> de 1-MCP, nos quais fora notado pico respiratório oito dias antes.

Tabela 3 - Atividade respiratória (mL CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>) de ameixas 'Gulfblaze' submetidas a diferentes doses de 1-MCP e diferentes temperaturas de armazenamento refrigerado – Piracicaba - 2016

1-MCP*		Dias após a colheita				
x Temperatura		0**	4	8	12	16
0	1°C	24,22 Aa	2,81 Bc	2,57 Bb	4,54 Bbcd	3,96 Bcd
	5°C	24,22 Aa	5,88 Cbc	5,15 Cb	7,51 BCbc	7,54 BCbc
	15°C	24,22 Aa	21,47 ABa	13,74 Fa	18,20 B-Ea	20,03 BCa
450	1°C	24,22 Aa	1,93 Bc	2,24 Bb	3,01 Bd	2,53 Bd
	5°C	24,22 Aa	3,99 Cbc	3,43 Cb	4,73 Cbcd	5,54 Cbcd
	15°C	24,22 Aa	20,54 ABa	16,75 BCa	18,43 Ba	20,47 ABa
900	1°C	24,22 Aa	2,43 Cc	2,54 Cb	3,76 BCcd	4,09 BCcd
	5°C	24,22 Aa	3,47 BCbc	2,74 Cb	4,86 BCbcd	5,05 BCcd
	15°C	24,22 Aa	7,38 EFb	5,38 Fb	8,01 DEFb	9,40 C-Fb

1-MCP*		Dias após a colheita				
x Temperatura		20	24	28	32	36
0	1°C	4,32 Bcd	5,80 Be	4,05 Bbc	3,72 Bc	3,49 Bc
	5°C	7,78 BCbc	11,48 Bbc	7,38 Cb	6,58 Cc	6,79 Cc
	15°C	15,93 DEFa	18,98 BCDA	14,58 EFa	16,69 C-Fa	16,75 C-Fa
450	1°C	3,19 Bd	4,33 Be	2,93 Bc	2,75 Bc	2,89 Bc
	5°C	6,25 BCbcd	9,93 Bcd	6,42 BCbc	5,35 Cc	6,04 BCc
	15°C	16,67BCa	19,44 Ba	14,07 Ca	16,94 BCa	19,43 Ba
900	1°C	4,44 BCcd	6,65 Bde	5,91 BCbc	3,57 BCc	4,76 BCc
	5°C	5,69 BCcd	7,45 Bde	5,32 BCbc	5,00 BCc	4,50 BCc
	15°C	9,80 CDEb	14,13 Bb	11,98 BCDA	12,60 BCb	11,65 BCDB

\*Doses de 1-MCP em nL L<sup>-1</sup>; \*\*Análise para caracterização, realizada em temperatura ambiente (25°C); Letras maiúsculas diferentes na mesma linha e letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença pelo teste de Tukey a p<0,05.

#### Atividade respiratória na comercialização simulada:

Os tratamentos com aplicação de 1-MCP e armazenamento a 1 e 5°C exibiram os menores valores para a atividade respiratória em todos os dias avaliados, diferenciado-se dos tratamentos armazenados a 15°C em praticamente todas as avaliações. Os frutos armazenados a 1°C que não receberam aplicação de 1-MCP apresentaram aos 12, 36 e 36+3 dias de armazenamento e comercialização simulada valores semelhantes aos demais tratamentos armazenados sob mesma temperatura (Tabela 4).

A aplicação de 1-MCP influenciou na redução da atividade respiratória dos frutos armazenados a 15°C, principalmente quando os frutos foram expostos à temperatura ambiente no período de comercialização simulada. Todavia, uma relação de dose-dependência foi observada nesse resultado, visto que quanto maior a dose de 1-MCP, menor a atividade respiratória.

De uma maneira geral, houve aumento na atividade respiratória de todos os tratamentos. Também foi constatado que os valores observados após o período de comercialização simulada foram maiores que os mensurados no dia em que os frutos saíram da câmara fria.

Tabela 4 - Atividade respiratória (mL CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>) de ameixas 'Gulfblaze' submetidas a diferentes doses de 1-MCP e armazenadas por 36 dias em diferentes temperaturas de refrigeração e três dias de armazenamento em temperatura ambiente (25°C) - Piracicaba - 2016

1-MCP* x Temperatura		Dias após a colheita			
		0**	12	12+3	24
0	1°C	24,22 ABa	4,54 Cb	20,22 Bcd	5,80 Cbc
	5°C	24,22 Ba	7,51 Cb	29,27 ABab	11,48 Cabc
	15°C	24,22 Da	18,20 Da	33,11 Ca	18,98 Da
450	1°C	24,22 Aa	3,01 Cb	9,55 BCe	4,33 Cc
	5°C	24,22 Aa	4,73 Db	14,90 BCde	9,93 CDbc
	15°C	24,22 Ca	18,43 Ca	25,14 Cabc	19,44 Ca
900	1°C	24,22 Aa	3,76 Bb	8,78 Be	6,65 Bbc
	5°C	24,22 Aa	4,86 Db	14,63 BCde	7,45 CDbc
	15°C	24,22 ABa	8,01 Db	22,00 BCbcd	14,13 CDab

1-MCP* x Temperatura		Dias após a colheita		
		24+3	36	36+3
0	1°C	30,28 Ab	3,49 Cb	24,73 ABc
	5°C	29,63 ABbc	6,79 Cb	36,11 Ab
	15°C	43,43 Ba	16,75 Da	59,59 Aa
450	1°C	16,27 ABd	2,89 Cb	21,36 Ac
	5°C	20,59 ABd	6,04 Db	22,92 ABc
	15°C	34,69 Bab	19,43 Ca	52,06 Aa
900	1°C	17,29 Ad	4,76 Bb	25,09 Ac
	5°C	21,25 ABcd	4,50 Db	24,44 Ac
	15°C	30,93 ABb	11,65 Dab	36,68 Ab

\*Doses de 1-MCP em nL L<sup>-1</sup>; \*\*Análise para caracterização, realizada em temperatura ambiente (25°C); Letras maiúsculas diferentes na mesma linha e letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença pelo teste de Tukey a p<0,05.

A observação do pico respiratório aos 24 dias, na maioria dos tratamentos durante o período refrigerado, foi semelhante à encontrada por Costa (2011), que verificou respiração máxima aos 25 dias em ameixa 'Gulfblaze' armazenada a 0°C.

É possível observar que, de modo geral, a temperatura foi o principal fator de controle da atividade respiratória, dado a eficiência do armazenamento refrigerado a 1 e 5°C, independente da presença de 1-MCP. No entanto, o 1-MCP proporcionou algum controle da atividade respiratória nos frutos tratados 15°C quando a maior dose de 1-MCP, 900 nL L<sup>-1</sup> foi aplicada, visto que os valores dessa variável foi menor nessa situação em comparação aos demais tratamentos armazenados sob mesma temperatura.

Após a colheita, durante a maturação até a senescência do fruto, a respiração constitui o principal meio de obtenção de energia para as atividades metabólicas. (CHITARRA e CHITARRA, 2005). Com a redução do metabolismo, provocada pela temperatura baixa durante o armazenamento e a ação do 1-MCP, houve baixa atividade respiratória. No entanto, quando os frutos foram armazenados a 15°C, a atividade metabólica foi maior, e conseqüentemente, maior atividade respiratória, acelerando o processo de maturação.

Os resultados desse trabalho demonstram que não há efeito da aplicação do 1-MCP na atividade respiratória quando as ameixas estão armazenadas em temperatura muito baixa. Resultado semelhante foi verificado por Bae, Lee e Lee (2011), que também não verificaram diferença na atividade respiratória de ameixa 'Formosa' tratada com 1-MCP e armazenada a 0°C daquela não tratada. Sobre a aplicação de 1-MCP, os resultados encontrados nesse trabalho corroboram com Luo et al. (2009), que observaram atraso de nove dias no climatério de ameixas 'Qingnai' armazenadas a 20°C, e com com Dong, Lurie e Zhou (2002), que relataram atraso do pico climatérico em ameixas 'Royal Zee' armazenadas a 0°C.

### **Produção de etileno no armazenamento refrigerado:**

O uso da refrigeração associada ao 1-MCP mostrou-se efetivo no controle da produção de etileno em ameixas 'Gulfblaze' (Tabela 5). Os tratamentos armazenados a 15°C sem aplicação de 1-MCP ou com 450 nL L<sup>-1</sup> de 1-MCP exibiram os maiores valores para essa variável até os 24 dias de armazenamento. A partir de então, esses tratamentos continuaram a exibir valores elevados de etileno,

porém o tratamento armazenado também a 15°C e tratado com 900 nL L<sup>-1</sup> de 1-MCP apresentou valores superiores, diferindo dos demais.

A produção de etileno foi reduzida nos tratamentos com aplicação do 1-MCP e armazenamento a 1 e 5°C. Dentre eles, os tratamentos armazenados a 1°C proporcionaram maior inibição da produção de etileno, com destaque para o tratamento que recebeu a aplicação de 450 nL L<sup>-1</sup> de 1-MCP, o qual exibiu valores inferiores até a última avaliação. Também foi observado que nos frutos que não receberam aplicação de 1-MCP e foram armazenados a 1°C houve produção de etileno semelhante aos tratamentos com 1-MCP, principalmente aqueles armazenados a 5°C.

Houve pico de produção de etileno aos 12 dias nos frutos armazenados a 15°C sem 1-MCP ou com 450 nL L<sup>-1</sup> de 1-MCP, e aos 36 dias nos frutos tratados com 450 nL L<sup>-1</sup> de 1-MCP e armazenados a 5°C. Nos frutos armazenados a 1 e 5°C sem aplicação de 1-MCP e naqueles tratados com 900 nL L<sup>-1</sup> de 1-MCP armazenados a 15°C houve um pico de produção de etileno estendido, observado aos 24 a 32, 16 a 24, e 28 a 36 dias, respectivamente. Nos demais tratamentos, não houve diferença estatística entre a produção de etileno mensurada no dia da colheita e os demais dias avaliados.



Tabela 5 - Produção de etileno ( $\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) de ameixas 'Gulfblaze' submetidas a diferentes doses de 1-MCP e diferentes temperaturas de armazenamento refrigerado - Piracicaba - 2016

1-MCP*		Dias após a colheita				
x Temp.		0**	4	8	12	16
0	1°C	0,04 Ba	0,06 Bb	0,13 ABb	0,22 ABc	0,32 ABcd
	5°C	0,04 Ca	0,03 Cb	0,20 Cb	2,28 Bb	6,90 Ab
	15°C	0,04 Fa	5,63 Ea	56,69 Ba	96,43 Aa	57,15 Ba
450	1°C	0,04 Aa	0,01 Ab	0,03 Ab	0,03 Ac	0,02 Ad
	5°C	0,04 BCa	0,03 Cb	0,03 Cb	0,19 ABCc	0,35 ABCcd
	15°C	0,04 Ha	3,05 Ga	49,42 Ca	103,03 Aa	61,03 Ba
900	1°C	0,04 Aa	0,01 Ab	0,02 Ab	0,02 Ac	0,04 Ad
	5°C	0,04 Aa	0,01 Ab	0,02 Ab	0,12 Ac	0,20 Acd
	15°C	0,04 Ea	0,23 DEb	0,28 DEb	0,35 DEc	0,88 Dc

1-MCP*		Dias após a colheita				
x Temperatura		20	24	28	32	36
0	1°C	0,35 ABd	0,82 Ad	0,72 Ad	0,76 Ad	0,64 ABde
	5°C	7,55 Ab	8,17 Ac	3,01 Bc	2,81 Bc	2,84 Bc
	15°C	29,45 Ca	26,10 Ca	11,40 Db	12,14 Db	6,41 Eb
450	1°C	0,02 Ad	0,05 Ae	0,03 Ae	0,04 Ae	0,05 Ae
	5°C	0,40 ABCd	0,68 ABd	0,51 ABCde	0,68 ABd	0,82 Ad
	15°C	29,60 Da	28,05 Da	11,33 EFb	13,88 Eb	7,92 Fb
900	1°C	0,03 Ad	0,05 Ae	0,09 Ade	0,08 Ade	0,12 Ade
	5°C	0,20 Ad	0,37 Ade	0,29 Ade	0,33 Ade	0,42 Ade
	15°C	3,02 Cc	16,28 Bb	27,24 Aa	31,45 Aa	27,37 Aa

\*Doses de 1-MCP em  $\text{nL L}^{-1}$ ; \*\*Análise para caracterização, realizada em temperatura ambiente ( $25^\circ\text{C}$ ); Letras maiúsculas diferentes na mesma linha e letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença pelo teste de Tukey a  $p < 0,05$ . Os dados da variável produção de etileno foram transformados ( $y = \text{raiz quadrada de } x$ ).

### Produção de etileno na comercialização simulada:

Os tratamentos armazenados a 1 e  $5^\circ\text{C}$  tratados com 1-MCP produziram a menor quantidade de etileno nos dias avaliados e não apresentaram diferença entre si na maioria das avaliações, exceto no último dia de comercialização simulada após armazenamento de 36 dias, no qual os tratamentos a  $5^\circ\text{C}$  exibiram valores levemente inferiores àqueles armazenados a  $1^\circ\text{C}$  (Tabela 6).

A maior produção de etileno foi verificada nos tratamentos armazenados a 15°C nas avaliações realizadas quando os frutos saíram da refrigeração, independente do tratamento com 1-MCP. Nas avaliações realizadas após o período de comercialização simulada foi verificado que os tratamentos armazenados sem a aplicação de 1-MCP exibiram os maiores valores, sendo acompanhados pelos tratamentos armazenados a 15°C que receberam aplicação de 1-MCP.

Os frutos armazenados a 1 e 5°C que não receberam aplicação de 1-MCP sempre produziram maior quantidade de etileno após o período de comercialização simulada em comparação a quantidade produzida assim que saíram da câmara fria. Resposta semelhante foi observada aos 24+3 dias nos tratamentos armazenados a 15°C e tratados com 1-MCP, e aos 36+3 dias nos tratamentos armazenados a 5°C também com 1-MCP. Já os frutos armazenados a 15°C que não receberam 1-MCP exibiram maior quantidade de etileno no dia em que foram retirados da câmara fria aos 12 e 24 dias. O mesmo resultado foi visualizado aos 12 dias nos frutos tratados com 450 nL L<sup>-1</sup> de 1-MCP armazenados a 15°C.

Não houve diferença na produção de etileno nos frutos tratados com 1-MCP e armazenados a 1°C ao longo do armazenamento em comparação ao dia da colheita. Quando os frutos foram tratados com 1-MCP e armazenados a 5°C a produção de etileno se manteve estável ao longo do armazenamento, exibindo um incremento na última avaliação. Notou-se também que os frutos armazenados a 5 e 15°C não tratados com 1-MCP ou armazenados a 15°C tratados com 450 nL L<sup>-1</sup> do produto, tiveram maior produção de etileno no início do armazenamento, seguidos por redução na produção.

Tabela 6 - Produção de etileno ( $\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) em ameixas 'Gulfblaze' submetidas a diferentes doses de 1-MCP e armazenadas por 36 dias em diferentes temperaturas de refrigeração e três dias de comercialização simulada ( $25^\circ\text{C}$ ) – Piracicaba - 2016

1-MCP*		Dias após a colheita			
x Temperatura		0**	12	12+3	24
0	1°C	0,04 Da	0,22 Dc	60,91 Bb	0,82 Dd
	5°C	0,04 Fa	2,28 Eb	141,27 Aa	8,17 Dc
	15°C	0,04 Ea	96,43 Aa	64,16 Bb	26,10 Ca
450	1°C	0,04 Aa	0,03 Ac	0,08 Ad	0,05 Ad
	5°C	0,04 Ca	0,19 BCc	0,46 BCd	0,68 BCd
	15°C	0,04 Fa	103,03 Aa	2,87 Ec	28,05 Ca
900	1°C	0,04 Aa	0,02 Ac	0,10 Ad	0,05 Ad
	5°C	0,04 Ba	0,12 Bc	0,20 Bd	0,37 Bd
	15°C	0,04 Da	0,35 Dbc	0,96 Dcd	16,28 Cb

1-MCP*		Dias após a colheita		
x Temperatura		24+3	36	36+3
0	1°C	82,91 Aa	0,64 Dde	44,92 Ca
	5°C	62,34 Bb	2,84 Ecd	40,63 Ca
	15°C	8,31 Dc	6,41 Dbc	4,59 Dd
450	1°C	0,51 Ad	0,05 Ae	0,38 Ae
	5°C	1,29 Bd	0,82 BCde	8,46 Acd
	15°C	61,52 Bb	7,92 Db	12,04 Dc
900	1°C	0,17 Ad	0,12 Ae	0,38 Ae
	5°C	1,14 Bd	0,42 Be	5,78 Ad
	15°C	60,36 Ab	27,37 Ba	19,91 BCb

\*Doses de 1-MCP em  $\text{nL L}^{-1}$ ; \*\*Análise para caracterização, realizada em temperatura ambiente ( $25^\circ\text{C}$ ); Letras maiúsculas diferentes na mesma linha e letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença pelo teste de Tukey a  $p < 0,05$ . Os dados da variável produção de etileno foram transformados ( $y = \text{raiz quadrada de } x$ ).

A aplicação de  $450 \text{ nL L}^{-1}$  de 1-MCP seguido do armazenamento refrigerado a  $1^\circ\text{C}$  e a aplicação de  $900 \text{ nL L}^{-1}$  de 1-MCP e armazenamento refrigerado a  $1$  e  $5^\circ\text{C}$  inibiram a produção de etileno em ameixas 'Gulfblaze', as quais apresentaram nessas situações, valores semelhantes aos observados na colheita. Nos tratamentos sem aplicação de 1-MCP e naquele em que os frutos foram tratados com  $450 \text{ nL L}^{-1}$  e armazenados a  $15^\circ\text{C}$ , o pico de produção de etileno foi coincidente com o pico respiratório. Nos demais tratamentos, o pico de produção de etileno ocorreu posteriormente ao respiratório. Os resultados obtidos nos frutos tratados com 1-MCP

podem ser justificados pela menor atividade das enzimas relacionadas à biossíntese de etileno, como relatado por Khan e Singh (2009).

Temperatura mais alta pode ter favorecido o surgimento de novos sítios de ligação para o etileno. É considerado que o etileno se liga ao seu receptor e provoca os processos de transdução e tradução de sinal, necessários ao amadurecimento normal dos frutos (FLUHR; MATOO, 1996; JIANG; FU, 2000). Por sua vez, via autocatálise, esses processos metabólicos relacionados ao amadurecimento aceleram a síntese de novos sítios de ligação de etileno (DOMINGUEZ; VENDRELL, 1994), que pode aumentar durante o amadurecimento do fruto (LELIEVRE et al., 1997). Os sítios de ligação do etileno se restringem às membranas celulares, cujas propriedades físico-químicas são alteradas quando os frutos são armazenados em temperaturas de refrigeração (MARANGONI; PALMA; STANLEY, 1996).

Sabendo-se que o 1-MCP se liga aos receptores de etileno de maneira irreversível (BLANKENSHIP; DOLE, 2003; SEREK, SISLER; REID, 1995), inibindo a produção autocatalítica desse fitormônio, é possível supor que o atraso no aumento da produção de etileno nos frutos tratados com 1-MCP tenha sido em resposta ao tempo necessário para formação de quantidade suficiente de novos receptores. O aumento mais acentuado da produção de etileno verificado aos 36+3 dias, em contraste ao aumento discreto verificado aos 12+3 dias, dá suporte à essa suposição.

### **Perda de massa fresca**

A perda de massa fresca aumentou ao longo do armazenamento em todos os tratamentos. A perda de massa observada nas avaliações realizadas após o período de comercialização simulada foi, obviamente, maior que a verificada nos dias da retirada dos frutos da câmara fria (Tabela 7).

A partir dos dados desse estudo pode-se discorrer que a perda de massa em frutos de ameixa 'Gulfblaze' pode ser controlada apenas com o uso do armazenamento refrigerado a 1 e 5°C, sem a aplicação de 1-MCP, uma vez que os tratamentos nos quais os frutos foram expostos a essas temperaturas apresentaram menor média para essa variável em praticamente todos os dias analisados, não diferindo estatisticamente dos tratamentos com aplicação de 1-MCP e sob mesma temperatura. É possível, ainda, estabelecer a relação de que quanto menor temperatura, menor perda de massa.

Os frutos não tratados com 1-MCP com armazenamento a 15°C apresentaram os maiores valores para perda de massa em todos os dias avaliados, com 6,8, 10,7 e 12,5% de perda as 12+3, 24+3 e 36+6 dias, respectivamente, contrastando com os 2,8, 3,1 e 4% apresentados pelos tratamentos de menor perda nos mesmos dias, que no último dia de análise, a exemplo, foram os tratamentos armazenados a 1 e 5°C sem 1-MCP e com a dose de 900 nL L<sup>-1</sup>, e o tratamento com aplicação de 450 nL L<sup>-1</sup> de 1-MCP e armazenamento a 5°C.

Nota-se também que embora todos os tratamentos armazenados a 15°C tenham exibido as maiores médias para perda de massa, os frutos tratados com 1-MCP apresentaram menor percentual de perda em relação aos frutos não tratados. Dessa forma, pode ser observada a ação do 1-MCP no controle da perda de massa nos frutos armazenados a 15°C, em que quanto maior a dose, menor a perda de massa fresca.

Tabela 7 - Perda de massa fresca (%) em ameixas 'Gulfblaze' submetidas a diferentes doses de 1-MCP e armazenadas por 36 dias em diferentes temperaturas de refrigeração e três dias de comercialização simulada (25°C) – Piracicaba - 2016

1-MCP* x Temperatura		Dias após a colheita			
		0**	12	12+3	24
0	1°C	0 Fa	0,93 Ee	2,95 Cd	1,31 Ee
	5°C	0 Ea	0,75 De	2,82 Bd	1,65 Ce
	15°C	0 Fa	4,65 Ea	6,77 Da	8,38 Ca
450	1°C	0 Da	1,50 Cd	3,13 Bd	2,70 Bd
	5°C	0 Ea	1,25 Dde	3,00 Bd	1,73 De
	15°C	0 Fa	3,99 Eb	5,72 Db	7,42 Cb
900	1°C	0 Ea	0,99 Dde	2,63 BCd	1,18 De
	5°C	0 Ea	1,00 Dde	2,64 Bd	1,71 Ce
	15°C	0 Fa	3,38 Ec	4,94 Dc	6,61 Cc

1-MCP* x Temperatura		Dias após a colheita		
		24+3	36	36+3
0	1°C	3,57 Bef	2,14 De	4,46 Ae
	5°C	4,08 Ae	1,93 Ce	4,09 Ae
	15°C	10,72 Ba	10,50 Ba	12,53 Aa
450	1°C	4,70 Ad	3,05 Bd	5,18 Ad
	5°C	3,77 Ae	2,41 Ce	4,00 Ae
	15°C	9,65 Bb	9,81 Bb	11,89 Ab
900	1°C	3,06 Bf	2,41 Ce	4,01 Ae
	5°C	3,86 Ae	2,15 BCe	4,27 Ae
	15°C	8,83 Bc	8,36 Bc	10,53 Ac

\*Doses de 1-MCP em nL L<sup>-1</sup>; \*\*Análise para caracterização, realizada em temperatura ambiente (25°C); Letras maiúsculas diferentes na mesma linha e letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença pelo teste de Tukey a p<0,05.

A perda de massa fresca em frutos é atribuída à perda de água ocasionada, principalmente, pela transpiração. A transpiração, por sua vez, é um processo físico que envolve a passagem da umidade através da casca, juntamente com a evaporação da água da superfície do fruto e o movimento do vapor de água da superfície do fruto para o ambiente (BECKER; FRICKE, 1996). As condições de armazenamento nos períodos de comercialização simulada, com temperatura elevada e menor umidade relativa, justificam a maior perda de água nesses períodos, já que nessas condições a diferença entre a umidade do fruto e a umidade

do ambiente originou um fluxo de transferência de massa úmida do interior do fruto para o ambiente externo.

O controle da perda de massa nos tratamentos com menor temperatura de armazenamento, 1 e 5°C, pode ser justificado pelo conhecimento de que quanto menor a temperatura, menor a atividade respiratória. A respiração acarreta na perda de água por ser um processo exotérmico, elevando a temperatura do fruto. Isso implica no aumento da evaporação na sua superfície fruto e da pressão de vapor nessa região, o que favorece a transpiração (MISHRA e GAMAGE, 2007) e resulta na perda de massa.

O efeito da aplicação do 1-MCP sobre a redução da perda de massa em ameixa verificado nesse trabalho já foi citado por outros autores (MANAGARIS et al., 2007; DONG et al., 2002). Martinez-Romero et al. (2003) sugeriram que a redução da atividade respiratória conferida pela aplicação do 1-MCP é a responsável pela menor perda de massa dos frutos tratados.

Um dos principais efeitos da perda de massa pós-colheita é a ocorrência do murchamento, o que afeta a aparência do fruto e pode definir o final da qualidade dos frutos de ameixa. Nas condições desse estudo, os primeiros sinais de murchamento foram visualizados apenas aos 36 dias de refrigeração + 3 dias de comercialização simulada nos frutos armazenados a 15°C sem 1-MCP e com 450 nL L<sup>-1</sup> de 1-MCP, com 12,5% e 11,9% de perda de massa, respectivamente.

### **Firmeza de polpa**

Houve redução da firmeza dos frutos ao longo do armazenamento, sendo mais acentuada na ausência do 1-MCP e no armazenamento a 15°C (Tabela 8).

Os tratamentos com aplicação de 1-MCP e armazenamento a 1°C exibiram os frutos mais firmes em todas as avaliações. A firmeza de 14 N no último dia avaliado foi o menor valor observado para esses tratamentos, em contraste aos frutos armazenados a 15°C sem 1-MCP, que já demonstraram aos 12 dias de refrigeração, valor para firmeza cinco vezes menor que o observado no dia da colheita.

De maneira geral, os frutos tratados com 1-MCP e armazenados a 5°C também apresentaram valores altos para firmeza, diferindo dos tratamentos em que não houve aplicação de 1-MCP e dos demais com armazenamento a 15°C.

Também foi constatado que até os 12+3 dias de armazenamento refrigerado e comercialização simulada, os frutos tratados com 1-MCP e armazenamento a

15°C apresentavam-se mais firmes que os frutos que não receberam aplicação de 1-MCP na mesma condição de armazenamento. Nos demais dias avaliados, não houve diferença estatística entre os tratamentos armazenados a 15°C. De maneira geral, os frutos armazenados a 15°C exibiram menor firmeza durante todo período avaliado. Na última avaliação, esses frutos apresentaram firmeza 93% inferior à observada no dia da colheita.

Tabela 8 - Firmeza da polpa (N) em ameixas 'Gulfblaze' submetidas a diferentes doses de 1-MCP e armazenadas por 36 dias em diferentes temperaturas de refrigeração e três dias de comercialização simulada (25°C) – Piracicaba - 2016

1-MCP* x Temperatura		Dias após a colheita			
		0**	12	12+3	24
0	1°C	28,79 Aa	17,92 Bbcd	4,01 DEc	12,34 Cb
	5°C	28,79 Aa	13,85 Be	2,92 Cc	4,72 Cc
	15°C	28,79 Aa	3,52 Bf	1,94 Bc	1,86 Bc
450	1°C	28,79 Aa	22,15 Bab	19,17 BCa	19,56 BCa
	5°C	28,79 Aa	20,28 Babc	17,44 Ba	16,87 BCa
	15°C	28,79 Aa	14,00 Bde	12,21 Bb	4,49 Cc
900	1°C	28,79 Aa	23,39 Ba	18,38 CDa	20,91 BCa
	5°C	28,79 Aa	22,14 Bab	16,45 Cab	17,49 Ca
	15°C	28,79 Aa	16,65 Bcde	16,58 Ba	5,06 Cc

1-MCP* x Temperatura		Dias após a colheita		
		24+3	36	36+3
0	1°C	2,86 Ec	7,26 Dc	3,22 DEc
	5°C	2,68 Cc	3,36 Ccd	2,77 Cc
	15°C	1,20 Bc	1,32 Bd	1,00 Bc
450	1°C	16,09 CDa	15,89 CDab	14,26 Da
	5°C	11,26 DEb	13,00 CDb	8,12 Eb
	15°C	2,50 Cc	2,15 Cd	1,45 Cc
900	1°C	17,46 CDa	18,08 CDa	14,30 Da
	5°C	11,04 Db	15,73 Cab	9,11 Db
	15°C	2,42 Cc	2,46 Cd	1,34 Cc

\*Doses de 1-MCP em nL L<sup>-1</sup>; \*\*Análise para caracterização, realizada em temperatura ambiente (25°C); Letras maiúsculas diferentes na mesma linha e letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença pelo teste de Tukey a p<0,05.

A perda da firmeza que ocorre em ameixas após a colheita é o fator limitante no transporte, armazenamento, comercialização e vida útil desses frutos, e está



diretamente relacionado à suscetibilidade a danos por impacto (SKOG; SCHAEFER; SMITH., 2001; CRISOSTO et al., 2004). Alguns autores (SINGH; KHAN, 2010; FISCHER; BENNETT, 1991) concordam que a perda de firmeza dos frutos é dada pela degradação e desmontagem da parede celular em decorrência da despolimerização e solubilização dos carboidratos que a constituem, tais como pectina e hemicelulose, que resulta no afrouxamento dessa estrutura.

De acordo com Crisosto et al. (2001), as ameixas devem ser colhidas com firmeza mínima de 26 N para evitar danos por impacto durante o manuseamento pós-colheita e podem ser classificadas como “prontas para comprar”, quando a firmeza está entre 13 e 26 N, e como ‘prontas para comer”, quando apresentam firmeza inferior a 13 N. No entanto, Donoso e Galdames (1973) indicam que o valor mínimo de firmeza para a manipulação e comercialização de ameixas é em torno de 8 N. Considerando que a firmeza dos frutos foi de aproximadamente 29 N no dia da colheita, as ameixas foram colhidas com firmeza recomendada. De acordo com os resultados observados, os frutos armazenados a 5 e 15°C sem aplicação de 1-MCP e aqueles tratados com 450 nL L<sup>-1</sup> de 1-MCP e armazenados a 15°C já apresentavam-se prontos para comer aos 12 dias de armazenamento refrigerado. O tratamento com 1-MCP associado à refrigeração de 1°C e 5°C retardou a perda da firmeza dos frutos de ameixa ‘Gulfblaze’, os quais ainda se apresentavam como aptos para comercialização aos 36+3 dias de armazenamento.

A manutenção da firmeza promovida pela aplicação de 1-MCP pode ser explicada pela redução da atividade de enzimas que degradam a parede celular. Khan e Singh (2007; 2008) verificaram que o 1-MCP inibiu a atividade das enzimas poligalacturonase, pectinametilesterase, e endo-1,4-b-D-glucanase em ameixas ‘Tegan Blue’, refrigeradas (1°C) ou sob temperatura ambiente (20°C). Essas enzimas atuam na solubilização e despolimerização da pectina e hemicelulose, compostos que estruturam a parede celular (Fischer e Bennett, 1991).

Resultados semelhantes aos desse estudo foram verificados por Menniti e Donati (2004), que também observaram retardo na perda de firmeza em ameixas ‘Fortune’ e ‘Angelo’ refrigeradas e tratadas com 500 nL L<sup>-1</sup> 1-MCP, e por Alves et al. (2010), os quais verificaram que a aplicação de 1000 nL L<sup>-1</sup> de 1-MCP proporciona manutenção da firmeza em ameixas ‘Laetitia’ sob temperatura ambiente (20°C) após período refrigerado.

### **Sólidos solúveis (SS)**

A maioria dos tratamentos estudados exibiu aumento no teor de sólidos solúveis com uma leve redução verificada ao final do período de refrigeração. Apenas o tratamento armazenado a 15°C sem aplicação de 1-MCP não apresentou variações no teor de sólidos solúveis ao longo do período avaliado. As únicas modificações observadas entre os tratamentos para o teor de sólidos solúveis foram aos 12+3, 24 e 24+3 dias (Tabela 9).

Os maiores valores de teor de sólidos solúveis foram verificados na avaliação realizada aos 12+3 dias de refrigeração e comercialização simulada. Todos os tratamentos apresentaram frutos com maior SS em relação ao dia da colheita, com destaque para os frutos tratados com 900 nL L<sup>-1</sup> de 1-MCP e armazenados a 15°C, que apresentaram média maior que a maioria dos tratamentos, exibindo um valor de SS cerca de 30% a mais que o observado no dia da colheita. Esse mesmo tratamento apresentou maior média também aos 24+3 dias de refrigeração e comercialização simulada. Teores altos de SS também foram observados aos 24 e 24+3 dias nos frutos que receberam 450 nL L<sup>-1</sup> de 1-MCP e foram armazenados a 15°C.

Quando se compara o teor de SS observados nas análises realizadas na saída da refrigeração com as realizadas após o período de comercialização simulada, mais uma vez se destaca o tratamento com 900 nL L<sup>-1</sup> de 1-MCP e armazenamento a 15°C, sendo o único a apresentar diferença após os três dias sob temperatura ambiente, exibindo 18% a mais de SS aos 12+3 dias de refrigeração e comercialização simulada que o teor verificado aos 12 dias de armazenamento refrigerado.

Tabela 9 - Teor de sólidos solúveis totais (°Brix) em ameixas 'Gulfblaze' submetidas a diferentes doses de 1-MCP e armazenadas por 36 dias em diferentes temperaturas de refrigeração e três dias de comercialização simulada (25°C) – Piracicaba - 2016

1-MCP* x Temperatura		Dias após a colheita			
		0**	12	12+3	24
0	1°C	8,63 Ba	9,57 ABa	9,85 Ab	9,72 Abc
	5°C	8,63 Ba	9,35 ABa	9,97 Ab	9,37 ABbc
	15°C	8,63 Aa	9,57 Aa	9,35 Ab	9,40 Abc
450	1°C	8,63 Ba	9,22 ABa	9,72 Ab	9,40 ABbc
	5°C	8,63 Ba	9,57 ABa	10,02 Ab	9,22 Abc
	15°C	8,63 Ca	9,50 BCa	10,20 ABab	10,85 Aa
900	1°C	8,63 Ca	9,82 Aa	10,15 Ab	9,67 ABbc
	5°C	8,63 Ba	9,52 ABa	9,40 ABb	9,72 Abc
	15°C	8,63 Ca	9,50 BCa	11,25 Aa	10,35 ABab

1-MCP* x Temperatura		Dias após a colheita		
		24+3	36	36+3
0	1°C	9,32 ABab	9,67 Aa	9,52 ABa
	5°C	9,55 ABab	9,05 ABa	9,30 Aba
	15°C	8,65 Ab	9,15 Aa	8,97 Aa
450	1°C	9,15 ABab	8,67 Ba	9,27 Aba
	5°C	9,47 ABab	8,77 Ba	9,55 Aba
	15°C	10,02 ABa	9,60 BCa	9,52 BCa
900	1°C	9,42 ABCab	8,75 BCa	9,35 ABCa
	5°C	9,65 Aab	9,15 ABa	9,30 Aba
	15°C	9,75 Ba	9,60 BCa	9,55 BCa

\* Doses de 1-MCP em nL L<sup>-1</sup>; \*\*Análise para caracterização, realizada em temperatura ambiente (25°C); Letras maiúsculas diferentes na mesma linha e letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença pelo teste de Tukey a p<0,05.

O teor de sólidos solúveis é um fator determinante na qualidade dos frutos e até 80% dele é composto por açúcares (BRADY, 2003; CRISOSTO et al., 2007). Está diretamente associado à palatabilidade e é responsável por 75% da aceitação de ameixas pelo consumidor, independente da sua acidez (CRISOSTO et al., 2004).

A utilização de 1-MCP em ameixas 'Gulfblaze' teve efeito positivo no teor de sólidos solúveis, uma vez sua aplicação não afetou o incremento desejável para essa variável ao longo do período de armazenamento, além de proporcionar os mais altos valores verificados sob as condições desse estudo. Esse resultado implica

dizer que a utilização do 1-MCP promoveu melhora na qualidade dos frutos, já que a redução de sólidos solúveis provocada pela utilização de seus constituintes como substratos respiratórios durante o armazenamento pode resultar em frutos com menor doçura (SALTVEIT, 2004).

O efeito do 1-MCP no aumento do teor de sólidos solúveis observado nesse estudo corrobora com os resultados encontrados por Ozkaya e Dündar (2009) em ameixas 'Black Diamond', em figo (OZKAYA, ÇÖMLEKÇIOĞLU; DEMIRCIOĞLU, 2014) e abacaxi (SELVARAJAH; BAUCHOT; JOHN, 2001). Fan, Blankenship e Mattheis (1999), também encontraram resultados semelhantes em maçãs 'Delicious' e 'Fuji', mas não observaram o mesmo efeito em maçãs 'Ginger Gold', 'Gala' e 'Jonagold', indicando que o efeito é dependente da cultivar. O mesmo deve ocorrer em ameixas, visto que resultados contrários aos obtidos nesse estudo foram descritos por diversos autores, como Menniti e Donati (2004) em ameixas 'Fortune' e 'Angelo', Bae, Lee e Lee (2011) em ameixas 'Formosa', Argenta et al. (2003) em ameixa 'Laetitia', Dong et al., (2002) em ameixas 'Royal Zee', e Khan e Singh (2009) em ameixa 'Tegan Blue'.

### **Acidez titulável (AT)**

Houve redução da acidez titulável dos frutos de ameixa 'Gulfblaze' ao longo do período estudado, com exceção daqueles tratados com 450 nL L<sup>-1</sup> de 1-MCP com refrigeração a 1°C, que exibiu em todos os dias avaliados um valor semelhante ao observado no dia da colheita. Além disso, os demais tratamentos com aplicação de 1-MCP apresentaram leve aumento na acidez titulável nos primeiros dias de armazenamento, seguido pelo decréscimo observado nos tratamentos sem 1-MCP (Tabela 10).

A influência da temperatura na acidez titulável foi observada em todas as avaliações realizadas após o período de comercialização simulada para os frutos que não receberam aplicação de 1-MCP e nas avaliações realizadas aos 24+3 e 36+3 dias de comercialização simulada nos frutos tratados com 1-MCP. O tratamento em que os frutos foram armazenados a 15°C, sem aplicação de 1-MCP, exibiu as menores médias para acidez titulável em todas os dias avaliados, apresentando média 30% a menos que os aqueles armazenados a 1°C.

Pode-se assumir que os frutos tratados com 1-MCP apresentaram os maiores valores de acidez titulável, com destaque para os frutos tratados com 900 nL L<sup>-1</sup> de

1-MCP com armazenamento a 15°C, o quais apresentaram aos 12+3 dias uma média 21% maior que a verificada no dia da colheita. Os frutos tratados com 900 nL L<sup>-1</sup> de 1-MCP e armazenados a 5°C também se destacam por apresentar maior média aos 12 e 24+3 dias. Aos 24+3 dias também foram visualizados valores elevados de acidez para os tratamentos com aplicação de 450 nL L<sup>-1</sup> de 1-MCP e armazenamento a 1 e 5°C.

Poucos tratamentos apresentaram diferença entre o dia da saída da câmara fria e o último dia de comercialização simulada. Os tratamentos armazenados a 15°C com 0 e 450 nL L<sup>-1</sup> de 1-MCP apresentaram acidez titulável menor aos 24+3 dias de refrigeração e comercialização simulada em comparação ao dia da saída da câmara. Também se verifica que os frutos armazenados a 5°C sem aplicação de 1-MCP apresentaram menor acidez aos 36+3 de refrigeração e comercialização simulada que aos 36 dias. Embora a redução da acidez fosse esperada após o período de comercialização simulada, o tratamento com 900 nL L<sup>-1</sup> de 1-MCP e armazenamento a 15°C apresentou aos 12+3 dias acidez titulável maior que aos 12 dias de refrigeração.

Tabela 10 - Acidez titulável (% de ácido málico) em ameixas 'Gulfblaze' submetidas a diferentes doses de 1-MCP e armazenadas por 36 dias em diferentes temperaturas de refrigeração e três dias de comercialização simulada (25°C) – Piracicaba - 2016

1-MCP* x Temperatura		Dias após a colheita			
		0**	12	12+3	24
0	1°C	1,49 ABa	1,50 ABb	1,61 Abc	1,44 ABabc
	5°C	1,49 ABCa	1,53 ABab	1,53 Acd	1,35 CDbc
	15°C	1,49 Aa	1,46 Ab	1,39 Ad	1,32 ABC
450	1°C	1,49 Aa	1,57 Aab	1,58 Abc	1,47 Aabc
	5°C	1,49 BCa	1,58 ABab	1,67 Aabc	1,44 BCabc
	15°C	1,49 ABa	1,52 ABab	1,61 Abc	1,58 Aa
900	1°C	1,49 Ba	1,63 ABab	1,73 Aab	1,53 Bab
	5°C	1,49 BCa	1,69 Aa	1,63 ABabc	1,52 ABCab
	15°C	1,49 BCa	1,59 Bab	1,80 Aa	1,49 BCabc

1-MCP* x Temperatura		Dias após a colheita		
		24+3	36	36+3
0	1°C	1,39 Bbc	1,40 Ba	1,39 Babc
	5°C	1,35 CDc	1,36 BCDa	1,29 Dc
	15°C	1,12 Cd	1,17 BCb	1,11 Cd
450	1°C	1,58 Aa	1,45 Aa	1,55 Aa
	5°C	1,58 Aba	1,39 Ca	1,43 BCabc
	15°C	1,35 Bc	1,52 ABa	1,35 Bbc
900	1°C	1,57 ABab	1,47 Ba	1,48 Bab
	5°C	1,67 Aa	1,45 Ca	1,45 Cabc
	15°C	1,37 CDc	1,41 CDa	1,29 Dc

\*Doses de 1-MCP em nL L<sup>-1</sup>; \*\*Análise para caracterização, realizada em temperatura ambiente (25°C); Letras maiúsculas diferentes na mesma linha e letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença pelo teste de Tukey a p<0,05.

A acidez do fruto é atribuída aos ácidos orgânicos, tais como o ácido cítrico, succínico e o málico, sendo este último encontrado em predominância nas ameixas (SEYMOUR et al., 1993; SINGH et al., 2009). Geralmente, o teor de ácidos orgânicos em ameixas diminui com o amadurecimento (CRISOSTO e KADER, 2000).

Segundo Etienne et al. (2013), o principal efeito da temperatura na acidez titulável dos frutos é sua influência na respiração. Temperaturas altas estimulam a respiração por aumentar a atividade enzimática envolvida no processo, o que eleva conseqüentemente a velocidade de reação da glicólise e do ciclo de Krebs (ARAÚJO

et al., 2012; LAKSO; KLIEWER, 1975). Com o aumento da respiração, há maior consumo dos ácidos orgânicos como substrato respiratório (SINGH e KHAN, 2010). Isso pode explicar os menores valores para a acidez titulável observados nos frutos armazenados a 15°C. Resultados semelhantes foram encontrados por Singh et al. (2009), com redução de ácidos orgânicos em ameixas 'Amber Jewel' armazenadas por seis semanas a 5°C em comparação àquelas armazenadas a 0°C.

Ao observar que a aplicação de 1-MCP proporcionou maior acidez titulável, é possível atribuir esse efeito à menor atividade respiratória que o produto conferiu nas ameixas tratadas. Sob essas condições, houve menor demanda por ácidos orgânicos como substratos no processo respiratório, que continuaram a ser produzidos e acumulados nos frutos. A mesma justificativa se aplica para o aumento da acidez titulável nos frutos tratados com o 1-MCP, verificado nos primeiros dias avaliados.

Os resultados encontrados nesse trabalho são semelhantes aos encontrados em ameixa 'Laetitia' por Argenta et al. (2003), nos quais foi observado que o efeito da aplicação do 1-MCP na manutenção da acidez ao longo do armazenamento se torna mais significativo em temperaturas maiores. Resultados do efeito do 1-MCP na manutenção da acidez titulável foram verificados por Luo et al. (2009) em ameixas 'Qingnai' e por Dong, Lurie e Zhou (2002) em ameixas 'Royal Zee'.

### **Relação SS/AT**

Ao longo do período de avaliação, houve aumento na relação sólidos solúveis/acidez titulável para a maioria dos tratamentos, exceto nos frutos tratados com 450 e 900 nL L<sup>-1</sup> de 1-MCP e armazenados a 1°C, que não apresentaram valores estatisticamente diferentes dos observados no dia da colheita. O tratamento com 1-MCP associado a baixas temperaturas apresentou menores valores na relação SS/AT (Tabela 11).

O armazenamento dos frutos a 15°C sem aplicação de 1-MCP proporcionou os maiores valores para a relação SS/AT em todos os dias avaliados, alcançando aos 36+3 dias um valor de, aproximadamente, 40% a mais que o verificado nos frutos no dia da colheita.

Os frutos tratados com 900 nL L<sup>-1</sup> de 1-MCP armazenados a 1 e 5°C apresentaram os menores valores para a relação SS/AT na maioria das avaliações.

A partir dos 24 dias de armazenamento, os frutos tratados com 450 nL L<sup>-1</sup> de 1-MCP armazenados a 1°C também apresentaram os menores valores na relação SS/AT.

No último dia de avaliação, aos 36+3 dias de comercialização simulada, os frutos tratados com 450 nL L<sup>-1</sup> de 1-MCP e mantidos a 1°C apresentaram menor relação SS/AT, com valor 35% inferior ao observado nos frutos armazenados a 15°C sem 1-MCP, com maior relação SS/AT.

Em nenhum tratamento houve distinção estatística para a relação SS/AT entre as análises realizadas nos dias de saída da câmara fria e as análises realizadas após seus respectivos dias de comercialização simulada.

Tabela 11 – Relação SS/AT em ameixas ‘Gulfblaze’ submetidas a diferentes doses de 1-MCP e armazenadas por 36 dias em diferentes temperaturas de refrigeração e três dias de comercialização simulada (25°C) – Piracicaba - 2016

1-MCP* x Temperatura		Dias após a colheita			
		0**	12	12+3	24
0	1°C	5,79 Ca	6,38 ABCab	6,12 BCab	6,76 ABab
	5°C	5,79 Da	6,11 CDab	6,50 BCDab	6,95 ABab
	15°C	5,79 Da	6,54 Ca	6,72 Ca	7,12 BCa
450	1°C	5,79 Aa	5,89 Aab	6,22 Aab	6,37 Ab
	5°C	5,79 Ba	6,05 ABab	5,99 ABab	6,43 ABab
	15°C	5,79 Da	6,24 CDab	6,34 BCDab	6,88 ABCab
900	1°C	5,79 Aa	6,02 Aab	5,86 Ab	6,32 Ab
	5°C	5,79 ABa	5,65 Bb	5,76 ABb	6,38 Aab
	15°C	5,79 Ca	5,95 Cab	6,24 BCab	6,90 ABab

1-MCP* x Temperatura		Dias após a colheita		
		24+3	36	36+3
0	1°C	6,73 ABbc	6,95 Ab	6,86 Abc
	5°C	7,07 ABab	6,67 ABCbc	7,21 Ab
	15°C	7,72 ABa	7,85 Aa	8,12 Aa
450	1°C	5,80 Ad	5,95 Ac	6,00 Ad
	5°C	5,99 ABcd	6,30 ABbc	6,68 Abcd
	15°C	7,41 Aab	6,31 CDbc	7,04 ABbc
900	1°C	6,02 Acd	5,97 Ac	6,30 Acd
	5°C	5,85 ABd	6,30 ABbc	6,40 Acd
	15°C	7,27 Aab	6,81 ABb	7,39 Aab

\*Doses de 1-MCP em nL L<sup>-1</sup>; \*\*Análise para caracterização, realizada em temperatura ambiente (22°C); Letras maiúsculas diferentes na mesma linha e letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença pelo teste de Tukey a p<0,05. SS: Sólidos solúveis. AT: Acidez titulável.



A relação SS/AT é um dos parâmetros de maturação mais confiáveis para as ameixas, e parece ter uma relação mais próxima com a qualidade do que o teor de sólidos solúveis ou a acidez titulável analisados separadamente (CASQUERO; GUERRA, 2009; CRISOSTO, 1994).

Em razão da manutenção ou atraso no aumento da relação SS/AT provocada pelo 1-MCP durante o período avaliado em associação com o armazenamento em baixas temperaturas entende-se que o produto interfere na qualidade da ameixa 'Gulfblaze'. O aumento da relação SS/AT é esperado durante o amadurecimento de ameixas uma vez que, durante esse processo, o teor de sólidos solúveis aumenta gradualmente com o à medida que a acidez diminui (CASQUERO; GUERRA, 2009). Resultados semelhantes foram verificados por Valero et al. (2003) em ameixas 'President', Valero et al. (2005) em ameixa 'Santa Rosa', mas estão em discordância com os resultados obtidos por Martinez-Romero (2003), também em ameixa 'Santa Rosa', que verificaram aumento gradual da relação SS/AT ao longo do armazenamento refrigerado mesmo sob aplicação de 1-MCP, e por Argenta et al., (2003), que não verificaram efeito do 1-MCP na relação sólidos solúveis e acidez titulável em ameixas 'Laetitia' sob refrigeração.

Ao associar a relação SS/AT com a classificação dada por Crisosto et al (2001), na qual sugere que os frutos de ameixa com firmeza em torno de 13 N estão "prontos para comer", verifica-se que a maioria dos tratamentos desse estudo exibiu a firmeza mínima sugerida para o consumo em dias que a relação SS/AT não se apresentava estatisticamente diferente daquela observado no dia da colheita. Como exemplo, tem-se os frutos armazenados a 1 e 5°C sem aplicação de 1-MCP, e os frutos tratados com 450 nL L<sup>-1</sup> de 1-MCP armazenados a 5 e 15°C, que apenas apresentaram relação SS/AT diferente do observado na colheita em uma ou duas avaliações após serem classificados como "prontos para comer". Isso demonstra que nas condições desse estudo, os parâmetros de qualidade não devem ser examinados isoladamente para ameixa 'Gulfblaze'.

## **Coloração**

### **a. Coloração da casca**

A coloração da casca da ameixa 'Gulfblaze' na última avaliação, aos 36+3 dias de refrigeração e comercialização simulada, pode ser visualizada no Anexo C, figura 1.

A temperatura de armazenamento e a aplicação de 1-MCP influenciaram na luminosidade da casca das ameixas 'Gulfblaze' nas condições desse experimento (Tabela 12).

No geral, a combinação do 1-MCP e o armazenamento refrigerado a 1°C apresentou as maiores médias para a luminosidade da casca, em oposição ao tratamento sem 1-MCP e armazenamento a 15°C.

Nos tratamentos em que os frutos não receberam aplicação de 1-MCP foi possível verificar que os frutos armazenados na maior temperatura, 15°C, apresentaram maiores valores de luminosidade nas avaliações realizadas na saída da câmara fria. No entanto, após o período de comercialização simulada, os tratamentos armazenados sem aplicação de 1-MCP não apresentaram diferenças estatística significativa entre si.

Os frutos tratados com o 1-MCP apresentaram diferença na luminosidade da casca também, sob dependência da temperatura de armazenamento, sendo possível verificar que, independente da dose aplicada, os tratamentos submetidos à refrigeração de 1°C exibiram os maiores valores para a referida variável, diferindo na maioria das avaliações dos tratamentos que também receberam 1-MCP e foram armazenados a 15°C.

A luminosidade da casca dos frutos diminuiu ao longo do armazenamento. Porém, essa diminuição foi mais rápida nos tratamentos armazenados a 15°C na ausência de 1-MCP, em que menor luminosidade foi verificada aos 12 dias de armazenamento. Nos frutos também mantidos a 15°C, mas tratados com o 1-MCP, a menor luminosidade foi alcançada aos 12+3 dias de armazenamento e comercialização simulada. Já os frutos tratados com 1-MCP e armazenados a 1 e 5°C, apresentaram casca com menor luminosidade a partir dos 24+3 dias de armazenamento e comercialização simulada.

Os dados desse estudo levam a compreensão de que quanto maior a dose de 1-MCP e menor temperatura de armazenamento, mais lenta a mudança da luminosidade da casca da ameixa 'Gulfblaze'. Além disso, os frutos mantidos nas menores temperaturas de armazenamento apresentaram, em maior diferença entre a luminosidade da casca observada na saída da refrigeração e a verificada após o período de comercialização simulada.

Tabela 12 - Luminosidade da casca de ameixas 'Gulfblaze' submetidas a diferentes doses de 1-MCP e armazenadas por 36 dias em diferentes temperaturas de refrigeração e três dias de comercialização simulada (25°C) – Piracicaba - 2016

1-MCP* x Temperatura		Dias após a colheita			
		0**	12	12+3	24
0	1°C	35,30 Aa	29,01 Bb	26,49 CDc	29,14 Bcd
	5°C	35,30 Aa	30,33 Bab	26,73 Cc	29,43 Bbcd
	15°C	35,30 Aa	25,75 Bc	26,98 Bc	26,29 Be
450	1°C	35,30 Aa	31,41 Ba	30,74 BCa	31,75 Ba
	5°C	35,30 Aa	31,24 Ba	29,09 Cab	30,74 BCabc
	15°C	35,30 Aa	31,03 Ba	27,34 Cbc	27,01 Ce
900	1°C	35,30 Aa	31,31 BCDA	30,88 BCDA	31,96 Ba
	5°C	35,30 Aa	32,22 Ba	30,42 BCa	31,34 BCab
	15°C	35,30 Aa	30,45 Bab	26,73 Cc	27,59 Ccd

1-MCP* x Temperatura		Dias após a colheita		
		24+3	36	36+3
0	1°C	25,55 Db	27,97 BCcd	25,38 Dc
	5°C	25,94 Cb	30,23 Bab	25,69 Cbc
	15°C	26,79 Bb	26,57 Bd	26,89 Bbc
450	1°C	29,41 Ca	30,55 BCab	29,41 Ca
	5°C	27,05 Db	29,50 BCbc	27,13 Dbc
	15°C	27,05 Cb	26,71 Cd	27,48 Cb
900	1°C	30,09 CDa	31,63 BCa	29,67 Da
	5°C	26,86 Db	29,97 Cab	26,57 Dbc
	15°C	26,81 Cb	27,24 Cd	27,40 Cb

\*Doses de 1-MCP em nL L<sup>-1</sup>; \*\*Análise para caracterização, realizada em temperatura ambiente (25°C); Letras maiúsculas diferentes na mesma linha e letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença pelo teste de Tukey a p<0,05.

Diferenças no ângulo Hue também foram observadas em função dos tratamentos de temperatura e 1-MCP (Tabela 13). Até os 24 dias de armazenamento refrigerado, os tratamentos com aplicação de 1-MCP e armazenamento a 15°C exibiram os menores valores do ângulo Hue, enquanto os maiores valores foram verificados nos frutos armazenados a 1°C, também com 1-MCP. Nas avaliações posteriores, os tratamentos com 1-MCP e armazenamento a 1°C continuaram a exibir os maiores valores para o ângulo Hue, porém, sem apresentar diferença estatística dos frutos refrigerados a 15°C sem ou com 1-MCP.

O ângulo Hue foi reduzido ao longo do armazenamento, sendo essa redução mais discreta nos tratamentos com 1-MCP e armazenamento a 1°C. Os frutos armazenados a 15°C, independente da aplicação de 1-MCP, apresentaram leve aumento no ângulo Hue nas últimas avaliações.

Outra observação importante verificada na maioria dos tratamentos foi a redução acentuada nos valores de ângulo Hue aos 24+3 dias de comercialização simulada em comparação aos valores verificados no dia da saída da câmara fria. Apenas os tratamentos armazenados a 15°C não apresentaram esse comportamento.

Tabela 13 - Ângulo Hue da casca de ameixas 'Gulfblaze' submetidas a diferentes doses de 1-MCP e armazenadas por 36 dias em diferentes temperaturas de refrigeração e três dias de comercialização simulada (25°C) – Piracicaba - 2016

1-MCP*		Dias após a colheita			
x Temperatura		0**	12	12+3	24
0	1°C	38,51 Aa	32,83 Bbcd	29,76 CDcd	31,82 BCc
	5°C	38,51 Aa	32,13 Bcd	29,78 BCcd	32,02 Bc
	15°C	38,51 Aa	27,78 Ce	29,74 BCcd	30,89 Bcd
450	1°C	38,51 Aa	35,38 Ba	34,60 Ba	35,79 Bab
	5°C	38,51 Aa	32,69 Bbcd	31,04 Bbc	32,74 Bc
	15°C	38,51 Aa	33,03 Ba-d	29,67 CDcd	28,28 DEe
900	1°C	38,51 Aa	34,79 Bab	33,71 Ba	35,93 Ba
	5°C	38,51 Aa	34,57 Babc	32,93 Bab	33,34 Bbc
	15°C	38,51 Aa	31,93 Bd	27,93 Cd	28,46 Cde

1-MCP*		Dias após a colheita		
x Temperatura		24+3	36	36+3
0	1°C	25,00 Eb	28,79 Dbcd	27,70 Dbc
	5°C	25,98 Db	28,21 CDd	26,99 Dc
	15°C	30,19 Ba	31,83 Ba	31,23 Ba
450	1°C	31,35 Ca	31,64 Ca	31,36 Ca
	5°C	26,71 Cb	28,55 Ccd	27,66 Cbc
	15°C	27,12 Eb	30,93 BCabc	30,17 CDab
900	1°C	30,88 Ca	31,22 Cab	30,86 Ca
	5°C	27,00 Cb	28,94 Cbcd	28,01 Cbc
	15°C	26,78 Cb	31,66 Ba	31,08 Ba

\*Doses de 1-MCP em nL L<sup>-1</sup>; \*\*Análise para caracterização, realizada em temperatura ambiente (25°C); Letras maiúsculas diferentes na mesma linha e letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença pelo teste de Tukey a p<0,05.

A cromaticidade da casca da ameixa 'Gulfblaze' nas condições desse estudo foi destacadamente influenciada pela temperatura, de modo que quanto maior a temperatura, menor a cromaticidade, independente da dose de 1-MCP utilizada. A aplicação de 1-MCP também exerceu influência nessa variável, dado aos maiores valores serem observados na presença do produto (Tabela 14).

Os menores valores para cromaticidade foram visualizados nos frutos armazenados a 15°C na ausência de 1-MCP em todas as avaliações, enquanto que, de modo geral, os frutos tratados com 450 e 900 nL L<sup>-1</sup> de 1-MCP e armazenados a 1 e 5°C apresentaram os maiores valores ao longo do armazenamento. Notou-se também que todos os tratamentos em que os frutos foram armazenados a 15°C apresentaram valores de cromaticidade semelhantes aos 36 e 36+3 dias de armazenamento e comercialização simulada.

De modo geral, houve redução da cromaticidade para a maioria dos tratamentos ao longo do armazenamento, exceto para os frutos tratados com 1-MCP e armazenados a 1°C, que mantiveram os valores semelhantes aos apresentados na colheita. Os frutos tratados com 1-MCP e armazenados a 5°C apresentaram redução discreta, verificada a partir dos 24 dias de armazenamento. Já os tratamentos armazenados a 15°C, independente da presença do 1-MCP, apresentaram redução acentuada a partir dos 12 dias de refrigeração. Observou-se, também, que os frutos armazenados a 1 e 5°C que não receberam aplicação do 1-MCP foram mais sensíveis ao período de comercialização simulada, por exibirem maior alteração da cromaticidade da casca quando expostos a temperatura ambiente por três dias.

Tabela 14 - Cromaticidade da casca de ameixas 'Gulfblaze' submetidas a diferentes doses de 1-MCP e armazenadas por 36 dias em diferentes temperaturas de refrigeração e três dias de comercialização simulada (25°C) – Piracicaba - 2016

1-MCP* x Temperatura		Dias após a colheita			
		0**	12	12+3	24
0	1°C	30,23 Aa	28,54 Aab	16,35 Dc	24,74 Bb
	5°C	30,23 Aa	26,36 Babc	15,04 Dcd	24,41 Bb
	15°C	30,23 Aa	23,72 Bc	12,89 CDd	11,33 Dd
450	1°C	30,23 Aa	29,48 ABa	25,84 Ca	29,44 ABa
	5°C	30,23 Aa	25,54 BCbc	23,97 Cab	27,98 ABa
	15°C	30,23 Aa	28,66 Aab	22,16 Bb	17,97 Cc
900	1°C	30,23 Aa	26,31 BCDabc	25,68 CDa	28,51 ABCa
	5°C	30,23 Aa	29,08 ABa	26,05 Ba	28,75 Aba
	15°C	30,23 Aa	26,96 Bab	21,14 Cb	19,38 Cc

1-MCP* x Temperatura		Dias após a colheita		
		24+3	36	36+3
0	1°C	14,37 Dc	19,90 Ccd	16,32 Ccd
	5°C	13,60 Dcd	19,85 Ccd	16,26 Dcd
	15°C	10,50 Dd	14,57 Ce	10,97 De
450	1°C	26,80 BCa	30,24 Aa	26,64 BCa
	5°C	22,58 CDb	24,47 Cb	20,88 Db
	15°C	14,39 DEc	17,24 CDde	13,64 Ede
900	1°C	26,88 BCDa	28,90 ABa	25,31 Da
	5°C	22,09 Cb	22,17 Cbc	18,58 Dbc
	15°C	12,69 Ecd	16,08 De	12,48 Ee

\*Doses de 1-MCP em nL L<sup>-1</sup>; \*\*Análise para caracterização, realizada em temperatura ambiente (25°C); Letras maiúsculas diferentes na mesma linha e letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença pelo teste de Tukey a p<0,05.

A coloração da casca dos frutos é um dos atributos mais levados em consideração pelos consumidores e muitas vezes é decisiva na hora da compra (VALERO et al., 2005). A análise da coloração dos frutos abrange medidas de luminosidade, cromaticidade e ângulo Hue, que juntos expressam os aspectos da cor intuitivamente compreendidos pelos consumidores. A luminosidade é relacionada ao brilho do fruto e quanto a ser mais claro ou escuro. A cromaticidade indica quão intensa ou pura é determinada cor, e o ângulo Hue, por sua vez, indica a tonalidade, ou a cor propriamente dita (MCGUIRE, 1992).

A mudança na cor dos frutos durante o amadurecimento é dada pela degradação da clorofila e desestruturação do aparato fotossintético, evidenciando a

presença de antocianinas e carotenoides, já existentes nos frutos, acompanhados pela síntese e acúmulo desses pigmentos, que aumentam tanto na casca quanto na polpa à medida que as ameixas amadurecem (PRASANNA; PRABHA, THARANATHAN, 2007; SINGH; KHAN, 2010).

Durante o período de armazenamento, os valores dos parâmetros de cor da casca foram reduzidos em todos os tratamentos. A redução no ângulo Hue indica que os frutos ficaram mais vermelhos, perdendo parte da coloração amarelada que apresentavam na colheita. A redução na cromaticidade e na luminosidade indicaram que os frutos ficaram com cor vermelho mais escuro e menos nítido.

O tratamento com o 1-MCP e o armazenamento em baixas temperaturas afetou os parâmetros de cor, atrasando ou diminuindo o desenvolvimento da coloração vermelha, e mantendo os frutos mais claros e com cor mais nítida.

Os resultados desse trabalho quanto ao atraso na redução do ângulo Hue da casca induzido pelo 1-MCP corroboram com os verificados por Argenta et al. (2003), em ameixa "Laetitia" refrigerada a 1°C, e por Menniti, Gregori e Donati (2004), em ameixa 'Fortune' armazenada a 0°C. Os resultados para a menor redução da luminosidade e cromaticidade foram semelhantes aos observados por Martinez-Romero et al. (2003) em ameixas 'Santa Rosa tratadas' tratada com 1-MCP, com resposta dependente da dose aplicada.

Sobre a ação do 1-MCP dependente da temperatura de armazenamento, os resultados desse estudo estão de acordo com Minas et al. (2013), que observaram redução da cromaticidade da casca de ameixas 'Blackamber' e 'Black Splendor', e redução do ângulo Hue da casca de ameixas 'Yummy Beaut' e 'Red Lane' tratadas com 1-MCP e armazenadas a 0°C. Os mesmos autores também verificaram que a ação do 1-MCP em frutos armazenados a 10°C não apresentou a mesma eficiência.

O atraso na mudança nos parâmetros de cor percebida nos tratamentos com 1-MCP e da temperatura baixa pode ser atribuída à inibição do etileno causada por esses fatores, já que a mudança de cor durante o amadurecimento dos frutos pode ser dependente do etileno (LELIEVRE et al., 1997). No entanto, ao associar os resultados de coloração e o aumento da produção de etileno obtidos nesse trabalho, verifica-se baixa relação proporcional entre eles. Alterações no ângulo Hue e luminosidade foram percebidas nos frutos tratados com 450 nL L<sup>-1</sup> de 1-MCP armazenados a 5°C e nos frutos tratados com 900 nL L<sup>-1</sup> de 1-MCP armazenados a 1°C antes que houvesse aumento na produção de etileno. Dong, Lurie e Zhou

(2002), ao trabalharem com ameixas 'Royal Zee', também relataram baixa correlação entre mudança de coloração da casca e a produção de etileno por verificarem que a cor da casca começou a mudar dias antes a produção de etileno pudesse ser detectada. É provável que pequena quantidade de etileno seja necessária iniciar a mudança de coloração da casca, porém é possível que sua principal ação seja coordenar e acelerar a produção de pigmentos, além da perda da clorofila, como sugeriram Abdi et al. (1997), já que essas mudanças são mais acentuadas em concentrações mais altas de etileno.

#### **b. Coloração da polpa**

Assim como observado na luminosidade da casca, a aplicação de 1-MCP e o armazenamento a 1 e 5°C interferiram na luminosidade da polpa das ameixas 'Gulfblaze'. As diferenças foram observadas de maneira mais acentuada entre os tratamentos com 1-MCP e armazenamento a 1°C, com maior luminosidade, e os tratamentos armazenados a 15°C com ou sem 1-MCP, que apresentaram menores valores para luminosidade (Tabela 15).

De maneira geral, os tratamentos que não receberam 1-MCP exibiram as menores médias para a luminosidade e foi verificado que não houve diferença entre esses tratamentos nas avaliações realizadas após o período de comercialização simulada. No entanto, os frutos armazenados a 1 e 5°C apresentaram maior luminosidade que aqueles armazenados a 15°C nas avaliações realizadas logo após a saída da câmara fria.

Até os 24+3 dias de refrigeração e comercialização simulada os tratamentos com 1-MCP armazenados a 1 e 5°C não apresentaram diferença entre si. A partir dos 36 dias de refrigeração, a luminosidade dos frutos tratados com 1-MCP e armazenados a 1°C foi maior que os demais tratamentos. Ainda assim, a partir dos 12+3 dias de refrigeração e comercialização simulada, os frutos com 1-MCP e armazenados a 5°C exibiu luminosidade maior que os demais tratamentos com 1-MCP e armazenamento a 15°C, e não diferiram estatisticamente do tratamento sem aplicação de 1-MCP e armazenamento a 1°C.

A luminosidade da polpa dos frutos armazenados a 15°C foi reduzida drasticamente ao longo do armazenamento refrigerado e de maneira mais discreta nos demais tratamentos. No entanto, os tratamentos com 1-MCP e armazenamento a 1°C exibiram aos 36 dias valores semelhantes aos observados no dia da colheita.



Na última avaliação, realizada aos 36+3 dias de armazenamento refrigerado e comercialização simulada, foram observados os menores valores para todos os tratamentos, onde se verifica que os frutos tratados com 1-MCP e armazenados a 1 e 5°C não alcançaram a mesma luminosidade da polpa que os tratamentos sem aplicação de 1-MCP.

Tabela 15 - Luminosidade da polpa de ameixas 'Gulfblaze' submetidas a diferentes doses de 1-MCP e armazenadas por 36 dias em diferentes temperaturas de refrigeração e três dias de comercialização simulada (25°C) – Piracicaba - 2016

1-MCP* x Temperatura		Dias após a colheita			
		0**	12	12+3	24
0	1°C	58,17 Aa	56,21 ABab	51,60 Cbcd	52,54 Cbcd
	5°C	58,17 Aa	54,84 ABab	50,82 Ccd	52,03 BCcde
	15°C	58,17 Aa	53,29 Bb	48,66 Cd	41,66 DEF
450	1°C	58,17 Aa	56,48 Aab	52,95 Babc	56,84 Aa
	5°C	58,17 Aa	56,95 Aa	52,87 Babc	55,67 ABab
	15°C	58,17 Aa	55,15 Aab	51,12 Bbcd	48,59 BCe
900	1°C	58,17 ABa	56,72 ABab	56,03 Ba	56,23 Ba
	5°C	58,17 Aa	55,82 ABab	54,51 Bab	54,08 Babc
	15°C	58,17 Aa	55,48 ABab	53,39 Babc	49,24 Cde

1-MCP* x Temperatura		Dias após a colheita		
		24+3	36	36+3
0	1°C	45,81 Db	54,50 BCcd	39,98 Ebcd
	5°C	41,03 Dc	52,30 BCd	38,30 Dcd
	15°C	38,99 Ec	44,61 De	39,50 Ebcd
450	1°C	48,26 Cab	58,50 Aab	47,49 Ca
	5°C	47,53 Cab	55,90 ABbc	42,89 Db
	15°C	38,52 Dc	47,01 Ce	38,62 Dcd
900	1°C	49,78 Ca	59,66 Aa	48,85 Ca
	5°C	47,36 Cab	54,97 ABbcd	41,59 Dbc
	15°C	40,93 DEc	43,99 De	37,97 Ed

\*Doses de 1-MCP em nL L<sup>-1</sup>; \*\*Análise para caracterização, realizada em temperatura ambiente (25°C); Letras maiúsculas diferentes na mesma linha e letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença pelo teste de Tukey a p<0,05.

O armazenamento dos frutos a 1 e 5°C sem o 1-MCP apresentou os maiores valores para o ângulo Hue da polpa na maioria dos dias avaliados. Já os tratamentos que receberam aplicação de 1-MCP e aquele sem aplicação de 1-MCP com armazenamento a 15°C exibiram os menores valores, exceto na avaliação

realizada aos 36 dias de armazenamento, na qual o tratamento sem aplicação de 1-MCP e armazenamento a 15°C apresentou a menor média e diferiu da maioria dos tratamentos com aplicação do 1-MCP e daquele sem o produto com armazenamento a 5°C (Tabela 16).

Nos primeiros 12 dias de armazenamento houve acentuada redução do ângulo Hue da polpa em todos os tratamentos, proporcionando em consequência os menores valores desse parâmetro aos 12+3 dias de refrigeração e comercialização simulada. Em seguida, foi observado aumento até os 36 dias de refrigeração. Os valores verificados na última avaliação, após 36+3 dias de refrigeração e comercialização simulada, foram semelhantes aos verificados aos 24+3 dias de refrigeração e comercialização simulada.

Tabela 16 - Ângulo Hue da polpa de ameixas 'Gulfblaze' submetidas a diferentes doses de 1-MCP e armazenadas por 36 dias em diferentes temperaturas de refrigeração e três dias de comercialização simulada (25°C) – Piracicaba - 2016

1-MCP* x Temperatura		Dias após a colheita			
		0**	12	12+3	24
0	1°C	100,24 Aa	93,44 Ca	90,43 Da	93,71 Cab
	5°C	100,24 Aa	91,91 BCa-e	90,20 Cab	94,10 Bab
	15°C	100,24 Aa	89,47 De	87,54 Dc	95,06 BCa
450	1°C	100,24 Aa	92,17 CDa-d	87,75 Ebc	93,60 Cab
	5°C	100,24 Aa	89,77 Dde	86,98 Ec	93,66 Cab
	15°C	100,24 Aa	92,37 Cabc	87,72 Dbc	91,99 Db
900	1°C	100,24 Aa	89,92 Ccde	87,23 Dc	93,96 Bab
	5°C	100,24 Aa	92,76 Cab	87,24 Ec	92,72 Cab
	15°C	100,24 Aa	90,51 CDb-e	86,21 Ec	91,72 Cb

1-MCP* x Temperatura		Dias após a colheita		
		24+3	36	36+3
0	1°C	93,72 Ca	97,18 Bab	93,51 Ca
	5°C	94,06 Ba	99,18 Aa	92,03 BCab
	15°C	92,77 Cab	95,82 Bb	89,72 Dbc
450	1°C	90,34 Dbc	96,76 Bab	89,99 DEbc
	5°C	89,44 Dc	96,33 Ba	88,88 DEc
	15°C	90,32 Dbc	96,36 Ba	90,54 Cbc
900	1°C	90,47 Cbc	95,83 Ba	89,95 Cbc
	5°C	89,73 Dc	97,78 Bab	89,45 DEc
	15°C	89,25 Dc	95,41 Ba	89,33 Dc

\*Doses de 1-MCP em nL L<sup>-1</sup>; \*\*Análise para caracterização, realizada em temperatura ambiente (25°C); Letras maiúsculas diferentes na mesma linha e letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença pelo teste de Tukey a p<0,05.

Os frutos tratados com 1-MCP apresentaram, no geral, maiores valores para cromaticidade da polpa de ameixa 'Gulfblaze', sendo possível visualizar efeitos mais nítidos a partir dos 24 dias de refrigeração nos tratamentos em que o produto estava associado ao armazenamento refrigerado a 1 e 5°C (Tabela 17). Aos 12 e 12+3 dias de refrigeração e comercialização simulada, os tratamentos que não receberam aplicação do 1-MCP e aqueles armazenados a 15°C com 450 nL L<sup>-1</sup> de 1-MCP, exibiram os menores valores de cromaticidade da polpa. A partir dos 24+3 dias de refrigeração e comercialização simulada, os menores valores foram observados

também nos tratamentos que não receberam aplicação do 1-MCP e aqueles armazenados a 15°C, independente da presença de 1-MCP.

A cromaticidade da polpa da ameixa 'Gulfblaze' aumentou nos primeiros dias de armazenamento. Os maiores valores para esse parâmetro foi verificado aos 12+3 dias de refrigeração e comercialização simulada em todos os tratamentos. Posteriormente, os valores para essa variável diminuiu até os 36 dias de refrigeração. Contudo, a cromaticidade da polpa verificada na última avaliação, foi semelhante à observada aos 24+3 dias de refrigeração e comercialização simulada.

Tabela 17 - Cromaticidade da polpa de ameixas 'Gulfblaze' submetidas a diferentes doses de 1-MCP e armazenadas por 36 dias em diferentes temperaturas de refrigeração e três dias de comercialização simulada (25°C) – Piracicaba - 2016

1-MCP* x Temperatura		Dias após a colheita			
		0**	12	12+3	24
0	1°C	31,36 Ba	31,67 Be	36,75 Ad	32,66 Bab
	5°C	31,36 Ba	33,76 ABcde	36,78 Ad	30,91 Bb
	15°C	31,36 Ba	36,10 Abc	38,03 Acd	25,28 Cc
450	1°C	31,36 Ca	35,23 Bbcd	38,84 Abcd	35,31 Ba
	5°C	31,36 BCa	39,55 Aa	41,10 Aabc	34,48 Ba
	15°C	31,36 Ba	33,09 Bcde	38,46 Abcd	33,51 Bab
900	1°C	31,36 CDa	37,94 Bab	41,74 Aab	34,41 Ca
	5°C	31,36 CDa	32,64 BCde	41,29 Aabc	35,10 Ba
	15°C	31,36 Ca	37,27 Bab	43,11 Aa	32,73 Cab

1-MCP* x Temperatura		Dias após a colheita		
		24+3	36	36+3
0	1°C	27,42 Ccd	19,99 Dbc	24,96 Cd
	5°C	25,06 Cd	17,88 Dc	24,16 Cd
	15°C	24,73 Cd	17,33 Dc	27,47 Cbcd
450	1°C	30,79 Cab	23,01 Dab	32,16 BCa
	5°C	31,46 BCa	24,76 Da	30,20 Cab
	15°C	26,71 Ccd	19,21 Dc	26,07 Ccd
900	1°C	30,86 Dab	24,10 Ea	32,75 CDa
	5°C	30,00 CDabc	23,36 Ea	28,77 Dbc
	15°C	28,06 Dbcd	17,90 Ec	26,85 Dbcd

\*Doses de 1-MCP em nL L<sup>-1</sup>; \*\*Análise para caracterização, realizada em temperatura ambiente (25°C); Letras maiúsculas diferentes na mesma linha e letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença pelo teste de Tukey a p<0,05.

A pigmentação da polpa de ameixas é determinada, principalmente, pela presença de antocianina e carotenóides e seu desenvolvimento é similar ao desenvolvimento da cor da casca no período de maturação do fruto. Há aumento da produção e acúmulo de carotenóides e antocianina na polpa durante o amadurecimento dos frutos de ameixa (CHITARRA; CHITARRA, 2005; SINGH; KHAN, 2010), refletindo na redução da luminosidade, cromaticidade e ângulo Hue.

Segundo os dados obtidos para o ângulo Hue, as ameixas 'Gulfblaze' foram colhidas com a polpa amarelo-esverdeada e à medida que os frutos amadureceram, a polpa se tornou amarela. Os dados de luminosidade e cromaticidade indicam que a polpa se tornou mais escura e com coloração menos vívida. Porém, o armazenamento refrigerado a 1 e 5°C associado à aplicação de 1-MCP interferiu no desenvolvimento da cor da polpa, mantendo os frutos mais claros e com cor mais pura por mais tempo.

A ação do 1-MCP no desenvolvimento da polpa em ameixas também foi observado por CANDAN, GRAELL e LARRIGAUDIÈRE (2011) em ameixa 'Royal Zee' e 'Friar', por Argenta et al. (2003) em ameixa 'Laetitia', e por Minas et al. (2013) em ameixas 'BlackAmber' e 'Red Lane', que inclusive verificaram maior inibição da mudança da cor nos frutos submetidos a temperaturas mais baixas, semelhante ao que foi observado nesse trabalho.

Assim como verificado na casca, as mudanças nos parâmetros de coloração da polpa de frutos tratados com 1-MCP começaram a ocorrer antes do aumento da produção de etileno. Esse fato reforça a ideia de que pequena quantidade de etileno seja necessária para iniciar a mudança de coloração da casca e que sua ação seja coordenar e acelerar a produção de pigmentos, além da perda da clorofila, como sugeriram Abdi et al. (1997).

#### **4.4 Conclusão**

A aplicação de 450 nL L<sup>-1</sup> de 1-MCP em frutos de ameixas 'Gulfblaze' associada ao armazenamento refrigerado a 1°C possibilita o armazenamento por 36 dias mais três dias de comercialização simulada a 25°C, com os frutos apresentando qualidade adequada ao consumo e firmeza recomendável para comercialização.

## REFERÊNCIAS

- ABDI, N.; HOLFORD, P.; McGLASSON, W.B.; MIZRAHI, Y. Ripening behaviour and responses to propylene in four cultivars of Japanese type plums. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.12, p.21-34, 1997.
- ABELES, F.B.; MORGAN, P.W.; SALTVEIT, M.E. J. R. **Ethylene in Plant Biology**. 2. ed. San Diego:Academic Press,1992. 414p.
- ALVES, E. de O.; STEFFES, C.A.; AMARANTE, C.V.T. do; WEBER, A.; MIQUELOTO, A.; BRACKMANN, A. Armazenamento refrigerado de ameixas Laetitia com uso de 1-MCP e indução de perda de massa fresca. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, n.1, p.30-36, 2010.
- ARAÚJO, W.L; NUNES-NESE, A.; NIKOLOSKI, Z; SWEETLOVE, L.J.; FERNIE, A.R. Metabolic control and regulation of the tricarboxylic acid cycle in photosynthetic and heterotrophic plant tissues. **Plant, Cell and Environment**, Malden, v.35, p.1–21, 2012.
- ARGENTA, L.C.; KRAMES, J.G.; MEGGUER, C.A.; AMARANTE, C.V.T.; MATTHEIS, J. Ripening and quality of 'Laetitia' plums following harvest and cold storage as affected by inhibition of ethylene action. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n.10, p.1139-1148, 2003.
- ASSOCIATION OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTRY – AOAC. **Official methods of analysis the of Association of Analytical Chemists International**. 18th. ed. Washington: AOAC, 2010.
- AWAD, M. **Fisiologia pós-colheita de frutos**. São Paulo: Nobel, 1993, 114p.
- BAE, R.; LEE, J. H.; LEE, S. K. Improvement of postharvest fruit quality in 'Formosa' plums (*Prunus salicina* L.) after treatment with 1-methylcyclopropene during storage. **Korean Journal of Horticultural Science and Technology**, Jangan-Gu, v.29, p.592–599, 2011.
- BECKER, B.R.; FRICKE, B.A. Transpiration and respiration of fruits and vegetables. **Refrigeration Science and Technology**, Paris, v.6, p.110-121, 1996.
- BLANKENSHIP, S.M.; DOLE, J.M. 1-Methylcyclopropene: a review. **Postharvest Biology and Tecnology**, Amsterdam, v.28. p.1-25, 2003.
- BRADY, C.J. Stone fruit. In: SEYMOUR, G.B.; TAYLOR, J.E.; TUCKER, G.A. (Ed.). **Biochemistry of fruit ripening**. London: Chapman and Hall, 1993. chap. 13, p.379-404.
- CANDAN, A.P.; GRAELL, J.; LARRIGAUDIÈRE, C. Postharvest quality and chilling of plums: benefits of 1-methylcyclopropene. **Spanish Journal of Agricultural Research**, Madri, v.9, n.2, p.554-564, 2011.

CASQUERO, P.A.; GUERRA, M. Harvest Parameters to optimise storage life of european plum 'Oullins Gage'. **International Journal of Food Science & Technology**, Amsterdam, v.44, n.10, p.2049-2054, 2009.

CASTRO, P.R.C.; KLUGE, R.A.; PERES, L.E.P. **Manual de fisiologia vegetal: teoria e pratica**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 2005, 650p.

CHAGAS, PC. **Cultivares de ameixas de baixa exigência em frio para regiões subtropicais do Estado de São Paulo**. 2008. 90p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: Editora UFLA, 2005. 785p.

COSTA, S. M. **Condicionamento térmico e irradiação de ameixas 'Gulfblaze' frigorificadas**. 2011. 70p. Doutorado (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, 2011.

CRISOSTO, C.H. Stone fruit maturity indices: A descriptive review. **Postharvest News and Information**, Wallingford, v.5, n.6, p.65N-68N, 1994.

CRISOSTO, C.H.; CRISOSTO, G.M.; ECHEVERRIA, G.; PUY, J. Segregation of plum and pluot cultivars according to their organoleptic characteristics. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.44, p.271-276, 2007

CRISOSTO, C.H.; GARNER, D.; CRISOSTO, G.M.; BOWERMAN, E. Increasing 'Blackamber' plum (*Prunus salicina* Lindl.) consumer acceptance. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.34, p.237-244. 2004.

CRISOSTO, C.H.; KADER, A.A. **Plum and fresh prune postharvest quality maintenance guidelines**. 2000. Disponível em: <<http://www.uckacedu/postharv/PDF%20files/Guidelines/plum.pdf>>. Acesso em: 10 Dez. 2015.

CRISOSTO, C.H.; SLAUGHTER, D.; GARNER, D.; BOYD, J. Stone fruit critical bruising thresholds. **Journal of the American Pomological Society**, Forth Worth, v.55, n.2, p.76-81, 2001.

DOMINGUEZ, M.; VENDRELL, M. Effect of ethylene treatment on ethylene production, EFE activity and ACC levels in peel and pulp of banana fruit. **Postharvest Biology Technology**, Amsterdam, v.4, p.167-177, 1994.

DONG, L.; LURIE, S.; ZHOU, H.W. Effect of 1-methylcyclopropene on ripening of 'Canino' apricots and 'Royal Zee' plums. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.24, n.2, p.135-145, 2002.

DONOSO, G.C.; GALDAMES, J.O. **Efectos del grado de madurez, periodo de almacenaje y sistemas de embalaje sobre la calidad de ciruelas de exportacion**. Santiago de Chile: Convênio Corfo-Enafri, 1973. 150p.



ETIENNE, A.; GENARD, M.; LOBIT, P.; MBEGUIE, A.; MBEGUIE, D.; BUGAUD, C. What controls fleshy fruit acidity? A review of malate and citrate accumulation in fruit cells. **Journal of Experimental Botany**, Lancaster, v.64, p.1451–69, 2013.

FAN, X.; BLANKENSHIP, S.; MATTHEIS, J. 1-Methylcyclopropene inhibits apple ripening. **Journal American Society Horticultural Science**, Alexandria, v.124, p.690–695, 1999.

FISCHER, R.L.; BENNETT, A.B. Role of cell wall hydrolysis in fruit ripening. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v.42, p.675–703, 1991.

FLUHR, R.; MATTOO, A.K. Ethylene-biosynthesis and perception. **Critical Reviews in Plant Sciences**, Philadelphia, v.15, p.479–524, 1996.

HARDENBURG, R.E.; WATADA, A.E.; WANG, C.Y. **The commercial storage of fruits, vegetables, and florist, and nursery stoks**. Washington: USDA, 1986. 130p. (USDA Agriculture Handbook, 66).

JIANG, Y.M.; FU, J.R. Ethylene regulation of fruit ripening: molecular aspects. **Plant Growth Regulation**, Dordrecht, v.30, p.193–200, 2000.

KADER, A.A. **Postharvest technology of horticultural products**. 3. ed. Los Angeles: University of California, Division of Agriculture and Natural Resources, 2002. 535p. (Publication, 3311).

KHAN, A.S.; SINGH, Z. 1-MCP regulates ethylene biosynthesis and fruit softening during ripening of 'Tegan Blue' plum. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.43, p.298-306, 2007.

KHAN, A.S.; SINGH, Z. 1-Methylcyclopropene application and modified atmosphere packaging affect ethylene biosynthesis, fruit softening, and quality of 'Tegan Blue' japanese plum during cold storage. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.133, p.290–299, 2008.

KHAN, A.S.; SINGH, Z. 1-MCP application suppresses ethylene biosynthesis and retards fruit softening during cold storage of 'Tegan Blue' Japanese plum. **Plant Science**, London, v.176, p.539-544, 2009.

KIM, H. O.; HEWETT, E.W.; LALLU, N. The role of ethylene in kiwifruit softening. **Acta Horticulturae**, New York, v.498, p.255-261, 1999.

KLUGE, R.A.; CANTILLANO, R.F.F.; BILHALVA, A.B. Colapso de polpa em ameixas 'santa rosa' armazenadas em diferentes regimes de temperatura. **Revista Brasileira de Agrocência**, Pelotas, v.3, n.3, p.125-130, 1997.

KLUGE, R.A.; JACOMINO, A.P.; ALVES, R.M.; CASTRO, P.R.C.; AGUILA, J.S. Efeito do 1-metilciclopropeno em ameixa e nectarina. **Revista Iberoamericana de Tecnologia Postcosecha**, Hermosillo, v.9, n.1, p.26-33, 2008.

- LAKSO, A.N; KIEWER, W.M. The influence of temperature on malic acid metabolism in grape berries: I. Enzyme responses 1. **Plant Physiology**, Rockville, v.56, p.370-372, 1975.
- LEE, J-H.; BAE, R.; LEE, S-K. Improvement of Postharvest Fruit Quality in 'Formosa' Plums (*Prunus salicina*) after Treatment with 1-methylcyclopropene during Storage. **Korean Journal of Horticultural Science and Technology**, Jangan-Gu, v.29, n.6, p.583-591, 2011.
- LELIÈVRE, J.M.; LATCHÉ, A.; JONES, B.; BOUZAYEN, M.; PECH, J.C. Ethylene and fruit ripening. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v.101, p.727-739, 1997.
- LUO, Z.; XIE, J.; XU, T.; ZHANG, L. Delay ripening of 'Qingnai' plum (*Prunus salicina* Lindl.) with 1-methylcyclopropene. **Plant Science**, Limerick, v.177, p.705-709, 2009.
- MCGUIRE, R.G. Reporting of objective colour measurements. **HortScience**, Alexandria, v.27, n.12, p.1254-1255, 1992.
- MANGANARIS, G.A.; VICENTE, A.R.; CRISOSTO, C.H.; LABAVITCH, J.M. Effect of dips in a 1-methylcyclopropene-generating liquid formulation on 'Harrow Sun' plums stored under different temperature regimes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.55, p.7015-7020, 2007.
- MARANGONI, A.G.; PALMA, T.; STANLEY, D.W. Membrane effects in postharvest physiology. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.7, p.193-217, 1996.
- MARTINEZ-ROMERO, D.; DUPILLE, E; GUILLEN, F.; VALVERDE, J.M.; SERRANO, M.; VALERO, D. 1-methylcyclopropene increases storability and shelf life in climacteric and nonclimacteric plums. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Washington, v.51, n.16, p.4680-4686, 2003.
- MENNITI, A.M; GREGORI, R.; DONATI, I. 1-methylcyclopropene retards postharvest softening of plums. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.31, p.269-275, 2004.
- MINAS, I.S.; CRISOSTO, G.M.; HOLCROFT, D. VASILAKAKIS, M.; CRISOSTO, C.H. Postharvest handling of plums (*Prunus salicina* Lindl.) at 10°C to save energy and preserve fruit quality using an innovative application system of 1-MCP. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.76, p.1-9, 2013.
- MISHRA, V.K.; GAMAGE, T.V. Postharvest physiology of fruit and vegetables. In: RAHMAN, M. S. (Ed.), **Handbook of Food Preservation**. 2. ed., Boca Raton: CRC Press, 2007. chap. 3, p.19-48.
- OZKAYA, O.; ÇÖMLEKÇIOĞLU, S.; DEMIRCIOĞLU, H. Assessment of the Potential of 1-Methylcyclopropene Treatments to Maintain Fruit Quality of the Common Fig (*Ficus carica* L. cv. 'Bursa Siyahi') during Refrigerated Storage. **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici**, Cluj-Napoca, v.42, n.2, p.516-522, 2014.

ÖZKAYA, O.; DÜNDAR, Ö. Response of 1-methylcyclopropene (1-MCP) treatments on some quality parameters of plum during storage. **Journal of Food, Agriculture and Environment**, Helsinki, v.7, n.2, p.233-236, 2009.

PRASANNA, V.; PRABHA, T.N.; THARANATHAN. R.N. Fruit Ripening Phenomena – An Overview. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Philadelphia, v.47, n.1, p.1-19, 2007.

RAMMING, D.W. Plum. In: OKIE, W.R. (Ed.). Register of new fruit and nut variet List 41. **HortScience**, Alexandria, v.37, n.2, p.264-266, 2002.

RUPASINGHE, H.P.V; MURR, D.P; PALIYATH, G; SKOG, L. Inhibitory effect of 1-MCP on ripening and superficial scald development in 'McIntosh' and 'Delicious' apples. **Journal Horticultural Science Biotechnology**, Ashford, v.75, n.3, p.271–276, 2000.

SALTVEIT, M. Respiratory metabolism. In: GROSS, K.C.; WANG, C.Y.; SALTVEIT, M. **The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks**. Draft revised. USDA, ARS. 2004. Disponível em: <<http://www.ba.ars.usda.gov/hb66/respiratoryMetab.pdf>>. Acesso em: 04 Out. 2015.(Agricultural Handbook Number 66).

SELVARAJAH, S.; BAUCHOT, A.D.; JOHN, p.Internal browning in cold-stored pineapples is suppressed by a postharvest application of 1-methylcyclopropene. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.23, p.167–170, 2001.

SCHNEIDER, N.A.; AZEVEDO FILHO, W.S. **Caderno de Pesquisa**, Santa Cruz do Sul, v.26, n.2, p.25-40, 2014. (Série Biologia).

SEREK, M.; SISLER, E.C.; REID, M.S., 1-Methylcyclopropene, a novel gaseous inhibitor of ethylene action, improves the life of fruits, cut flowers and potted plants. **Acta Horticulturae**, Leuven, v.1, n.394, p.337-345, 1995.

SEYMOUR, G.B.; TAYLOR, J.E; TUCKER, G.A. **Biochemistry of fruit ripening**. London: Chapman and Hall, 1993, 454p.

SILVEIRA, J.R.P.; SIMONETTO, P.R.; CASTRO, L.A.S. de; ROSSETO, E.A. **Escaldadura das folhas da ameixeira**. Porto Alegre: FEPAGRO, 2003. 33p. (Circular Técnica, 24).

SINGH, Z.; KHAN, A.S. Physiology of plum fruit ripening. **Stewart Postharvest Review**, [s. l.], v.6, p.1-10, 2010.

SINGH, S.P.; SINGH, Z.; SWINNY, E.E. Postharvest nitric oxide fumigation delays fruit ripening and alleviates chilling injury during cold storage of Japanese plums (*Prunus salicina* Lindell). **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.53, p.101–108, 2009.

SISLER, E.C.; SEREK, M. Inhibitors of ethylene responses in plants at the receptor level. **Physiologia Plantarum**, Lund, v.100, p.577-582, 1997.

SKOG, L.J.; SCHAEFER, B.H.; SMITH, P.G. 1-Methylcyclopropene preserves the firmness of plums during postharvest storage and ripening. **Acta Horticulturae**, New York, v.553, p.171-172, 2001.

SONEGO, G.; BRACKMANN, A. Conservação pós-colheita de flores. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.25, n.3, p.473-479, 1995.

THEOLOGIS, A. One rotten apple spoils the whole bushel: the role of ethylene in fruit ripening. **Cell**, Cambridge, v.70, p.181–184, 1992.

VALERO, D.; MARTINEZ-ROMERO, D.; VALVERDE, J.M.; GUILLEN, F.; SERRANO, M. Quality improvement and extension of shelf life by 1-methylcyclopropene in plum as affected by ripening stage at harvest. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, Amsterdam, v.4, p.339–48, 2003.

VALERO, D.; GUILLEN, F.; VALVERDE, J.M.; MARTINEZ-ROMERO, D.; CASTILLO, S.; SERRANO, M. 1-MCP use on *Prunus* spp. To maintain fruit quality and to extend shelf life during storage: A comparative study. **Acta Horticulturae**, New York, v.682, p.933–940, 2005.

WATKINS, C.B. Ethylene synthesis, mode of action, consequences and control. In: KNEE, M. (Ed.). **Fruit Quality and Its Biological Basis**. Sheffield: Sheffield Academic Press, 2002. chap. 8, p.180–224.

## 5 EFEITO DA APLICAÇÃO DE ETILENO EM DIFERENTES PERÍODOS DO ARMAZENAMENTO REFRIGERADO NA QUALIDADE DE AMEIXA 'GULFBLAZE' TRATADA COM 1-METILCICLOPROPENO

### Resumo

Dentre as tecnologias utilizadas para prolongar o período de conservação pós colheita dos frutos estão o armazenamento refrigerado e a aplicação de 1-MCP, um inibidor do etileno. Porém, o uso da refrigeração tem sido associado ao desenvolvimento de injúrias em algumas variedades de ameixa e alguns trabalhos relatam alguns efeitos prejudiciais da aplicação do 1-MCP na qualidade, atribuídos à dificuldade dos frutos em retomarem o processo de amadurecimento, baseados na premissa de que uma concentração adequada de etileno é necessária para o amadurecimento uniforme dos frutos. Diante disso, o objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito da aplicação de etileno em diferentes períodos do armazenamento na qualidade pós-colheita de ameixa 'Gulfblaze' tratada com 1-MCP e armazenada sob refrigeração. Os frutos foram submetidos à aplicação de 1-MCP ( $450 \text{ nL L}^{-1}$ ) e em seguida, refrigerados por 36 dias ( $1^\circ\text{C}$ , 80-85% UR). Após o início da refrigeração, foram iniciados os tratamentos com etileno ( $20 \mu\text{L L}^{-1}$ ), aplicado aos 18 e 36 dias do armazenamento. Após o período refrigerado, os frutos foram mantidos a temperatura ambiente ( $25^\circ\text{C}$  e 80%UR) por seis dias, simulando condições de comercialização, e analisados quanto à atividade metabólica, características físico-químicas e presença de injúrias por frio. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). A aplicação de 1-MCP retardou o pico climatérico da ameixa 'Gulfblaze' e, de uma maneira geral, a aplicação de etileno não provocou aumento na atividade respiratória e na produção de etileno. A aplicação de 1-MCP, combinada ou não com o etileno, prolongou o período de comercialização em três dias e incrementou o teor de sólidos solúveis. Embora a perda de massa e a acidez titulável nos frutos tratados com 1-MCP e etileno tenha sido maior que nos demais tratamentos, essa combinação permitiu a manutenção da coloração da casca mais próxima daquela observada na colheita, proporcionou maiores valores para a e atividade antioxidante. A aplicação de 1-MCP e etileno aos 18 dias proporcionaram maior conteúdo de antocianina na casca e maior teor de vitamina C na polpa. Não houve sinais de injúria por frio em frutos tratados 1-MCP, independente da presença do etileno exógeno.

Palavras-chave: *Prunus salicina*; 1-MCP; Armazenamento refrigerado Qualidade pós-colheita

### Abstract

Cold storage and the application of 1-MCP, an inhibitor of ethylene, are among many technologies used to extend fruit's shelf life. However, the use of refrigeration has been associated with the development of injuries in some plum varieties, and studies have reported some adverse effects of the application of 1-MCP on fruits quality, given the difficulty of the fruits in resuming the ripening process and based on the premise that a suitable ethylene concentration is necessary for uniform ripening of the fruit. Thus, the aim of this study was to evaluate the effect of ethylene application in different storage periods on post-harvest quality of 'Gulfblaze' plum

treated with 1-MCP and stored under refrigeration. Fruits were subjected to application of 1-MCP (450 nL L<sup>-1</sup>) and then refrigerated for 36 days (1°C, 80-85% RH). After cooling, treatments were started with ethylene (20 µL L<sup>-1</sup>), which was applied in the 18<sup>th</sup> and 36<sup>th</sup> day of storage. After the cold period, fruits were kept at room temperature (25 ° C and 80% RH) for six days, simulating marketing conditions, and analysed for metabolic activity, physico-chemical characteristics and the presence of chilling injuries. Data were submitted for analysis of variance, and means were compared by Tukey test (p <0.05). The application of 1-MCP delayed the climacteric peak of 'Gulfblaze' plum and, in general, the application of ethylene resulted in no increase in respiratory activity and ethylene production. The application of 1-MCP, whether or not it was combined with ethylene, extended the trading period of three days and increased the soluble solids. Although the weight loss and titratable acidity in the treated fruit with 1-MCP and ethylene was higher than other treatments, this combination allowed the maintenance of the peel color closer to that observed at harvest and resulted in higher values for antioxidant activity. The application of 1-MCP and ethylene in the 18<sup>th</sup> day showed higher content of anthocyanin in the skin and higher content of vitamin C in the pulp. There were no signs of chilling injury in fruits treated 1-MCP, regardless of the presence of exogenous ethylene.

Keywords: *Prunus salicina*; 1-MCP; Cold storage; postharvest quality

## 5.1 Introdução

A ameixa 'Gulfblaze', como a maioria dos representantes da espécie, apresenta um padrão climatérico de respiração, ou seja, permite que sua colheita ocorra antes da maturação completa. Os frutos climatéricos, de forma geral, apresentam aumento marcante na atividade respiratória, conhecida como climatério. Será neste período que irá ocorrer uma série de mudanças bioquímicas iniciadas pela produção autocatalítica do etileno que leva o fruto a maturação e posteriormente a senescência (COSTA, 2011; KLUGE, 1994).

Sob o ponto de vista nutricional, a ameixa é considerada um alimento funcional (PENNINGTON, 2002), com elevada quantidade de compostos bioativos, como antocianinas e outros compostos fenólicos e o ácido ascórbico, benéficos à saúde humana.

O amadurecimento das ameixas de natureza climatérica corresponde a uma série de eventos bioquímicos, fisiológicos e estruturais que tornam os frutos mais atrativos ao consumidor (LELIÈVRE, et al., 1997), sendo necessária produção de etileno para que esse processo ocorra (THEOLOGIS, 1992; ABELES et al., 1992). As alterações que ocorrem durante o amadurecimento compreendem as mudanças de cor, no aroma, na textura, com os frutos se tornando mais macios, e no sabor, com o

aumento no teor de açúcares e redução da acidez e de compostos que conferem adstringência (SINGH e KHAN, 2010; PRASANNA, PRABHA; THARANATHAN, 2007; LELIÈVRE, et al., 1997).

As ameixas apresentam, normalmente, um limitado período pós-colheita devido a fatores como elevada desidratação, amolecimento da polpa, armazenamento inadequado e distúrbios fisiológicos (KLUGE et al., 1997). Para aumentar o período de conservação desses frutos, a principal tecnologia utilizada é a armazenagem refrigerada, que proporciona menor taxa de respiração, produção de etileno, perda de água, desenvolvimento de podridões, e retarda o amadurecimento (KADER e MITCHELL, 1989). No entanto, ameixas são muito suscetíveis às temperaturas baixas. Dessa forma, os benefícios do armazenamento refrigerado podem ser limitados pelo desenvolvimento de injúrias por frio, como escurecimento e translucência da polpa (ABDI et al., 1998; CRISOSTO et al., 1999, 2004; CANDAN et al., 2008,2011; LARRIGAUDIÈRE et al., 2009; KHAN et al., 2011; MINAS et al., 2013; FANNING et al., 2014).

Outra técnica utilizada para prolongar o período pós-colheita de ameixas é a aplicação do 1-metilciclopropeno (1-MCP). Ele age ligando-se irreversivelmente aos receptores de etileno, promovendo inibição do estímulo fisiológico e da transdução de sinais desse fitormônio, necessários ao amadurecimento (SISLER e SEREK, 1997), prevenindo ou atrasando as mudanças associadas ao amadurecimento e prolongando vida útil dos frutos (CHITARRA e CHITARRA, 2005). Porém, o efeito da aplicação de 1-MCP varia de acordo com a espécie, inclusive, de acordo com a cultivar (RUPASINGHE et al., 2000). Alguns autores relatam efeitos negativos da utilização do 1-MCP, como o desenvolvimento desuniforme da coloração foi observado em banana por Jiang et al. (1999) e em tomate por Moretti et al. (2002). Abdi et al. (1998) verificaram que a aplicação de 1-MCP pode reduzir características de sabor e aroma em ameixa, o que pode produzir impactos na aceitabilidade pelos consumidores.

Mesmo que o etileno seja um alvo a ser controlado para o aumento do período de conservação, literatura sugere a aplicação pós-colheita de etileno em frutos climatéricos, como a ameixa, com o intuito controlar e uniformizar o amadurecimento dos mesmos (CRISOSTO; KADER, 2000; FIORAVANÇO et al., 2007; ERKAN; ESKI, 2012).

Sabendo-se que alguns processos que ocorrem durante a maturação necessitam de etileno para serem induzidos, o presente trabalho visa avaliar a aplicação do 1-MCP combinado com o etileno no controle do amadurecimento e nas características de qualidade de ameixas 'Gulfblaze' refrigeradas durante longo período de armazenamento.

## **5.2 Material e Métodos**

### **5.2.1 Obtenção dos frutos e tratamentos**

Os frutos de ameixeiras 'Gulfblaze' foram obtidos em 2014 de pomar comercial no Distrito de Holambra II, município de Paranapanema, SP, colhidos com diâmetro entre 4,5 a 5 cm e casca vermelho-amarelada, exibindo 50 a 75% de cor vermelha característica da cultivar.

O transporte dos frutos foi realizado em veículo com ar condicionado para o Laboratório de Fisiologia e Bioquímica Pós-Colheita, em Piracicaba, SP, onde foram rigorosamente selecionadas quanto à aparência, originando um lote uniforme, com frutos isentos de danos mecânicos.

Uma parte dos frutos foi utilizada para análise de caracterização (dia 0), e outra parte foi acondicionada em duas caixas de 186L hermeticamente fechadas, e submetida à aplicação de 450 nL L<sup>-1</sup> de 1-metilciclopropeno (1-MCP) por 12 horas a 25°C. A fonte de 1-MCP utilizada foi o SmartFresh® (Rohm and Haas Química Ltda), na formulação pó molhável (0,14% ingrediente ativo). Uma quantidade necessária para as concentrações utilizadas foi pesada e colocados em recipientes com tampa, nos quais foram adicionados 5 mL de água destilada e agitados até completa dissolução do produto. Os recipientes foram abertos no interior das caixas que foram fechadas imediatamente. Uma terceira parte de frutos foi acondicionada do modo descrito acima, também por 12 horas, e foi considerado como controle. Posteriormente à aplicação de 1-MCP, os frutos foram armazenados em câmaras frias a 1°C e sob 85-90% de umidade relativa (UR) por até 36 dias.

Com o início da refrigeração, foram iniciados os tratamentos com etileno, que ocorreu na mesma temperatura de armazenamento, aos 18 e 36 dias. A concentração aplicada foi de 20 µL L<sup>-1</sup>, baseada em estudos prévios realizados em ameixas por Dong et al. (2001) e Abdi et al. (1997; 1998), com a duração de 12 horas. A fonte de etileno utilizada foi o Etil-5, da empresa White Martins, com



composição gasosa de 5% de etileno. A aplicação ocorreu em caixa hermética (a mesma utilizada para o tratamento com o 1-MCP) contendo, aproximadamente, 8,5 kg de frutos. O gás contendo etileno foi injetado com auxílio de uma seringa, em quatro pontos distintos da caixa até que a concentração de etileno desejada tivesse sido alcançada. Amostras de 0,5 mL do gás de dentro das caixas foram retiradas com uma seringa de 1 mL por septos de silicone dispostos em pontos diferentes na caixa, e injetadas em cromatógrafo a gás da marca Thermo Finnigan, modelo Trace 2000 GC e detector de ionização de chama (FID), para a comprovação da presença de  $20 \mu\text{L L}^{-1}$  de etileno no início e no final do tratamento. A aplicação aos 36 dias foi realizada 12 horas antes da retirada dos frutos da refrigeração.

Dada a combinação da aplicação do 1-MCP e etileno, formaram-se os tratamentos abaixo descritos:

T1 – Controle (somente armazenamento refrigerado à  $1^{\circ}\text{C}$ );

T2 – Aplicação de 1-MCP imediatamente após a colheita e armazenamento refrigerado à  $1^{\circ}\text{C}$ ;

T3 – Aplicação de 1-MCP imediatamente após a colheita e aplicação de etileno após 18 dias de armazenamento refrigerado à  $1^{\circ}\text{C}$ ;

T4 – Aplicação de 1-MCP imediatamente após a colheita e aplicação de etileno após 36 dias de armazenamento refrigerado à  $1^{\circ}\text{C}$ .

Após 36 dias sob refrigeração os frutos foram armazenados por seis dias em temperatura ambiente ( $25^{\circ}\text{C}$ ,  $\pm 65\%$  UR) a fim de serem simuladas condições de comercialização. Durante esse período, análises físico-químicas foram realizadas a cada três dias em frutos descascados e, análises da produção de etileno e atividade respiratória, diariamente.

### **5.2.2 Análises da produção de etileno e atividade respiratória**

Os frutos foram acondicionados em recipientes de vidro com capacidade de 600 mL, sob as mesmas condições de armazenamento do experimento, permanecendo hermeticamente fechados durante duas horas para determinação de etileno ( $\text{C}_2\text{H}_4$ ) e uma hora para determinação da atividade respiratória ( $\text{CO}_2$ ). Com o auxílio de uma seringa, uma alíquota de 0,5 mL de gás foi retirada do interior do recipiente através de um septo de silicone localizado na tampa. A alíquota foi injetada em cromatógrafo a gás, marca Thermo Finnigan, modelo Trace GC 2000, detector de ionização de chama (FID), injetor regulado pra  $100^{\circ}\text{C}$ , coluna Porapack

N (1,8 m para etileno e 4 m para atividade respiratória) regulada para 100°C e metanador regulado para 350°C. Os resultados foram expressos em  $\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$  e em  $\text{mL CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$  para etileno e atividade respiratória, respectivamente.

### 5.2.3 Análises físico-químicas

#### a) Firmeza da polpa

Efetuar-se duas leituras por fruto, na região equatorial, após pequena e superficial remoção da casca. Foi utilizado penetrômetro digital com ponteira plana de 8 mm de diâmetro. Os resultados foram expressos em Newton (N).

#### b) Teor de sólidos solúveis (SS)

Foi determinado por meio de refratômetro digital (Atago, modelo Palette PR<sup>1</sup>01), com correção automática de temperatura para 20°C, utilizando suco obtido pela trituração dos frutos em mini processador de alimentos. Os resultados foram expressos em °Brix (AOAC, 2010).

#### c) Acidez Titulável (AT)

Para avaliação da acidez titulável, adicionou-se 10g do suco (obtido pela trituração dos frutos em mini processador de alimentos) em 90 mL de água destilada, seguida de titulação potenciométrica com hidróxido de sódio 0,1N até pH 8,1. Resultados foram expressos em % de ácido málico (AOAC, 2010).

#### d) Relação sólidos solúveis/acidez titulável

Foi calculado através da relação entre o teor de sólidos solúveis e a acidez titulável.

#### e) Perda de massa fresca

Determinada pela diferença entre a massa inicial (MD0) e a massa dos frutos após o período refrigerado (MPR) (equação 1) e a massa dos frutos após comercialização simulada (MCS) (equação 2), em que:

$$\text{Equação 1: PMF (\%)} = (\text{MD0(g)} - \text{MPR(g)}) \times 100 / \text{MD0}$$

$$\text{Equação 2: PMF (\%)} = (\text{MD0(g)} - \text{MCS(g)}) \times 100 / \text{MD0}$$

O resultado foi expresso em percentual (%) em relação à massa inicial do fruto.

#### **f) Solubilização da pectina**

A extração de pectina total e solúvel foi realizada segundo a metodologia descrita por McCready & McComb (1952), com algumas adaptações:

- Pectina total: 5 g de frutos, congelados e triturados em moinho analítico, foram homogeneizados com 25 mL de etanol 95% e mantidos a 5°C durante 30 minutos. Em seguida, o material foi filtrado em papel filtro quantitativo, sendo a parte líquida descartada e a amostra retida no filtro lavada duas vezes com 10 mL de etanol 75%. Após a dupla lavagem, a amostra foi transferida para um erlenmeyer e homogeneizada em 50 mL de solução de EDTA tetrassódico 0,05% com posterior adição de NaOH 1 N para correção de pH, ajustado para 11,5. O material foi mantido a 5°C por 30 minutos e em seguida teve seu pH ajustado para 5,5 com a adição de ácido acético glacial. Após acidificação, o material recebeu 100 mg de pectinase e foi levado a mesa de agitação por 60 minutos. Ocorreu uma nova filtração em papel filtro quantitativo e o filtrado foi recolhido em balão volumétrico, no qual foi adicionado água destilada até completar o volume de 100 mL. A solução obtida foi utilizada para determinação colorimétrica do teor de pectina total mg de ácido gálico 100 g<sup>-1</sup>, através da metodologia adaptada de Bitter & Muir (1962).

- Pectina solúvel: 5 g de frutos, congelados e triturados em moinho analítico, foram homogeneizados com 20 mL de etanol 95% e levados à mesa de agitação por 60 minutos. Posteriormente, o material foi filtrado em papel filtro quantitativo, sendo a parte líquida descartada e a amostra retida no filtro lavada duas vezes com 20 mL de etanol 75%. Após a dupla lavagem, a amostra foi transferida para um erlenmeyer, homogeneizada em 20 mL de solução de EDTA tetrassódico 0,05% e submetida novamente a agitação por 60 minutos. Ocorreu uma nova filtração em papel filtro quantitativo e o filtrado foi recolhido em balão volumétrico, no qual foi adicionado água destilada até completar o volume de 100mL. A solução obtida foi utilizada para determinação colorimétrica do teor de pectina solúvel em mg de ácido gálico 100 g<sup>-1</sup>, através da metodologia adaptada de Bitter & Muir (1962).

Os teores de pectina total (PT) e solúvel (PS) foram utilizados para cálculo da solubilização por meio da fórmula:

$$\% \text{ Solubilização (\%)} = (PT/PS) \cdot 100$$

### **g) Coloração da casca e da polpa**

Foi analisada com auxílio de um colorímetro, marca Minolta Chroma Meter CR-300, com iluminante D65, no sistema CIELAB. Foram determinados os valores de ângulo de cor ( $^{\circ}h$ ), cromaticidade ( $C^*$ ) e luminosidade ( $L^*$ ) (MCGUIRE, 1992). Para mensurar a coloração da casca foram realizadas duas leituras por fruto, em lados opostos na região equatorial. Para a coloração da polpa, os frutos foram cortados longitudinalmente e duas leituras foram realizadas em pontos equidistantes de uma das metades do fruto.

### **h) Antocianinas totais da casca**

A quantificação de antocianinas totais foi dada pelo método do pH diferencial. Para obtenção do extrato utilizado na análise foram pesados 3g da casca de ameixa, homogeneizados com 5 mL de etanol 95% acidificado em ácido clorídrico 1,5N (85:15) por meio de um vórtex por 10 segundos, e mantidos em repouso por uma hora sob temperatura de 4°C. Em seguida, a solução foi novamente agitada em vórtex e centrifugada a 10.000 xg durante 10 minutos. O sobrenadante foi coletado e mais 5 mL do solvente foram adicionados à amostra, sendo agitado em vórtex e centrifugado novamente. O procedimento de coleta do sobrenadante, adição do solvente, agitação e centrifugação foi repetido até que 25 mL de solvente tenham sido utilizados. O sobrenadante coletado foi utilizado como extrato, do qual foram retiradas alíquotas a serem diluídas em uma solução de cloreto de potássio pH 1 e em outra de acetato de sódio pH 4,5. A absorbância das diluições foram medidas a 520 e 700 nm. A absorbância da antocianina foi dada pela subtração da absorbância em pH 1,0 (520-700) pela absorbância do pH 4,5 (520-700). Os resultados foram expressos em mg de equivalente cianidina 3-glicosídeo por 100 g de casca, utilizando o peso molecular 449,5 g e o coeficiente de extinção molar 26900 L mol<sup>-1</sup> cm<sup>-1</sup>.

### **i) Compostos fenólicos totais**

A determinação de compostos fenólicos foi realizada de acordo com a Singleton e Rossi (1965). Para tanto, 1 g da polpa dos frutos, congelado e triturado em moinho analítico foi homogeneizado com 9 mL de acetona a 25% em vórtex por um minuto e mantido por 30 minutos em repouso sob refrigeração à 4°C. Em

seguida, o material foi centrifugado a 10000g durante 30 minutos a 4°C. O sobrenadante obtido foi utilizado como extrato, do qual uma alíquota de 0,5 mL foi colocada em tubo de ensaio e nela adicionados 2,5 mL de reagente de Folin-Ciocalteu 10%. Após 5 minutos de incubação no escuro em temperatura ambiente, 2mL de uma solução contendo Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> a 4% foi incorporada à essa solução, sendo posteriormente mantidas por 2 horas no escuro em temperatura ambiente. A absorbância foi medida a 765 nm. Os resultados foram expresso em mg equivalente de ácido gálico (GAE) por 100 g de amostra fresca.

#### **j) Atividade antioxidante**

A atividade antioxidante foi determinada pelo método de captura de radicais livres 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH) segundo metodologia de Brand-Willams et al. (1995). Em um tubo de ensaio foram pipetados 0,5 mL do extrato obtido para compostos fenólicos totais, 3 mL de etanol e 0,3 mL de um solução etanólica 0,5 mM de DPPH. Essa solução foi agitada em vórtex e mantida por 45 minutos em local escuro e temperatura ambiente. Em seguida, foi realizada a medida da absorbância a 515 nm. Os resultados foram expressos em µg equivalente de Trolox (TE) por grama de amostra fresca.

#### **k) Teor de ácido ascórbico**

Determinada de acordo com a metodologia descrita por Carvalho et al. (1990), na qual uma solução de 2,6-diclorofenol-indofenol (DCFI) foi utilizada na titulação de 10g de polpa do fruto diluída em 50mL de ácido oxálico 1%. Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico por kg de amostra fresca.

#### **l) Qualidade visual interna**

Desordens internas, com escurecimento e translucência da polpa, foram avaliadas por meio de análise visual da polpa dos frutos cortados transversalmente. Os resultados foram expressos em percentual de frutos afetados.

#### **5.2.4 Delineamento experimental e análises dos dados**

O delineamento experimental para as análises físico-químicas foi inteiramente aleatorizado em arranjo fatorial 4x4 (tratamentos x dias de análises) e cinco repetições de seis frutos por tratamento. Para a produção de etileno e atividade respiratória, o delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4 x 8 (tratamento x dias de análises), e cinco repetições de quatro frutos.

Os resultados obtidos foram analisados pelo software estatístico SAS, versão 9.2 (SAS Institute, Cary, NC, USA), sendo submetidos à análise de variância pelo Teste F. Em caso de significância, as médias foram submetidas ao teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

#### **5.3 Resultados e Discussão**

Houve diferença estatística para a interação dos tratamentos e dias de avaliação para a maioria das variáveis, exceto para acidez titulável, sólidos solúveis, ângulo Hue da casca e luminosidade da polpa, que apresentaram diferença estatística entre os tratamentos e dias de análise separadamente, e para a relação SS/AT e compostos fenólicos, que apresentaram diferença apenas entre os dias de análises (Tabela 1).

As tabelas contendo o teste de Tukey e o desdobramento das interações entre as variáveis e dias de armazenamento, quando presentes, se encontram no Anexo D.

Tabela 1 - Resumo da análise de variância por meio do teste F para as variáveis analisadas em ameixas 'Gulfblaze' tratadas com 450 nL L<sup>-1</sup> de 1-MCP, armazenadas sob refrigeração à 1°C + 6 dias de comercialização simulada, e com aplicação de etileno em diferentes períodos do armazenamento – Piracicaba - 2016

Variáveis	Valor de F			Média geral	C.V. (%)
	Tratamentos (T)	Dias de análises (D)	T X D		
Produção de etileno	734,50**	255,30**	109,37**	48,27	22,59
Atividade respiratória	18,43**	489,48**	11,96**	57,61	10,86
Firmeza da polpa	110,33**	2078,87**	30,21**	33,93	5,61
Sólidos solúveis	14,80**	39,113**	1,99 <sup>N.S.</sup>	10,24	1,65
Acidez titulável	5,14*	67,52**	1,64 <sup>N.S.</sup>	1,98	5,04
Relação SS/AT	2,86 <sup>N.S.</sup>	36,72**	1,41 <sup>N.S.</sup>	5,22	5,08
Perda de massa	99,09**	3878,56**	87,30**	3,10	5,08
Solubilização da pectina	45,56**	238,50**	19,81**	16,00	22,41
L* - Casca	40,38**	1224,42**	11,80**	30,99	2,12
h° - casca	5,33**	1765,69**	1,97 <sup>N.S.</sup>	28,73	4,30
C* - casca	40,77**	959,99**	16,95**	26,84	3,39
L* - polpa	12,41*	40,61**	1,43 <sup>N.S.</sup>	54,97	1,69
h° - polpa	34,85**	1009,23**	5,26**	92,06	0,99
C* - polpa	16,03**	64,44**	3,40**	35,25	3,52
Antocianinas	4,54*	560,88**	5,28**	322,42	11,10
Compostos fenólicos	2,17 <sup>N.S.</sup>	113,85**	0,94 <sup>N.S.</sup>	711,21	4,61
Ativid. antioxidante	15,23**	46,03**	19,30**	367,75	5,17
Ácido ascórbico	1,38 <sup>N.S.</sup>	11,16**	2,19**	40,92	12,62

<sup>N.S.</sup>: não significativo ao nível de 5% de probabilidade. \*: significativo ao nível de 5% de probabilidade. \*\*: significativo ao nível de 1% de probabilidade. Produção de Etileno:  $\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ; Atividade respiratória:  $\text{mL CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ; Firmeza: N; Sólidos Solúveis: °Brix; Acidez Titulável: % ácido málico; PMF: Perda de Massa Fresca: %; Solubilização da pectina: %; Antocianinas: mg equivalente cianidina 3-glicosídeo  $100 \text{ g}^{-1}$ ; Compostos fenólicos: mg ácido gálico  $100 \text{ g}^{-1}$ ; Atividade antioxidante:  $\mu\text{g Trolox g}^{-1}$ ; Ácido ascórbico:  $\text{mg kg}^{-1}$ . L\*: Luminosidade; h°: ângulo Hue; C\*: Cromaticidade;

## Produção de etileno

Para produção de etileno foi verificada diferença estatística na maioria dos dias avaliados, exceto aos 36 e aos 36+6 dias de armazenamento e comercialização simulada. Nas demais avaliações, os frutos não tratados com 1-MCP apresentaram maior produção de etileno. A única diferença estatística entre os tratamentos que receberam aplicação de 1-MCP foi observada aos 36+5 dias de armazenamento e comercialização simulada, em que os frutos tratados com 1-MCP e etileno aos 18 dias apresentaram maior média que os demais (Figura 1).

Independente do tratamento, não houve diferença entre a produção de etileno observada no dia da colheita e a observada na saída da refrigeração. Os frutos não tratados com 1-MCP exibiram o típico perfil climatérico, com aumento da produção de etileno iniciado no primeiro dia de comercialização simulada, com o pico de produção detectado no segundo e terceiro dia de comercialização simulada. Os tratamentos que receberam produção de 1-MCP exibiram perfil de produção de etileno semelhante, com o aumento verificado a partir do quinto dia de comercialização simulada.

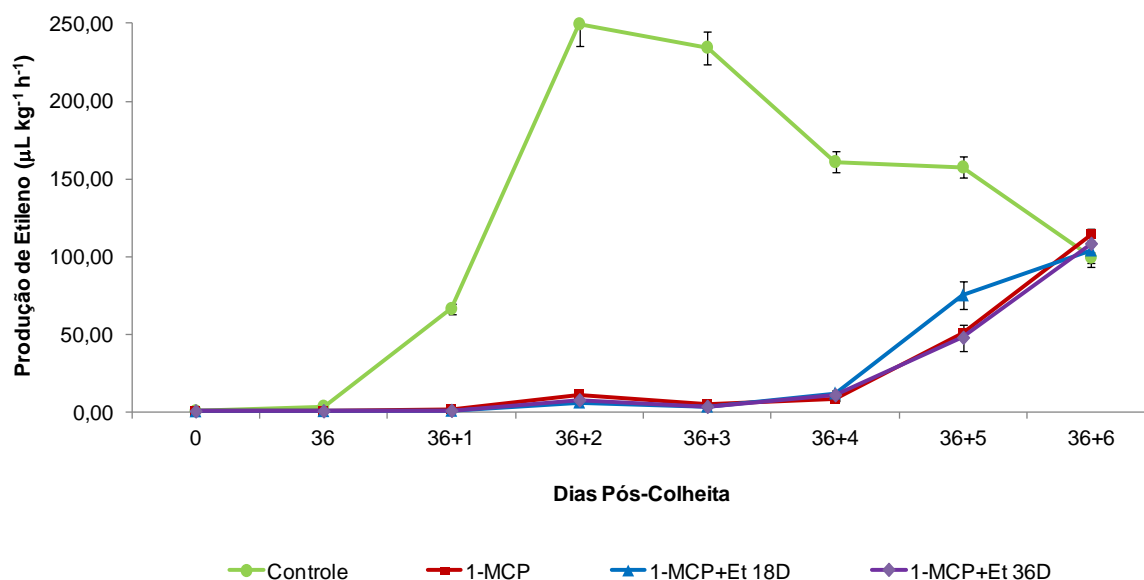


Figura 1 - Produção de etileno ( $\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) em ameixas 'Gulfblaze' tratadas com  $450 \text{ nL L}^{-1}$  de 1-MCP, armazenadas sob refrigeração a  $1^\circ\text{C}$  + 6 dias de comercialização simulada ( $25^\circ\text{C}$ ), e com aplicação de etileno em diferentes períodos do armazenamento. Análise para caracterização, no dia 0, realizada em temperatura ambiente ( $25^\circ\text{C}$ ). Barras verticais representam o erro padrão da média ( $n=5$ )



A manutenção da produção de etileno durante o período de refrigeração pode ser justificado pela redução da atividade da ACC sintase e ACC oxidase, enzimas necessárias à síntese de etileno. Segundo o modelo de Arrhenius (BISSWANGER, 2002), baixas temperaturas diminuem a atividade das enzimas. A elevada produção de etileno nos frutos armazenados a 1°C sem a aplicação de 1-MCP, verificada no primeiro dia da comercialização simulada, pode ser o resultado da retomada da atividade enzimática sob condição ambiente.

Dada à natureza proteica dos receptores de etileno e sua localização na membrana retículo endoplasmático (JU; CHANG, 2012; CHO; YOO, 2015), o armazenamento dos frutos em baixa temperatura pode ter interferido na formação de novos receptores de etileno. A viscosidade das membranas biológicas é reduzida sob baixas temperaturas e a alteração do seu estado físico pode interferir na atividade das proteínas ligadas a elas (MURATA; LOS, 1997; LOS; MURATA, 2004). A transferência dos frutos para condições de temperatura ambiente pode ter reiniciado a produção de novos receptores.

Sabendo-se que o 1-MCP se liga aos receptores de etileno de maneira irreversível (BLANKENSHIP; DOLE, 2003; SEREK, SISLER; REID, 1995), inibindo a produção autocatalítica desse fitormônio, é possível supor que o atraso no aumento da produção de etileno nos frutos tratados com 1-MCP tenha sido em resposta ao tempo necessário para formação de quantidade suficiente de novos receptores.

A ausência ou o reduzido número de receptores viáveis à ligação do etileno pode ser comprovada pela ausência de resposta da aplicação de etileno. A formação ou ativação de novos receptores em frutos tratados com 1-MCP foi citada por outros autores (JIANG; JOYCE; MACNISH, 1999; GOLDING et al., 1998), que inclusive, atribuem a retomada do processo de amadurecimento à esses processos. É improvável que a temperatura de armazenamento tenha tornado os frutos insensíveis à aplicação de etileno exógeno, visto que o tratamento que recebeu etileno aos 18 dias mostrou-se diferente dos demais tratamentos com 1-MCP aos 36+5 dias de armazenamento e comercialização simulada. Além disso, são encontrados resultados da aplicação de etileno em outras espécies de *Prunus*, como damasco e cereja a 0°C (PALOU et al., 2003) e de 1-MCP em ameixa a 1°C (ARGENTA et al., 2003), indicando que a ligação entre esses compostos e seus receptores ocorre à temperaturas baixas.

### **Atividade respiratória**

Diferenças estatísticas entre os tratamentos para a atividade respiratória foram observadas apenas nas avaliações realizadas durante o período de comercialização simulada (Figura 2). O tratamento em que os frutos não receberam aplicação de 1-MCP apresentou, até o terceiro dia de comercialização simulada, média superior aos demais tratamentos, os quais não diferiram entre si. No quarto dia de comercialização simulada, a diferença foi observada apenas entre o tratamento que não recebeu aplicação de 1-MCP e aquele submetido apenas à aplicação de 1-MCP, o qual exibiu menor média. Já no quinto dia de comercialização simulada, as maiores médias foram observadas nos tratamentos que receberam 1-MCP e etileno, que não diferiram entre si. Nessa mesma avaliação não foi verificada diferença entre os demais tratamentos. Na última avaliação, o tratamento que recebeu aplicação de 1-MCP e etileno aos 36 dias exibiu menor média que os demais tratamentos, que não diferiram estatisticamente entre si.

Foi observado um pico de atividade respiratória aos 36+2 dias no tratamento que não recebeu 1-MCP, com valor maior que o observado na colheita. Os demais tratamentos apresentaram um pico de produção aos 36+1 e 36+2 dias de armazenamento e comercialização simulada, sem que seus valores tenham alcançado aquele observado na colheita.

O tratamento que recebeu aplicação de etileno aos 36 dias de refrigeração exibiu um segundo aumento na atividade respiratória a partir do quarto dia de comercialização simulada. A mesma resposta foi observada nos demais tratamentos, sendo constatada, porém, a partir do quinto dia de comercialização simulada.

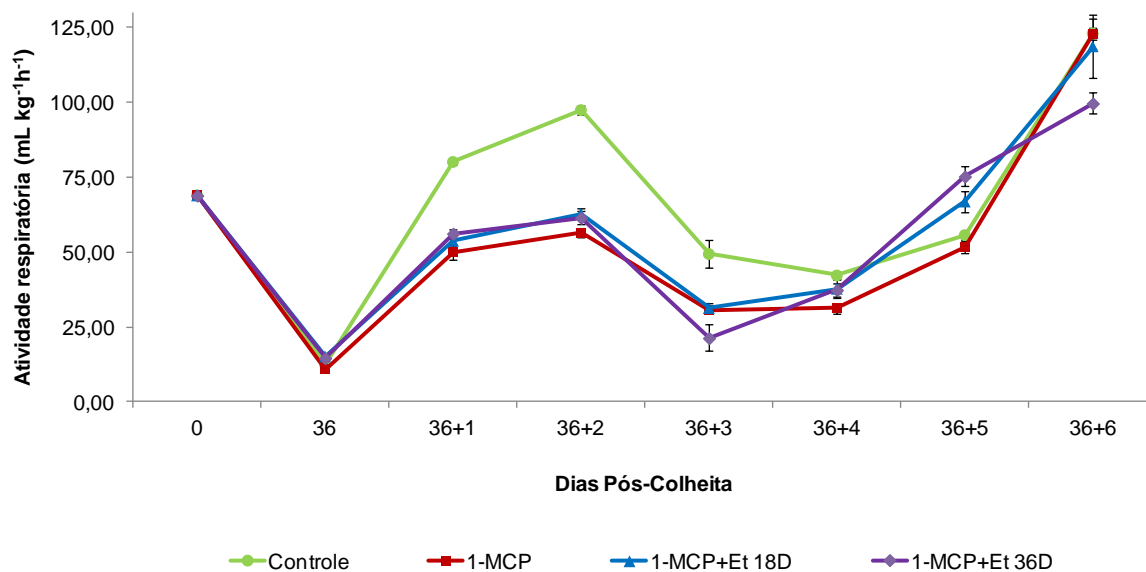


Figura 2 - Atividade respiratória (mL CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>) em ameixas 'Gulfblaze' tratadas com 450 nL L<sup>-1</sup> de 1-MCP, armazenadas sob refrigeração a 1°C + 6 dias de comercialização simulada (25°C), e com aplicação de etileno em diferentes períodos do armazenamento. Análise para caracterização, no dia 0, realizada em temperatura ambiente (25°C). Barras verticais representam o erro padrão da média (n=5)

A redução na atividade respiratória durante o período refrigerado pode ser explicada pela inibição da atividade enzimática conferida pela baixa temperatura. A menor atividade respiratória observada durante o período de comercialização simulada nos frutos tratados com 1-MCP é condizente aos resultados encontrados em ameixas por Khan, Singh e Swinny (2009), Dong, Lurie e Zhou (2002) e Abdi (1988).

O padrão bifásico de respiração, observado em todos os tratamentos, também foi descrito por Khan, Singh e Swinny (2009) em ameixas 'Tegan Blue' tratadas ou não com 1-MCP durante o amadurecimento a 20°C. O primeiro pico da atividade respiratória dos frutos que não receberam 1-MCP foi coincidente com o pico de produção de etileno.

O primeiro aumento respiratório dos frutos tratados com 1-MCP, verificado logo após a saída da refrigeração, não coincidiu com o aumento da produção de etileno. O pico climatérico respiratório desses frutos até o sexto dia de comercialização simulada não foi bem definida, mesmo com a presença de etileno. Essa resposta pode ser justificada pela inabilidade dos frutos em perceber etileno e de produzir novos receptores (KHAN; SINGH; SWINNY, 2009; ABDI et al., 1998).

O segundo aumento da atividade respiratória dos frutos tratados com 1-MCP, verificada no quinto dia de comercialização simulada, foi coincidente com o aumento

da produção de etileno, exceto nos frutos tratados com etileno aos 36 dias, nos quais o aumento da atividade respiratória precedeu em um dia ao aumento da produção de etileno. De maneira geral, a aplicação de 1-MCP retardou em três dias o aumento climatérico desses frutos. O atraso no climatérico verificado nesse trabalho também foi encontrado por Luo et al. (2009) em ameixa 'Qingnai', Managaris et al. (2007) em ameixa 'Joanna Red', Candan et al. (2006) em ameixa 'Blackamber', Argenta et al. (2003) em ameixa 'Laetitia', e Dong, Lurie e Zhou (2002) em ameixa 'Royal Zee'.

### Firmeza da Polpa

O tratamento em que os frutos não receberam aplicação de 1-MCP exibiu menor valor para a firmeza em todos os dias avaliados. Também foi observado que os frutos tratados apenas com o 1-MCP apresentaram maior firmeza que aqueles tratados com etileno três dias após a saída da refrigeração. Não houve diferença estatística entre os tratamentos com aplicação de 1-MCP aos 36 e aos 36+6 dias de armazenamento e comercialização simulada (Figura 3).

Todos os tratamentos apresentaram redução linear na firmeza ao longo do período avaliado.

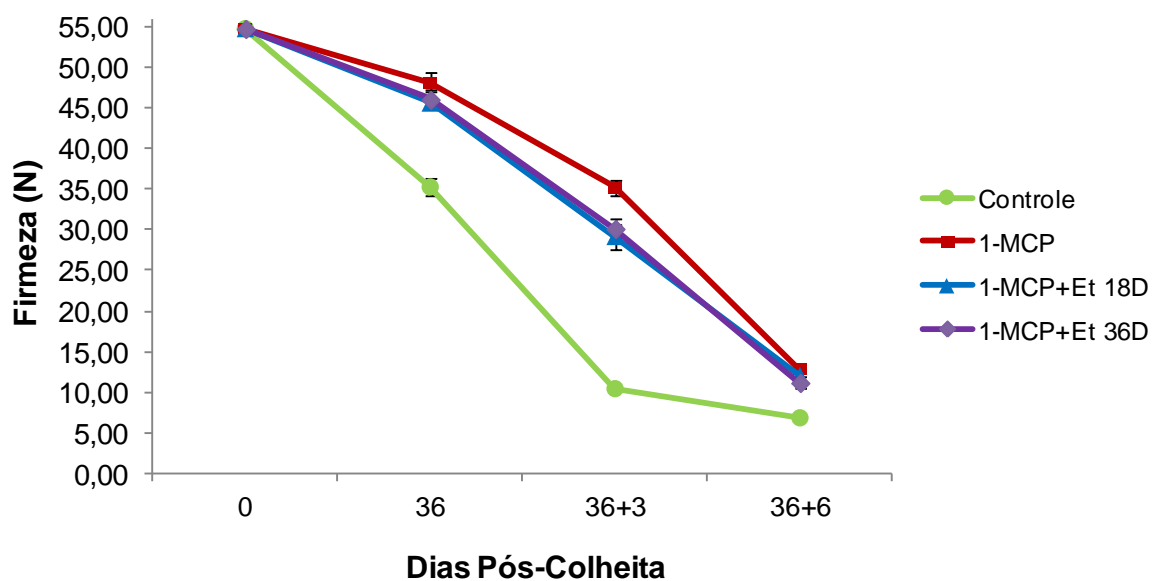


Figura 3 – Firmeza da polpa (Newton) em ameixas 'Gulfblaze' tratadas com  $450 \text{ nL L}^{-1}$  de 1-MCP, armazenadas sob refrigeração a  $1^{\circ}\text{C}$  + 6 dias de comercialização simulada ( $25^{\circ}\text{C}$ ), e com aplicação de etileno em diferentes períodos do armazenamento. Análise para caracterização, no dia 0, realizada em temperatura ambiente ( $25^{\circ}\text{C}$ ). Barras verticais representam o erro padrão da média ( $n=5$ )

Dentre os processos que ocorrem durante o amadurecimento, a perda da firmeza é o mais sensível ao etileno (LELIÈVRE et al., 1997), e está associado a mudanças no grau de polimerização de polissacarídeos, que resultam em modificações na da estrutura da parede celular e na redução da coesão dos tecidos (FISCHER; BENNETT, 1991).

Como verificado em outros trabalhos (MINAS et al., 2013; MENNITI; GREGORI; DONATI, 2004; DONG et al., 2001), a aplicação de 1-MCP antes da refrigeração reduziu o amolecimento da polpa de ameixas durante o período refrigerado e durante a comercialização simulada. Segundo Khan e Singh (2007), a aplicação do 1-MCP reduz a atividade das enzimas exo-poligalacturonase e endo-poligalacturonase, relacionadas ao amolecimento, proporcionando manutenção da firmeza.

É provável que o etileno exógeno aplicado aos 18 e 36 dias de armazenamento tenha permanecido no tecido dos frutos, desencadeando o amolecimento da polpa aos 36+3 dias de armazenamento e comercialização simulada. Como não foi verificada diferença entre os frutos tratados com 1-MCP daqueles tratados com 1-MCP e etileno no sexto dia de comercialização simulada, pode-se supor que houve saturação dos centros de ativação enzimática.

De acordo com Crisosto et al. (2001), as ameixas são classificadas como “prontas para comprar” quando a firmeza está entre 13 e 26 N, e como ‘prontas para comer”, quando apresentam firmeza inferior a 13 N. De acordo com Donoso e Galdames (1973), a manipulação e comercialização de ameixas é possível até que elas alcancem firmeza de 8 N. Dessa forma, os frutos tratados com 1-MCP, independente da aplicação de etileno, ainda não se apresentavam “prontos para comprar” aos três dias de comercialização simulada, enquanto que os frutos sem tratamento de 1-MCP já foram considerados “prontos para comer”. Já no sexto dia de comercialização simulada, os tratamentos com 1-MCP foram classificados como “prontos para comer” e foram os únicos que se encontravam em condições de comercialização e manipulação.

### **Teor de sólidos solúveis**

De maneira geral, o teor de sólidos solúveis foi maior nos tratamentos que receberam aplicação do 1-MCP, sem distinção estatística entre eles (Figura 4). Além disso, houve redução no teor de sólidos solúveis durante o armazenamento e

período de comercialização simulada, porém a média verificada aos 36+6 dias foi maior que aquelas observadas aos 36 e 36+3 dias de armazenamento e comercialização simulada.

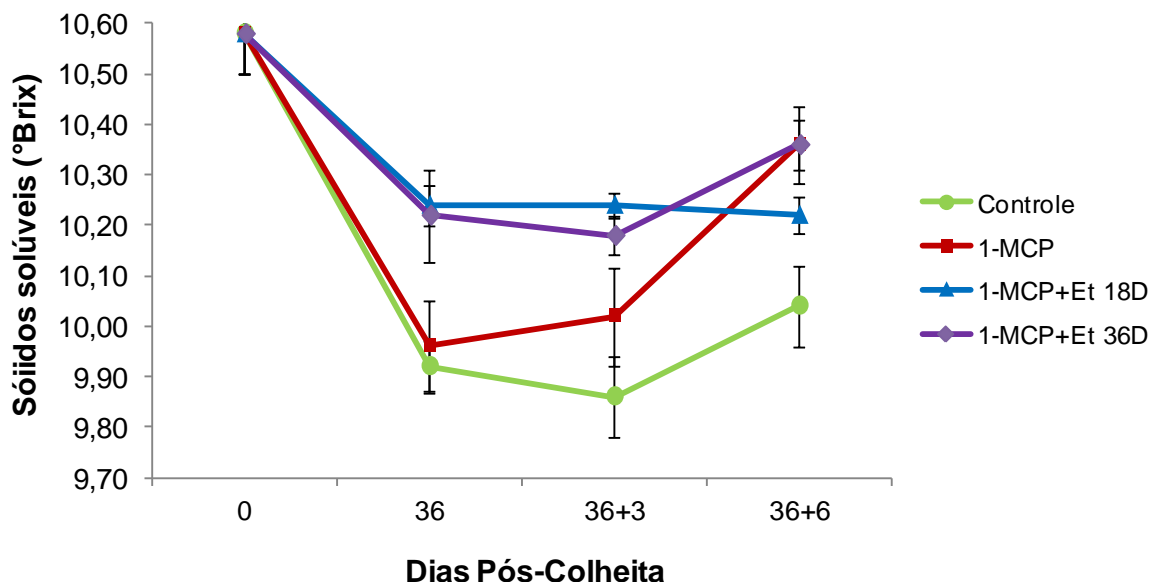


Figura 4 - Teor de sólidos solúveis (°Brix) em ameixas 'Gulfblaze' tratadas com 450 nL L<sup>-1</sup> de 1-MCP, armazenadas sob refrigeração a 1°C + 6 dias de comercialização simulada (25°C), e com aplicação de etileno em diferentes períodos do armazenamento. Análise para caracterização, no dia 0, realizada em temperatura ambiente (25°C). Barras verticais representam o erro padrão da média (n=5)

O teor de sólidos solúveis está altamente associado com a qualidade sensorial e desempenha um papel crucial na aceitação do consumidor, sendo responsável por 75% da aceitação (CRISOSTO et al., 2004). Cerca de 80% dos sólidos solúveis é composto por açúcares (BRADY, 2003).

A aplicação de 1-MCP em ameixas 'Gulfblaze' proporcionou maiores valores para o teor de sólidos solúveis. Os açúcares, que são os principais constituintes dos sólidos solúveis, são utilizados como substratos na respiração (SALTVEIT, 2004; YU, 1999). A menor atividade respiratória verificada nos frutos tratados com 1-MCP pode justificar os maiores valores de sólidos solúveis observados nesses frutos

O efeito do 1-MCP no aumento do teor de sólidos solúveis observado nesse estudo corrobora com os resultados encontrados por Ozkaya e Dündar (2009) em ameixas 'Black Diamond', em figo (OZKAYA; ÇÖMLEKÇIOĞLU; DEMIRCIOĞLU, 2014) e abacaxi (SELVARAJAH; BAUCHOT; JOHN, 2001). Fan et al. (1999) também encontraram resultados semelhantes em maçãs 'Delicious' e 'Fuji'. No entanto, os resultados desse trabalho discordam com os encontrado por Bae, Lee e

Lee (2011) em ameixas 'Formosa', Khan e Singh (2010) em ameixa 'Tegan Blue', Candan et al. (2006) em ameixas 'Blackamber', Menniti, Gregori e Donati (2004) em ameixas 'Fortune' e Argenta et al. (2003) em ameixa 'Laetitia', os quais não verificaram efeito da aplicação de 1-MCP no teor de sólidos solúveis.

A redução dos sólidos solúveis ao longo do armazenamento pode ser atribuída a uma possível atividade respiratória durante o armazenamento refrigerado. O incremento do teor de sólidos solúveis verificado na última análise pode ser relacionado ao aumento de açúcares que ocorre em frutos climatéricos à medida que amadurecem (SINGH; KHAN, 2010).

### Acidez titulável

A acidez titulável variou entre os tratamentos durante o período avaliado, no qual foi observado menor percentual de ácido málico no tratamento sem aplicação de 1-MCP. Já os tratamentos com aplicação de 1-MCP e etileno apresentaram maiores valores de acidez titulável, sem diferir estatisticamente entre si (Figura 5).

Também foi verificado decréscimo na acidez titulável ao longo do armazenamento e comercialização simulada, com menor valor alcançado no sexto dia de comercialização simulada.

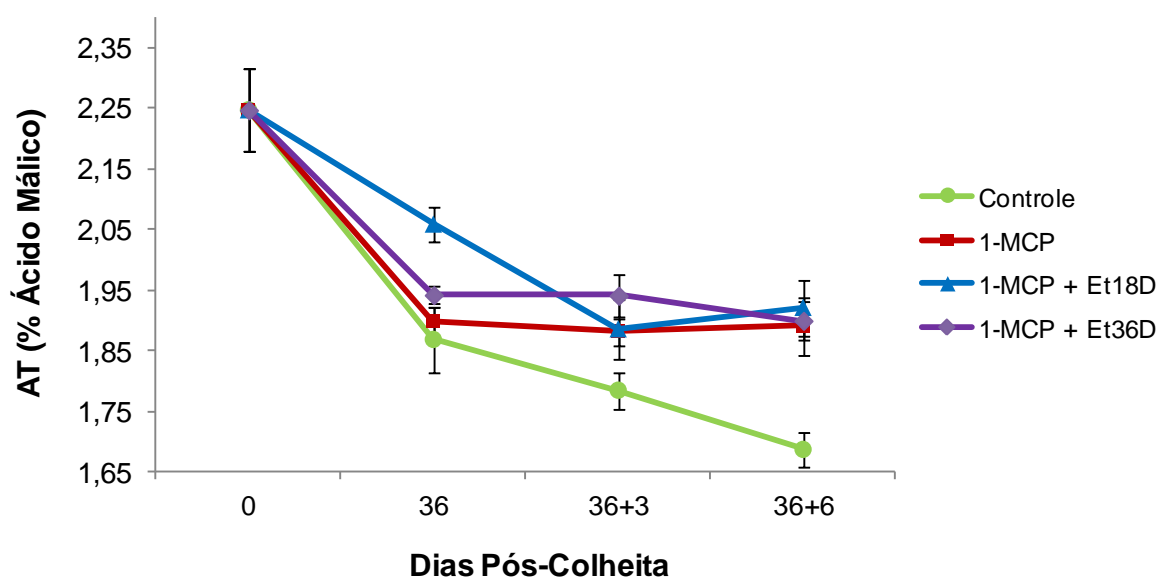


Figura 5 - Acidez titulável (% ácido málico) em ameixas 'Gulfblaze' tratadas com 450 nL L<sup>-1</sup> de 1-MCP, armazenadas sob refrigeração a 1°C + 6 dias de comercialização simulada (25°C), e com aplicação de etileno em diferentes períodos do armazenamento. Análise para caracterização, no dia 0, realizada em temperatura ambiente (25°C). Barras verticais representam o erro padrão da média (n=5)

A acidez do fruto, representada pela acidez titulável, é um importante componente da qualidade sensorial dos frutos (ETIENNE et al., 2013), e sua concentração é em resposta aos ácidos orgânicos presente na polpa, tais como ácido cítrico, succínico e málico, sendo este último predominante em ameixas (SINGH; KHAN, 2010). Assim como os sólidos solúveis, a acidez titulável exerce grande influência na aceitação pelo consumidor (CRISOSTO et al, 2004).

A redução da acidez durante o amadurecimento tem sido observada em ameixas (MINAS et al., 2015; BAE et al., 2014; SINGH; SINGH; SWINNY, 2009), e os resultados desse trabalho confirmam esse fato.

A falta de clareza na resposta da aplicação de 1-MCP na acidez de ameixa 'Gulfblaze' estão em desacordo com os resultados encontrados por MINAS et al. (2015) em ameixa 'Joanna Red', por Argenta et al. (2003), em ameixa 'Laetitia', Salvador, Cuquerella e Martinez-Jávega (2003) em ameixa 'Santa Rosa' e por Dong, Lurie, Zhou (2002), em ameixa 'Royal Zee', os quais verificaram redução da acidez titulável, justificando essa resposta a menor atividade respiratória atribuída pelo 1-MCP e, conseqüente reduzida demanda de ácidos orgânicos como substratos respiratórios.

A maior acidez titulável observada nesse trabalho nos tratamentos que receberam etileno estão em desacordo com Palou et al. (2003), que não verificaram resposta da contínua exposição de etileno exógeno ( $100 \mu\text{L L}^{-1}$ ) na acidez titulável de ameixas 'Fortune'.

### **Relação sólidos solúveis/acidez titulável**

A relação entre os sólidos solúveis e a acidez titulável aumentou durante o período refrigerado e de comercialização simulada. As diferenças foram observadas entre o dia da colheita e os demais dias de avaliação. Contudo, a média observada aos 36 dias foi diferente apenas da observada na avaliação realizada aos seis dias de comercialização simulada (Figura 6).



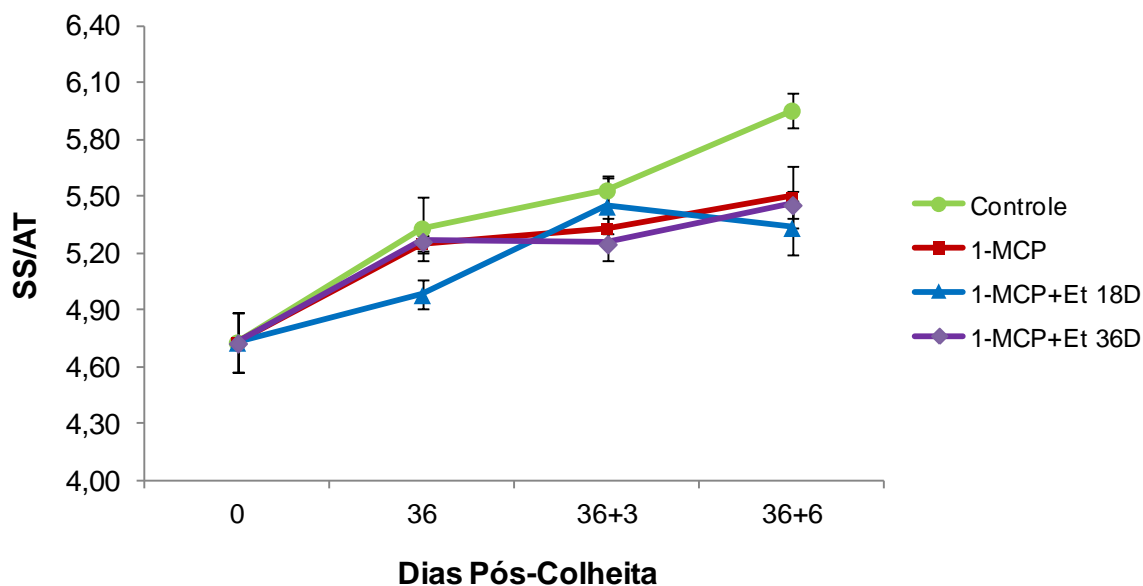


Figura 6 – Relação sólidos solúveis/ácidez titulável em ameixas ‘Gulfblaze’ tratadas com 450 nL L<sup>-1</sup> de 1-MCP, armazenadas sob refrigeração a 1°C + 6 dias de comercialização simulada (25°C), e com aplicação de etileno em diferentes períodos do armazenamento. Análise para caracterização, no dia 0, realizada em temperatura ambiente (25°C). Barras verticais representam o erro padrão da média (n=5)

Segundo Crisosto (1994), a razão entre sólidos solúveis/ácidez titulável está mais relacionada à qualidade do que esses parâmetros considerados individualmente. A redução da acidez titulável ao longo do armazenamento e comercialização simulada foi o principal responsável pelo aumento da relação sólidos solúveis/ácidez titulável (SS/AT). Essa resposta contribuiu grandemente para a qualidade dos frutos, visto que a baixa relação SS/AT devido à alta acidez interfere negativamente na aceitação de ameixas (CRISOSTO et al., 2004; MINAS et al., 2013). O aumento da relação SS/AT ao longo do armazenamento refrigerado e comercialização simulada também foi verificado por encontrados por Valero et al. (2003).

Considerando que não houve diferença significativa para relação SS/AT entre os frutos controle e aqueles que receberam aplicação de 1-MCP combinada ou não com etileno, a aplicação desses produtos não afeta a aceitação da ameixa ‘Gulfblaze’ pelos consumidores. Os resultados aqui verificados estão condizentes com os encontrados por Minas et al. (2013), que também não verificaram efeito do 1-MCP na relação SS/AT em ameixas ‘Yummy Beaut’ e ‘Black Splendor’.

## Perda de massa

Em todas as avaliações foi verificado que os tratamentos que receberam aplicação de etileno não apresentaram diferença entre si e exibiram maior perda de massa em comparação aos demais tratamentos. Além disso, o tratamento que recebeu apenas 1-MCP não diferiu daquele que não recebeu a aplicação do produto (Figura 7).

O percentual de perda de massa observado durante o período de armazenamento refrigerado foi maior nos frutos que receberam etileno. Durante o período de comercialização simulada o percentual de perda foi semelhante entre os tratamentos.

A perda de massa aumentou o longo do armazenamento para todos os tratamentos de maneira linear.

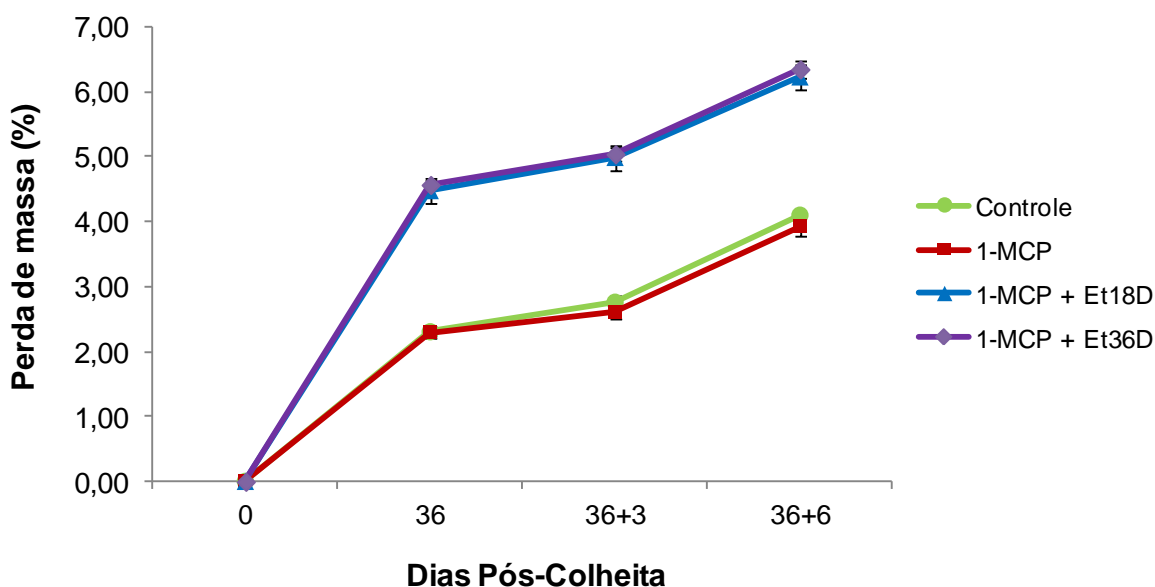


Figura 7 – Perda de massa (%) em ameixas 'Gulfblaze' tratadas com  $450 \text{ nL L}^{-1}$  de 1-MCP, armazenadas sob refrigeração a  $1^\circ\text{C}$  + 6 dias de comercialização simulada ( $25^\circ\text{C}$ ), e com aplicação de etileno em diferentes períodos do armazenamento. Análise para caracterização, no dia 0, realizada em temperatura ambiente ( $25^\circ\text{C}$ ). Barras verticais representam o erro padrão da média ( $n=5$ )

A perda de massa fresca em frutos é atribuída à perda de água ocasionada, principalmente, pela transpiração. A transpiração, por sua vez, é um processo físico que envolve a passagem da umidade através da casca, juntamente com a evaporação da água da superfície do fruto e o movimento do vapor de água da

superfície do fruto para o ambiente (BECKER; FRICKE, 1996; MISHRA; GAMAGE, 2007).

A condição em que a aplicação do etileno foi realizada, dentro de caixas hermeticamente fechadas sem o controle da umidade, pode justificar a maior perda de água nos frutos tratados com 1-MCP, e conseqüentemente, a maior perda de massa. É possível que a aplicação de etileno tenha provocado reações químicas de natureza exotérmica no interior dos frutos, elevando a transpiração durante as 12 horas de aplicação. A diferença entre a umidade do fruto e a umidade do ambiente originou um fluxo de transferência de massa úmida do interior do fruto para o ambiente externo, incrementando a perda de água.

A ausência do efeito da aplicação de apenas 1-MCP observado nesse trabalho corroboram com os resultados de Salvador, Cuquerella e Martínez-Jávega (2003), que também não viram diferença na perda de massa de ameixas 'Santa Rosa' tratadas ou não com 1-MCP.

### **Solubilização de pectina**

A solubilização das pectinas dos frutos que não receberam aplicação de 1-MCP foi maior nas avaliações realizadas aos 36 e 36+3 dias de armazenamento e comercialização simulada (Figura 8). Os demais tratamentos não diferiram estatisticamente entre si nessas avaliações.

Na avaliação realizada no sexto dia de comercialização simulada foi verificado que o tratamento com 1-MCP e etileno aos 18 dias de armazenamento exibiram maior solubilização de pectinas, diferindo do tratamento com aplicação apenas de 1-MCP e daquele com aplicação de etileno aos 36 dias, que inclusive exibiu a menor média para essa variável.

Foi observado aumento da solubilização de pectinas em todos os tratamentos. No entanto, os frutos que não receberam aplicação de 1-MCP exibiram incremento da solubilização até o terceiro dia de comercialização simulada, seguido de decréscimo. Nos demais tratamentos, o crescimento foi linear, com valor máximo observado na última avaliação.

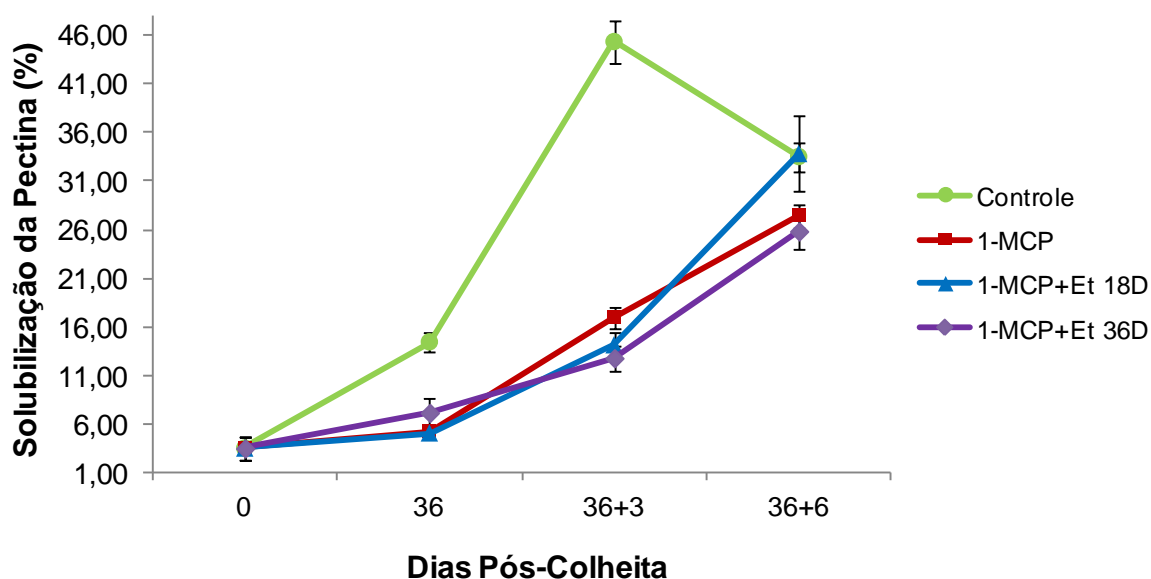


Figura 8 - Solubilização de pectina (%) em ameixas 'Gulfblaze' tratadas com 450 nL L<sup>-1</sup> de 1-MCP, armazenadas sob refrigeração a 1°C + 6 dias de comercialização simulada (25°C), e com aplicação de etileno em diferentes períodos do armazenamento. Análise para caracterização, no dia 0, realizada em temperatura ambiente (25°C). Barras verticais representam o erro padrão da média (n=5)

As principais alterações na textura durante o amadurecimento resultam, principalmente, das alterações na estrutura e composição da parede celular, e da solubilização parcial ou completa de pectinas e celulose (REDGWELI et al., 1992; SEYMOUR; LASSLETT; TUCKER, 1987). A solubilização das pectinas é relacionada com a perda de firmeza dos frutos durante a maturação, considerando que esse processo é o reflexo da desmontagem da parede da célula, o que confere perda da rigidez celular e da adesão intercelular, (BRUMMEL, 2006; CARRINGTON; GREVE; LABAVITCH, 1993; KNEE; BARTLEY, 1981).

Além de alterações na parede celular, a redução na pressão de turgor também contribui para o amolecimento dos frutos (IWANAMI et al., 2008; THOMAS; SHACKEL; MATTHEWS, 2008; SALADIE et al., 2007). Os frutos tratados com 1-MCP não diferiram entre si quanto à solubilização aos 36+3 dias de armazenamento refrigerado e comercialização simulada, mas os frutos tratados com etileno apresentaram menor firmeza que aquele tratado apenas com 1-MCP, sugerindo que a redução da firmeza não é conferida apenas pela solubilização de pectinas. A menor pressão de turgor pode ser a responsável, já que esses frutos apresentaram maior perda de água, e conseqüentemente menos turgidos.

A menor solubilização da pectina verificada pelos tratamentos que receberam 1-MCP pode ser justificada pela supressão da produção de etileno (SINGH; KHAN, 2010) e pela ausência ou reduzida quantidade de receptores de etileno disponíveis durante a aplicação de etileno exógeno. Ao inibir a ação do etileno, há redução da atividade enzimática relacionada à degradação da parede celular, como a PG e PME. Em pesquisa com ameixa 'Qingnai', Luo et al. (2009) confirmaram que a aplicação de 1-MCP resultou no atraso da atividade da PME e PG. Khan e Singh (2007) verificaram que ameixas 'Tegan Blue' tratadas com 1-MCP exibiram menor atividade da PG. Resultados semelhantes também foram encontrados por Ahmad, Ali e Zaina (2013) verificaram redução na atividade da PME em mamão tratado com 1-MCP.

A maior média de solubilização da pectina exibida pelos frutos que receberam aplicação de etileno aos 18 dias pode indicar a relação entre o etileno e a atividade das enzimas de degradação da parede celular, considerando que a presença de etileno residual no tecido possa ter contribuído para este fato. A diferença da solubilização da pectina entre os tratamentos que receberam 1-MCP aos 36+6 dias não foi refletida na firmeza da polpa.

O aumento da solubilização ao longo do amadurecimento observado nesse trabalho está de acordo com Manganaris, Vicente e Crisosto (2008), os quais citam que durante o amadurecimento de ameixas há aumento da solubilização de pectinas.

## **Coloração**

### **a) Coloração da casca**

Houve diferença estatística entre os tratamentos para a luminosidade da casca nas avaliações realizadas aos 36 e aos 36+3 dias de armazenamento e comercialização simulada, nas quais foi visto que as ameixas não tratadas com 1-MCP apresentavam luminosidade da casca menor que os demais tratamentos. No dia em que os frutos saíram do armazenamento refrigerado, os tratamentos com aplicação de etileno exibiram valores maiores de luminosidade, diferindo-se dos demais tratamentos sem apresentar diferença entre si. Não houve diferença entre os tratamentos que receberam 1-MCP aos 36+3 dias de armazenamento refrigerado e comercialização simulada, independente da aplicação de etileno (Figura 9).

De maneira geral, houve redução da luminosidade da casca ao longo do armazenamento e comercialização simulada. Contudo, os frutos que não receberam 1-MCP já tinham alcançado luminosidade mínima três dias após a saída da refrigeração, enquanto que os demais tratamentos exibiram os menores valores para essa variável na última avaliação.

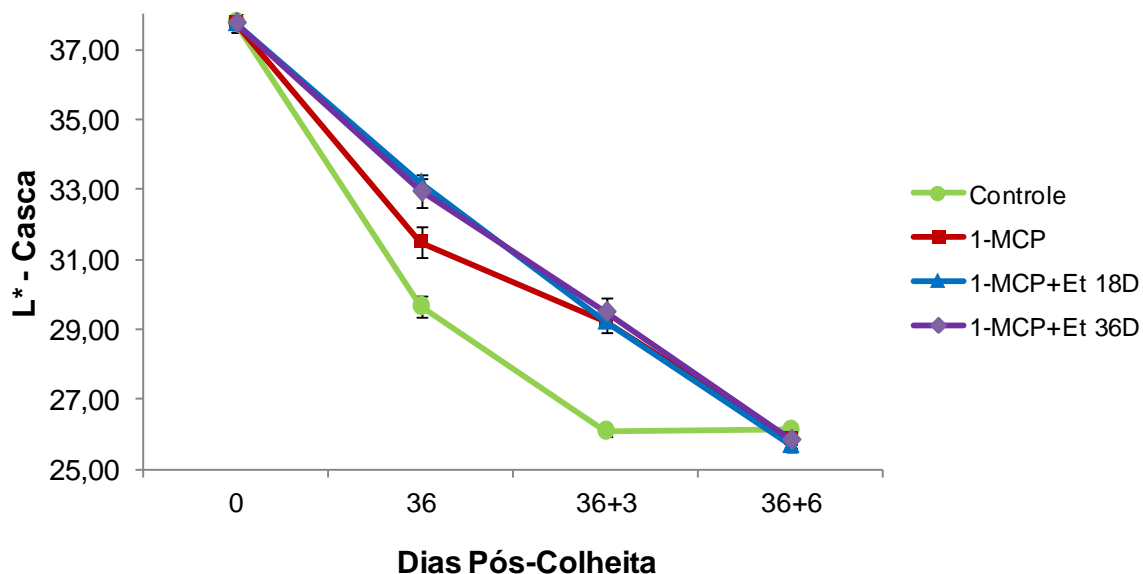


Figura 9 - Luminosidade da casca em ameixas 'Gulfblaze' tratadas com 450 nL L<sup>-1</sup> de 1-MCP, armazenadas sob refrigeração a 1°C + 6 dias de comercialização simulada (25°C), e com aplicação de etileno em diferentes períodos do armazenamento. Análise para caracterização, no dia 0, realizada em temperatura ambiente (25°C). Barras verticais representam o erro padrão da média (n=5)

Os frutos tratados com 1-MCP exibiram menor ângulo Hue da casca que aqueles tratados com o produto. Não houve diferença significativa entre os tratamentos que receberam aplicação de 1-MCP (Figura 10). Também foi notado que o ângulo Hue na casca mensurado na colheita foi maior que nos demais dias avaliados, ocorrendo diminuição dos valores para essa variável ao longo do armazenamento e comercialização simulada.

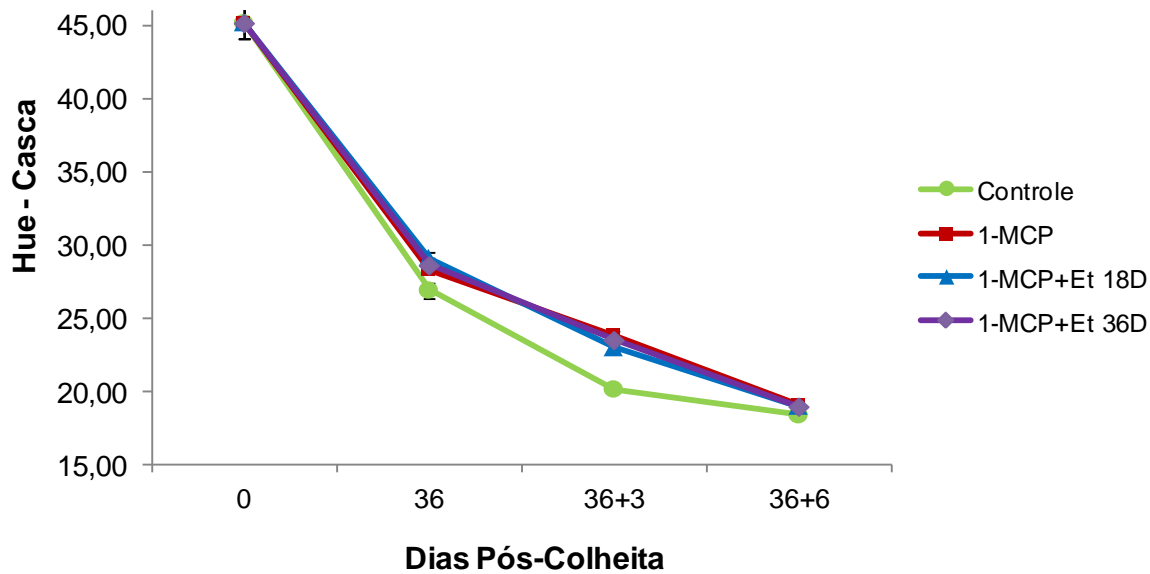


Figura 10 - Ângulo Hue da casca em ameixas 'Gulfblaze' tratadas com  $450 \text{ nL L}^{-1}$  de 1-MCP, armazenadas sob refrigeração a  $1^\circ\text{C}$  + 6 dias de comercialização simulada ( $25^\circ\text{C}$ ), e com aplicação de etileno em diferentes períodos do armazenamento. Análise para caracterização, no dia 0, realizada em temperatura ambiente ( $25^\circ\text{C}$ ). Barras verticais representam o erro padrão da média ( $n=5$ )

Apenas durante o período de comercialização simulada foi possível verificar diferenças entre os tratamentos quanto à cromaticidade da casca. Em todas as avaliações, os menores valores foram verificados nos frutos que não receberam aplicação de 1-MCP. Aos 36+3 dias de armazenamento e comercialização simulada os frutos submetidos apenas à aplicação de 1-MCP exibiram valor de cromaticidade maior que os verificados nos tratamentos que também receberam a aplicação de etileno, os quais não diferiram entre si. No último dia de avaliação, os tratamentos que receberam o 1-MCP não apresentaram diferença entre si (Figura 11).

A cromaticidade da casca dos frutos aumentou durante a refrigeração. Isso pode ser verificado por meio dos maiores valores mensurados na avaliação realizada aos 36 dias. Além disso, uma redução linear da cromaticidade foi observada durante o período de comercialização simulada, independente do tratamento avaliado.

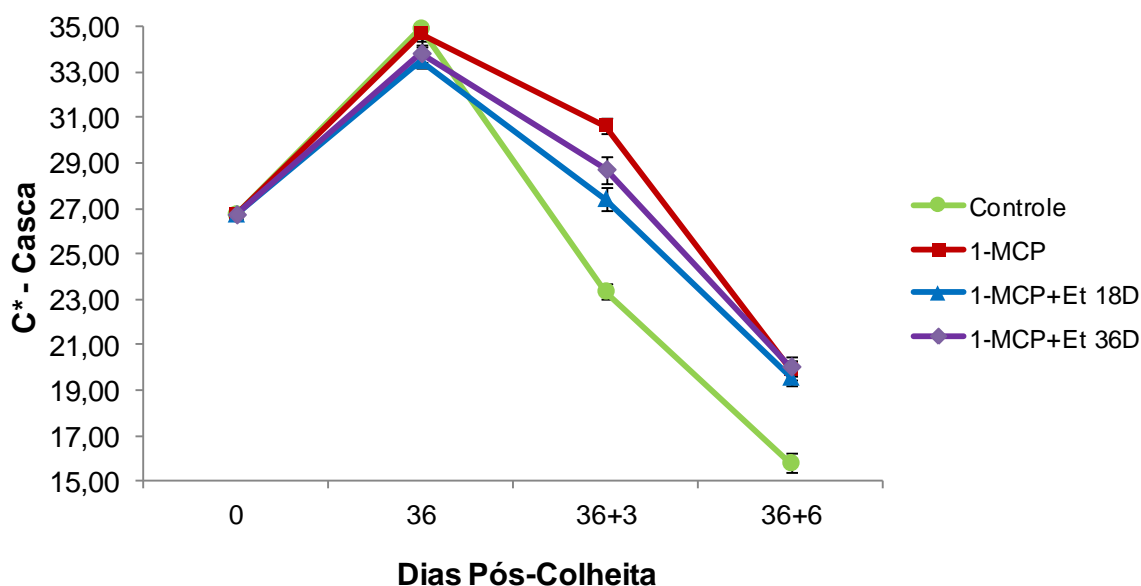


Figura 11 - Cromaticidade da casca em ameixas 'Gulfbreeze' tratadas com 450 nL L<sup>-1</sup> de 1-MCP, armazenadas sob refrigeração a 1°C + 6 dias de comercialização simulada (25°C), e com aplicação de etileno em diferentes períodos do armazenamento. Análise para caracterização, no dia 0, realizada em temperatura ambiente (25°C). Barras verticais representam o erro padrão da média (n=5)

A coloração da casca dos frutos é um dos atributos mais levados em consideração pelos consumidores e muitas vezes é decisiva na hora da compra (VALERO et al., 2005). A luminosidade é relacionada ao brilho do fruto e quanto a ser mais claro ou escuro. A cromaticidade indica quão intensa ou pura é determinada cor, e o ângulo Hue, por sua vez, indica a tonalidade, ou a cor propriamente dita (MCGUIRE, 1992).

A mudança na cor dos frutos durante o amadurecimento é dada pela degradação da clorofila e desestruturação do aparato fotossintético, evidenciando a presença de antocianinas e carotenoides, já existentes nos frutos, acompanhados pela síntese e acúmulo desses pigmentos, que aumentam tanto na casca quanto na polpa à medida que as ameixas amadurecem (PRASANNA, PRABHA e THARANATHAN, 2007; SINGH; KHAN, 2010).

Durante o período de armazenamento refrigerado e comercialização simulada, houve diminuição nos valores dos parâmetros de cor da casca para todos os tratamentos. A redução no ângulo Hue indica que os frutos ficaram mais vermelhos, perdendo a coloração verde-amarelada residual que apresentavam na colheita. A redução na luminosidade e na cromaticidade indicaram que os frutos ficaram com casca mais escura, possivelmente pelo acúmulo de pigmentos, e com



vermelho menos intenso. Segundo Abdi et al. (1998), a mudança da coloração da casca de verde para vermelho no decorrer do amadurecimento de ameixas se dá pelo acúmulo de antocianinas, havendo também acúmulo de carotenóides (SINGH; KHAN, 2010).

Os resultados desse trabalho quanto aos maiores valores do ângulo Hue nos frutos tratados com 1-MCP corroboram com Menniti, Gregori e Donati (2004) em ameixa 'Fortune'. Os resultados para a menor redução da luminosidade e cromaticidade foram semelhantes aos observados por Martinez-Romero et al. (2003) em ameixas 'Santa Rosa tratadas' tratadas com 1-MCP. Khan, Singh e Swinny (2009) também verificaram maior luminosidade e cromaticidade da casca em ameixas 'Tegan Blue' tratadas com 1-MCP. No entanto, esses autores comentaram que não houve efeito do 1-MCP no ângulo Hue da casca desses frutos, discordando dos resultados desse trabalho para ameixa 'Gulfblaze', nas quais a aplicação de 1-MCP confere maior ângulo Hue.

A aplicação de etileno, tanto aos 18 quanto aos 36 dias de armazenamento refrigerado, antecipou a redução da cromaticidade da casca em relação ao tratamento que recebeu apenas o 1-MCP. Com o avanço do amadurecimento, há diminuição na cromaticidade da casca da ameixa colhida no estágio maduro, que perde o tom vermelho intenso e ganha um tom arroxeado.

Os resultados desse trabalho sugerem que a mudança de cor durante o amadurecimento de ameixa é dependente do etileno, informação anteriormente citada por Lelievre et al. (1997) para os frutos em geral.

### **Luminosidade da polpa**

A luminosidade da polpa dos frutos não tratados com 1-MCP e daqueles que receberam aplicação de 1-MCP e etileno aos 18 dias foi menor que a observada nos frutos tratados apenas com 1-MCP e nos tratados com 1-MCP e etileno aos 36 dias (Figura 12). A polpa dos frutos teve luminosidade reduzida ao longo do período avaliado, com menor valor alcançado aos 36+6 dias de armazenamento refrigerado e comercialização simulada.

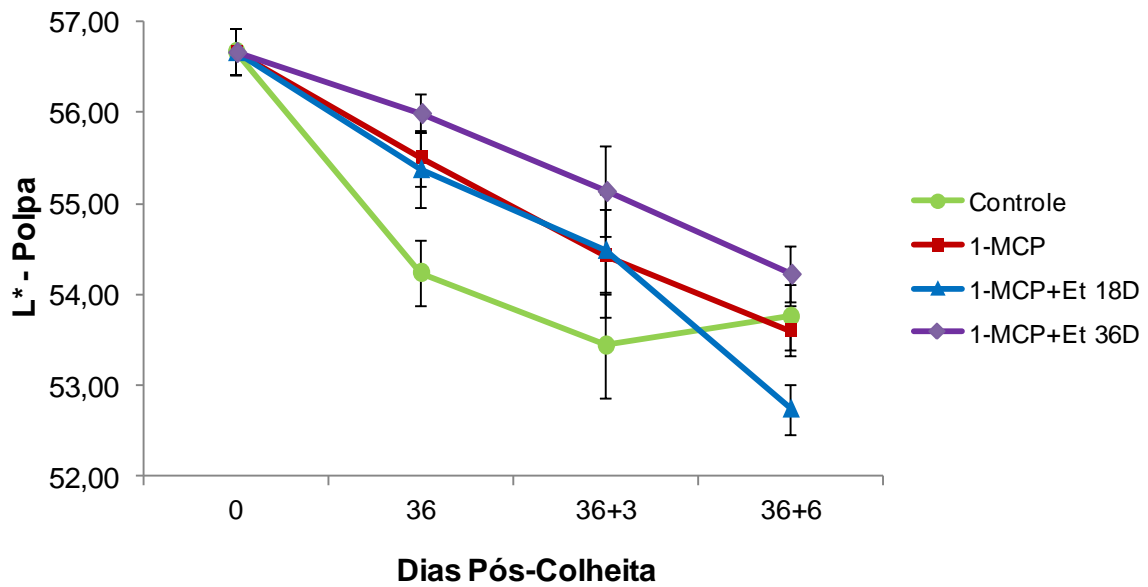


Figura 12 - Luminosidade da polpa em ameixas 'Gulfblaze' tratadas com 450 nL L<sup>-1</sup> de 1-MCP, armazenadas sob refrigeração a 1°C + 6 dias de comercialização simulada (25°C), e com aplicação de etileno em diferentes períodos do armazenamento. Análise para caracterização, no dia 0, realizada em temperatura ambiente (25°C). Barras verticais representam o erro padrão da média (n=5)

Diferenças entre os tratamentos para o ângulo Hue da polpa foram detectadas no período de comercialização simulada, em que as médias do tratamento sem 1-MCP foram superiores àquelas dos demais tratamentos, os quais não apresentaram diferenças estatísticas entre si em nenhuma das avaliações (Figura 13).

Houve redução de maneira linear dessa variável durante o período avaliado para todos os tratamentos, com menores médias aferidas na última avaliação.

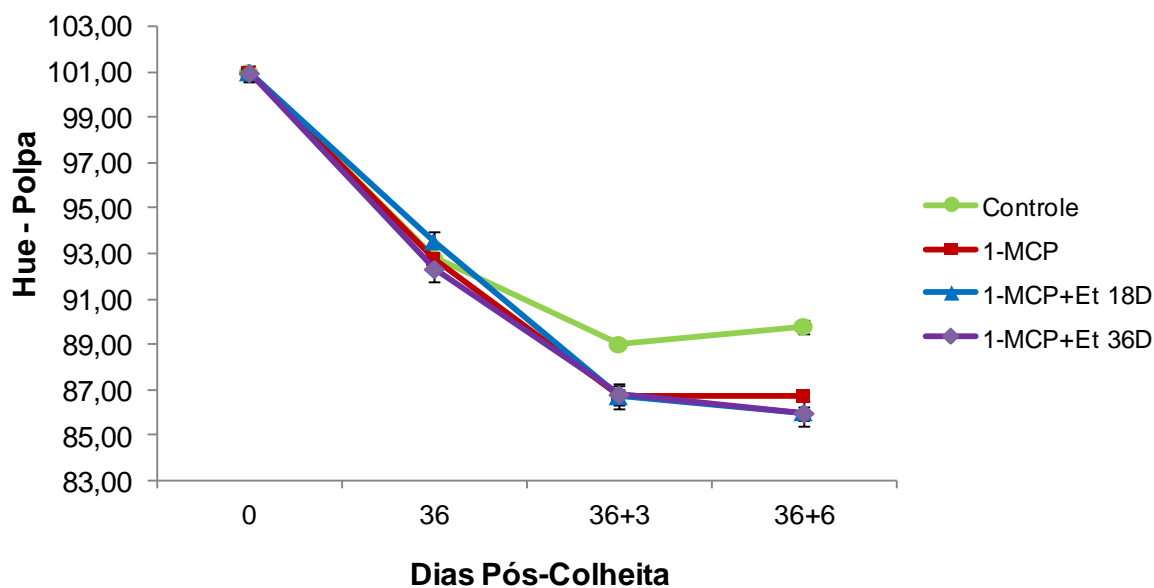


Figura 13 - Ângulo Hue da polpa em ameixas 'Gulfblaze' tratadas com 450 nL L<sup>-1</sup> de 1-MCP, armazenadas sob refrigeração a 1°C + 6 dias de comercialização simulada (25°C), e com aplicação de etileno em diferentes períodos do armazenamento. Análise para caracterização, no dia 0, realizada em temperatura ambiente (25°C). Barras verticais representam o erro padrão da média (n=5)

A cromaticidade da polpa foi estatisticamente diferente entre os tratamentos em todas as avaliações realizadas. Na avaliação realizada imediatamente após os 36 dias de armazenamento refrigerado, não houve diferença estatística significativa entre tratamento submetido à aplicação de apenas 1-MCP e aquele que recebeu 1-MCP e etileno aos 36 dias. Esses tratamentos exibiram maior média e diferiram do tratamento sem aplicação de 1-MCP, o qual apresentou a menor cromaticidade da polpa entre os tratamentos estudados (Figura 14).

Nas avaliações realizadas durante o período de comercialização simulada, os tratamentos com aplicação de 1-MCP não diferiram estatisticamente entre si e apresentaram maior média de cromaticidade da polpa.

O aumento da cromaticidade da polpa foi verificado em todos os tratamentos, sendo que os maiores valores foram atingidos aos 36+3 dias de armazenamento e comercialização simulada e mantidos na última avaliação.

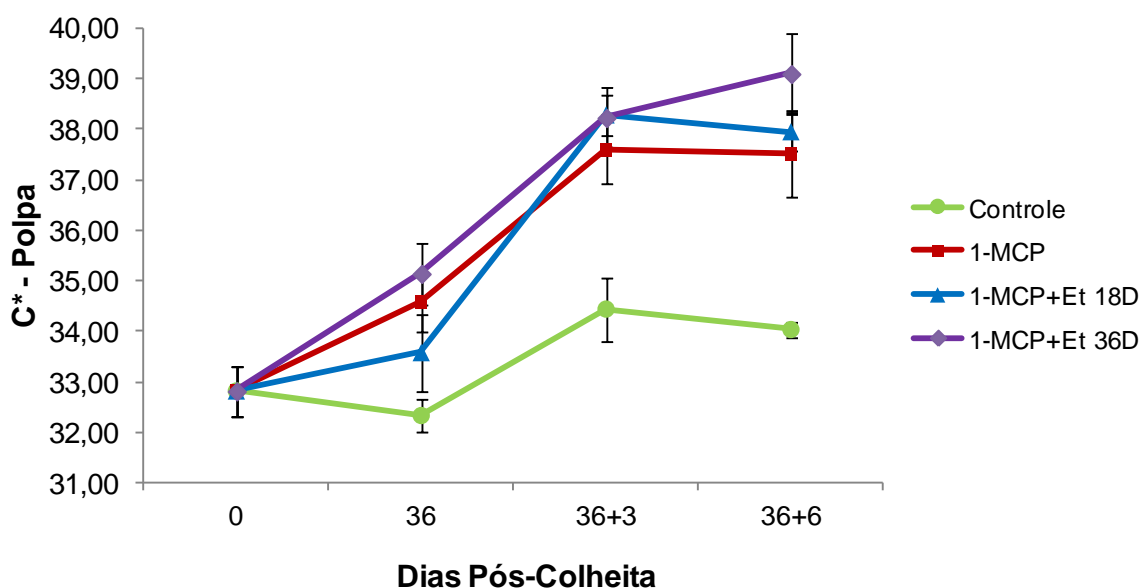


Figura 14 – Cromaticidade da polpa em ameixas ‘Gulfblaze’ tratadas com 450 nL L<sup>-1</sup> de 1-MCP, armazenadas sob refrigeração a 1°C + 6 dias de comercialização simulada (25°C), e com aplicação de etileno em diferentes períodos do armazenamento. Análise para caracterização, no dia 0, realizada em temperatura ambiente (25°C). Barras verticais representam o erro padrão da média (n=5)

A pigmentação da polpa de ameixas é determinada, principalmente, pela presença de antocianina e carotenóides e seu desenvolvimento é similar ao desenvolvimento da cor da casca no período de maturação do fruto. Há aumento da produção e acúmulo de carotenóides e antocianina na polpa durante o amadurecimento dos frutos de ameixa (CHITARRA; CHITARRA, 2005; SINGH; KHAN, 2010), refletindo na redução da luminosidade, cromaticidade e ângulo Hue.

Segundo os dados obtidos para o ângulo Hue, as ameixas ‘Gulfblaze’ foram colhidas com a polpa amarelo-esverdeada e à medida que os frutos amadureceram, a polpa se tornou amarela. Os dados de luminosidade e cromaticidade indicam que a polpa se tornou mais escura e com coloração menos vívida. A aplicação de 1-MCP interferiu no desenvolvimento da cor da polpa, mantendo os frutos mais claros e com cor mais pura por mais tempo. Um escurecimento observado no último dia de comercialização simulada na polpa dos frutos que não receberam 1-MCP pode justificar os menores valores da luminosidade e cromaticidade observados nesses frutos.

Assim como observado nesse trabalho, Khan, Singh e Swinny (2009), verificaram que a aplicação de 1-MCP proporcionou valores mais altos para luminosidade e cromaticidade da polpa de ameixas ‘Tegan Blue’. Além disso, os

resultados da aplicação de etileno para o ângulo Hue encontrados nesse trabalho estão de acordo com Minas et al. (2015), que também não verificaram diferença desse parâmetro entre ameixas 'Joanna Red' tratadas com 1-MCP daquelas tratadas com 1-MCP seguida da exposição ao etileno durante o armazenamento.

Assim como verificado na casca, as mudanças nos parâmetros de coloração da polpa de frutos tratados com 1-MCP começaram a ocorrer antes do aumento da produção de etileno. Esse fato reforça a ideia de que pequena quantidade de etileno seja necessária iniciar a mudança de coloração da casca e que sua ação seja coordenar e acelerar a produção de pigmentos, além da perda da clorofila, como sugeriu Abdi et al. (1997).

### **Antocianinas totais da casca**

Durante o período de comercialização simulada as médias dos tratamentos para antocianinas totais da casca apresentaram diferença significativa. O tratamento que não recebeu aplicação do 1-MCP apresentou maior média para essa variável aos 36+3 dias de armazenamento e comercialização simulada, diferindo dos tratamentos que receberam aplicação de 1-MCP, os quais não diferiram estatisticamente entre si (Figura 15). Na avaliação realizada aos seis dias de comercialização simulada, o tratamento que recebeu aplicação de 1-MCP e etileno aos 18 dias possuía maior média para antocianinas totais. Os demais tratamentos não apresentaram diferença estatística.

Em todos os tratamentos houve incremento nas antocianinas totais ao longo do armazenamento. Contudo, o tratamento que não recebeu 1-MCP alcançou a maior média para essa variável aos 36+3 dias de armazenamento e comercialização simulada. Já nos demais tratamentos a maior média foi mensurada na última avaliação.

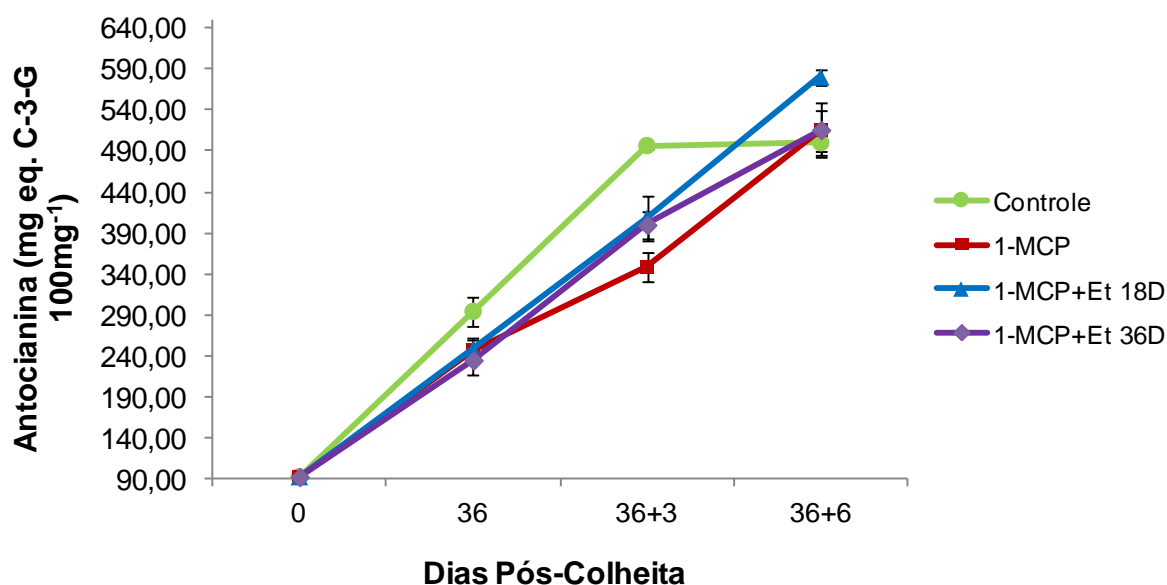


Figura 15 - Teor de antocianinas (mg de equivalente cianidina 3-glicosídeo 100 g<sup>-1</sup>) de ameixas 'Gulfblaze' tratadas com 450 nL L<sup>-1</sup> de 1-MCP, armazenadas sob refrigeração a 1°C + 6 dias de comercialização simulada (25°C), e com aplicação de etileno em diferentes períodos do armazenamento. Análise para caracterização, no dia 0, realizada em temperatura ambiente (25°C). Barras verticais representam o erro padrão da média (n=5)

Antocianinas são os principais compostos fenólicos que se acumulam na casca das ameixas durante o amadurecimento, sendo as principais responsáveis pela coloração vermelha e roxa da casca (SINGH; KHAN, 2010; DIAZ-MULA et al., 2008). Segundo Gil et al. (2002), as antocianinas funcionam como antioxidantes, sendo mais importantes que os carotenoides para esse fim. Dentre as antocianinas encontradas na ameixa, a cianidina-3-glucosídeo é a principal delas (VICENTE et al., 2011).

O atraso provocado pela aplicação do 1-MCP na síntese/acúmulo de antocianina pode ser atribuído à reduzida quantidade de etileno proporcionado por esse produto, o que ratifica a proposição de Abdi et al. (1997), na qual ação do etileno seja acelerar a produção de pigmentos. Os resultados encontrados estão de acordo com Sharma et al. (2012) em ameixa 'Santa Rosa' e com Manganaris et al. (2007) em ameixa 'Harrow Sun', os quais também verificaram incremento no conteúdo de antocianinas ao longo do armazenamento.

Os frutos tratados com 1-MCP já não exibiram efeito desse produto quanto à produção e/ou acúmulo de antocianinas no final do período de comercialização simulada, visto que não havia diferença entre esses frutos e os frutos que não

receberam aplicação do produto. O maior teor de antocianina observado no sexto dia de comercialização simulada nos frutos tratados com etileno aos 18 dias de armazenamento sugere que, embora a aplicação de etileno não tenha contribuído para acelerar a produção das antocianinas nos frutos tratados com 1-MCP, a aplicação de etileno pode ter interferido no aumento da produção de antocianinas.

### Compostos fenólicos totais

Houve aumento e posterior redução no teor dos compostos fenólicos ao longo do período avaliado. O menor valor foi verificado no dia da colheita, seguido pelo incremento desses compostos no armazenamento refrigerado, observado aos 36 dias e mantido aos 36+3 dias de armazenamento e comercialização simulada. As condições de comercialização simulada conferiram decréscimo no teor de compostos fenólicos totais, o que pode ser constatado na última avaliação (Figura 16).

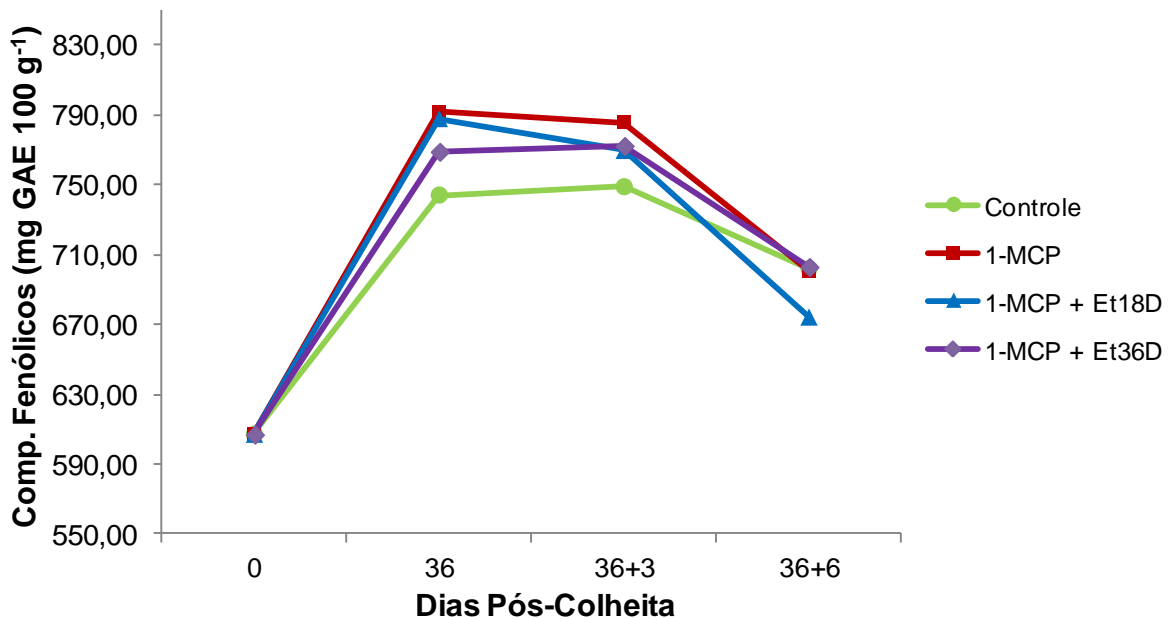


Figura 16 - Teor de compostos fenólicos (mg de ácido gálico equivalente 100 g<sup>-1</sup>) da polpa de ameixas 'Gulfblaze' tratadas com 450 nL L<sup>-1</sup> de 1-MCP, armazenadas sob refrigeração a 1°C + 6 dias de comercialização simulada (25°C), e com aplicação de etileno em diferentes períodos do armazenamento. Análise para caracterização, no dia 0, realizada em temperatura ambiente (25°C). Barras verticais representam o erro padrão da média (n=5)

Os compostos fenólicos são substâncias que contribuem para a cor, sabor e aroma dos frutos, além de exercer atividade antioxidante e antipatogênica (LEE;

BAE; LEE, 2011; KIM; JEONG, LEE, 2003). São considerados compostos funcionais importantes na ingestão humana por fornecer benefícios à saúde (ARION et al., 2014; KADER, 2011).

Os resultados aqui destacados estão de acordo com LEE, BAE e LEE (2011) e Ozturk et al. (2014), que viram aumento nos compostos fenólicos durante o armazenamento refrigerado de ameixas 'Formosa' e 'Black Amber'. Segundo Hamazu (2006), o estresse por baixas temperaturas induz o acúmulo de compostos fenólicos provavelmente pela síntese de algumas enzimas envolvidas na biossíntese desses compostos sob baixa temperatura.

A redução dos compostos fenólicos no final da maturação também foi encontrada em ameixas 'Black Amber' por Singh, Singh e Swinny (2012). Esses autores supõem que a redução de compostos fenólicos pode estar relacionada com o crescente estresse oxidativo nos estágios finais da maturação.

Sob as condições desse trabalho, a aplicação de 1-MCP não interferiu no teor de compostos fenólicos, indicando que não houve dependência do etileno para síntese desses compostos. Resultados semelhantes foram encontrados por Lee, Bae e Lee (2011) em ameixas 'Formosa', e reposta contrária ao trabalho de Sharma et al. (2012), que verificaram maiores valores de frutos tratados com 1-MCP exibiram valores maiores que os frutos não tratados.

### **Atividade antioxidante**

Na avaliação realizada imediatamente após o término do período refrigerado foi verificado que os frutos que não receberam 1-MCP apresentaram maior atividade antioxidante que os demais. O tratamento em que os frutos receberam apenas 1-MCP e aquele com aplicação de etileno aos 36 dias não apresentaram diferença estatística entre si, exibindo maiores valores que os frutos tratados com 1-MCP e etileno aos 18 dias de refrigeração (Figura 17).

Após três dias em condições de comercialização simulada, os tratamentos com aplicação de 1-MCP e etileno não diferiram entre si e exibiram maiores valores para a atividade antioxidante em comparação ao tratamento sem aplicação de 1-MCP. Já aos 36+6 dias de armazenamento refrigerado e comercialização simulada, não houve diferença estatística entre os tratamentos.

Os frutos que não receberam aplicação 1-MCP apresentaram no final do período de refrigeração atividade antioxidante maior que a observada no dia da



colheita. Porém, essa atividade diminuiu ao longo do período de comercialização simulada, alcançando o menor valor no sexto dia sob essas condições. Os frutos que receberam apenas 1-MCP exibiram maior atividade antioxidante aos 36+3 dias de armazenamento refrigerado e comercialização simulada, e menor atividade na avaliação realizada três dias depois.

Os frutos submetidos à aplicação de etileno apresentaram redução na atividade antioxidante na avaliação realizada aos 36 dias de armazenamento. Três dias após, foi verificado incremento nessa atividade, seguido de decréscimo, verificado na última avaliação.

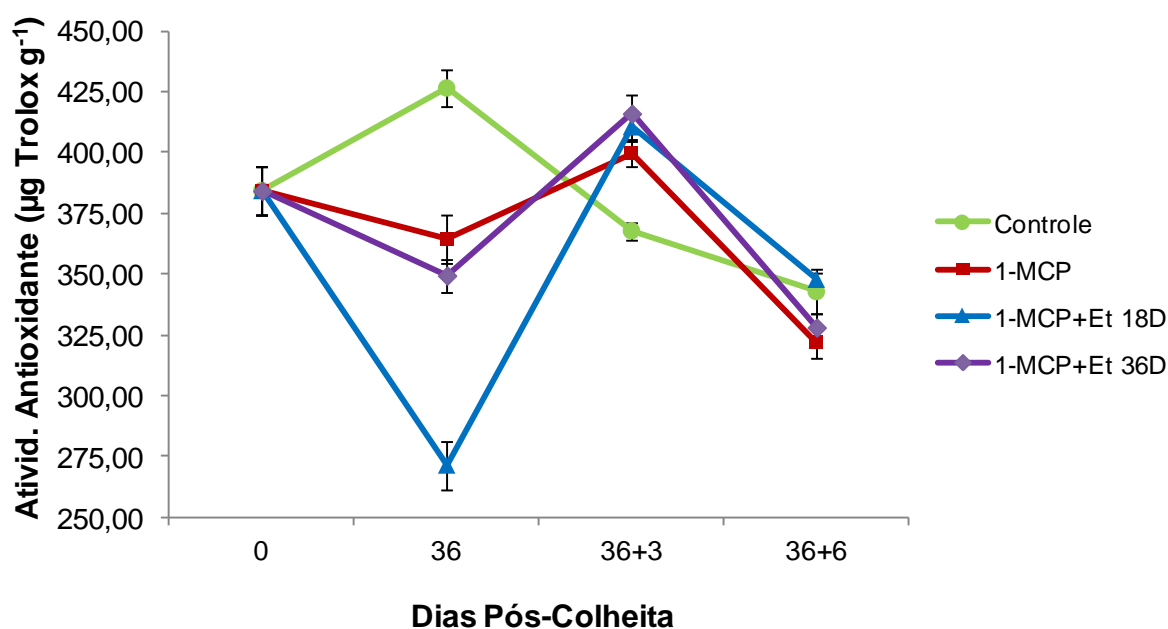


Figura 17 - Atividade antioxidante ( $\mu\text{g Trolox equivalente g}^{-1}$ ) da polpa de ameixas 'Gulfblaze' tratadas com  $450 \text{ nL L}^{-1}$  de 1-MCP, armazenadas sob refrigeração a  $1^{\circ}\text{C}$  + 6 dias de comercialização simulada ( $25^{\circ}\text{C}$ ), e com aplicação de etileno em diferentes períodos do armazenamento. Análise para caracterização, no dia 0, realizada em temperatura ambiente ( $25^{\circ}\text{C}$ ). Barras verticais representam o erro padrão da média ( $n=5$ )

O amadurecimento dos frutos é um processo metabólico que produz espécies reativas de oxigênio (EROs) capazes de gerar danos nos tecidos, iniciando e aumentando os processos degenerativos associados ao amadurecimento e a senescência (SINGH; SINGH; SWINNY, 2012; BRENNAN; FRENKEL, 1977). Sob condições normais, essas EROs são combatidas por mecanismos enzimáticos, que são a linha primária de defesa e incluem atividade das enzimas superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT) e peroxidase (POD) (APEL; HIRT, 2004) e

mecanismos não enzimáticos, incluindo substâncias como antocianinas e outros compostos fenólicos, o ácido ascórbico e os carotenoides (ARION et al., 2014; SINGH; SINGH; SWINNY, 2012; DIAZ-MULA et al., 2008).

A aplicação de 1-MCP interferiu negativamente na atividade antioxidante durante o período de armazenamento refrigerado. Em ameixas, a atividade antioxidante tem sido correlacionada com os compostos fenólicos (SINGH; KHAN; SWINNY, 2012; GIL et al., 2002). Na ausência da resposta dos compostos fenólicos à aplicação do 1-MCP, é possível supor que outras substâncias que participam do controle das EROs tenham sido afetadas. De acordo com a literatura, a aplicação de 1-MCP reduziu a atividade das enzimas SOD, CAT caqui 'Fuyu' refrigerado (ZHANG et al, 2010) e POD em ameixas 'Larry Ann' refrigerada (LARRIGAUDIÈRE et al, 2009), abacates 'Ettinger' e 'Hass' refrigerados (HERSHKOVITZ; SAGUY; PESIS, 2005) e pêsego 'Jiubao' armazenado a 22°C (LIU et al., 2005).

A aplicação de etileno aos 18 dias pode ter induzido a produção de EROs por estimular os eventos que ocorrem no amadurecimento, esgotando a capacidade antioxidante dos compostos enzimáticos.

O aumento e posterior decréscimo na atividade antioxidante dos frutos tratados com 1-MCP durante o período de comercialização simulada pode ser correlacionado à redução da ação do 1-MCP e aumento da produção de etileno. Ausência do incremento e a posterior redução da atividade antioxidante observada nos frutos que não receberam 1-MCP observada durante o período de comercialização simulada coincide com o aumento da produção de etileno, que reduz os compostos antioxidantes devido o aumento da demanda no controle da maior quantidade de EROs produzida durante o amadurecimento.

### **Teor de ácido ascórbico**

O teor de ácido ascórbico variou entre os tratamentos apenas no último dia de comercialização simulada, no qual o tratamento que recebeu aplicação de 1-MCP e etileno aos 18 dias apresentou maior teor do ácido e diferiu daquele que não recebeu aplicação de 1-MCP (Figura 18).

Na avaliação realizada no dia em que os frutos saíram da câmara fria, foi verificado na maioria dos tratamentos que o teor de ácido ascórbico foi inferior ao observado no dia da colheita, exceto para os frutos tratados com 1-MCP e etileno

aos 36 dias, que não exibiram diferença quanto ao teor de ácido ascórbico ao longo das avaliações.

Os frutos não tratados com 1-MCP, aqueles tratados apenas com 1-MCP e aqueles que receberam 1-MCP e etileno aos 18 dias apresentaram aumento no teor de ácido ascórbico aos 36+3 dias, com valores semelhantes aos observados no dia da colheita. Na avaliação realizada três dias depois, constatou-se que o teor de ácido ascórbico foi mantido no tratamento com aplicação de 1-MCP e etileno aos 18 dias. Nos demais tratamentos, foi possível observar nova redução nos valores dessa variável.

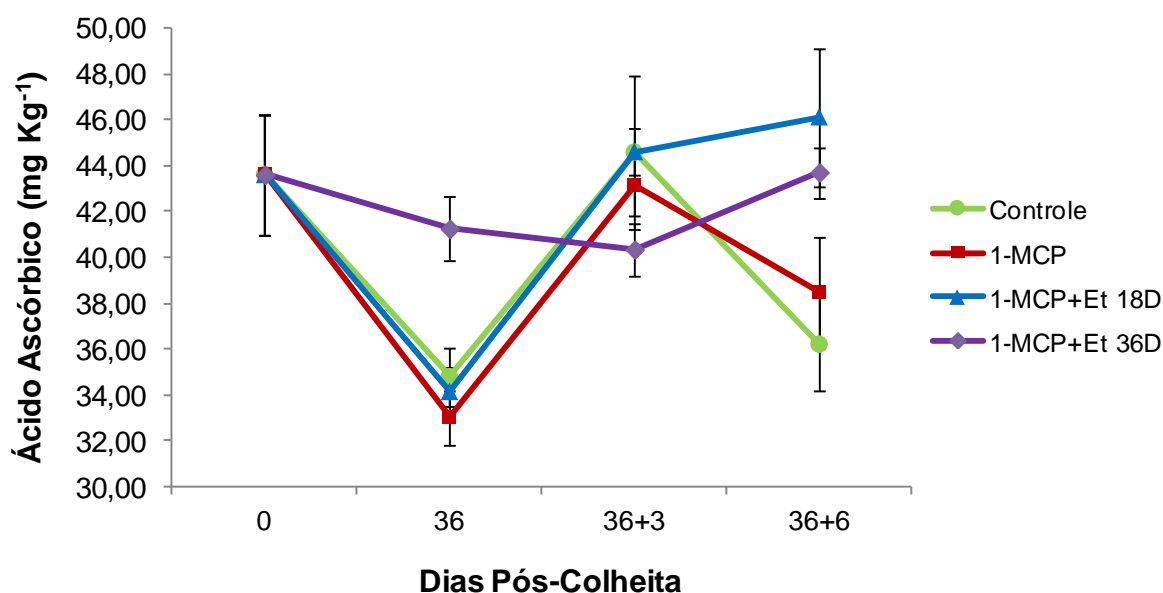


Figura 18 - Teor de ácido ascórbico ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) da polpa de ameixas 'Gulfblaze' tratadas com  $450 \text{ nL L}^{-1}$  de 1-MCP, armazenadas sob refrigeração a  $1^\circ\text{C}$  + 6 dias de comercialização simulada ( $25^\circ\text{C}$ ), e com aplicação de etileno em diferentes períodos do armazenamento. Análise para caracterização, no dia 0, realizada em temperatura ambiente ( $25^\circ\text{C}$ ). Barras verticais representam o erro padrão da média ( $n=5$ )

Assim como os compostos fenólicos, o ácido ascórbico, ou vitamina C, é considerado um composto funcional, conferindo benefícios à saúde humana (ARION et al., 2014; KADER, 2011) e também participa do controle de EROs (ARION et al., 2014; SINGH; SINGH; SWINNY, 2012; DIAZ-MULA et al., 2008).

A aplicação de 1-MCP não interferiu no teor de ácido ascórbico em ameixas 'Gulfblaze' durante o período refrigerado e durante o período de comercialização simulada. Esses resultados estão em desacordo com Khan, Singh e Swinny (2009), que noticiaram redução do ácido ascórbico em ameixas 'Tegan Blue' armazenada

sob refrigeração. Todavia, há informações sobre manutenção e aumento do teor de ácido ascórbico em resposta a aplicação de 1-MCP em goiaba 'Allahabad Safeda' (SINGH e PAL, 2008) e maçãs 'Elstar' e 'Jonagold' (NEUWALD; STREIF (2010) refrigeradas, e manga 'Kent' (ISLAS-OSUNA et al., 2010) e pêsego 'Yuhualu' (LIU; CAO; JIANG, 2015) armazenados a 20°C.

O aumento do teor de ácido ascórbico verificado nesse trabalho corrobora com o trabalho de Khan, Ahmed e Singh (2011), em que o aumento do teor de ácido ascórbico em ameixa 'Amber Jewel' armazenada por seis semanas a 0°C aumentou durante o período de comercialização simulada.

### Qualidade visual interna

Aos 36+6 dias de armazenamento refrigerado e comercialização simulada foi verificado sintomas de injúria por frio, caracterizado pelo escurecimento da polpa (Figura 19). Apenas o tratamento que não recebeu aplicação de 1-MCP apresentou esse distúrbio, com 43,33% dos frutos afetados (Figura 19A). Os frutos tratados com 450 nL L<sup>-1</sup> 1-MCP, independente do tratamento com etileno, não apresentaram injúria por frio (Figura 19B).

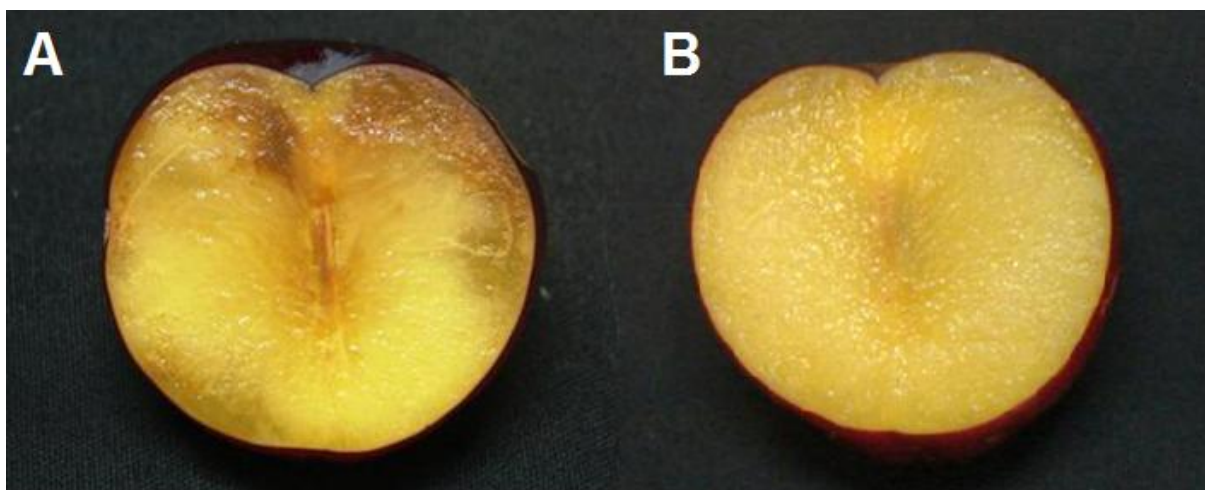


Figura 19 – Polpa de ameixa 'Gulfblaze' após 36 dias de armazenamento a 1°C e seis dias de comercialização simulada (25°C). A) Fruto não tratado com 1-MCP apresentando escurecimento da polpa; B) Fruto tratado com 450 nL L<sup>-1</sup> 1-MCP, sem injúria por frio

A vida pós-colheita de ameixas é limitada pela elevada sensibilidade a injúrias por frio (CANDAN, JORDI; LARRIGAUDIÈRE, 2008). Segundo Crisosto et al. (1999), o escurecimento da polpa é um dos principais sintomas de injúria observados em ameixas e dependem da cultivar e temperatura de armazenamento. A injúria por frio

aparece quando os frutos são armazenados por longos períodos em temperatura próxima a 0°C. Sintomas da injúria são visualizados em frutos armazenados de 0 a 8°C (ARGENTA et al., 2011; MANGANARIS et al., 2006; CRISOSTO et al., 1999; NANOS; MITCHELL, 1991). A problemática desse distúrbio é que ele se desenvolve, principalmente, durante o amadurecimento do fruto em temperatura ambiente, após a saída da refrigeração, o que muitas vezes só é observado ao nível do consumidor (CRISOSTO et al., 1999).

O escurecimento da polpa é caracterizado pela coloração marrom próxima ao caroço, estendendo-se para fora da polpa (CRISOSTO et al., 2004). Além da depreciação visual, as ameixas com distúrbio por frio apresentam sabor desagradável (KLUGE; CANTILLANO; BILHALVA, 1997).

Os resultados indicam que a cultivar 'Gulfblaze' é suscetível a injúria por frio após 36 dias de armazenamento a 1°C, com presença do escurecimento da polpa seis dias após a saída da câmara fria.

De acordo com Candan, Jordi e Laurrigardièrre (2008), a ocorrência da injúria por frio está associada com o comportamento climatérico, caracterizado pelo aumento da produção de etileno. Os resultados desse trabalho para a ausência de injúria por frio em ameixas 'Gulfblaze' tratadas com 1-MCP sugerem que esse distúrbio é dependente de etileno. O pico de produção de etileno nos frutos não tratados foi observado no segundo dia após a saída da câmara fria, com produção em torno de 2,5 vezes a mais que a maior produção alcançada pelos frutos tratados com 1-MCP, observada no sexto dia após a saída da refrigeração.

O efeito da aplicação de 1-MCP na redução da incidência de injúrias por frio também foi observado em ameixas 'Laetita' (ARGENTA et al., 2011), 'Linda Rosa' e 'Friar' (CANDAN; GRAELL; LARRIGAUDIÈRE, 2011), 'Harrow Sun' (MANGANARIS et al., 2007) e 'Fortune' (MENNITI; DONATI; GREGORI, 2006).

A ocorrência da injúria por frio observada nos frutos sem tratamento com 1-MCP pode estar associada ao estresse oxidativo. De acordo com Singh e Singh (2012) e Hodges et al. (2004), o aumento excessivo da produção de EROs pode exceder a capacidade do sistema celular em controlá-los, refletido na menor atividade antioxidante, e acarretar danos às membranas por peroxidação lipídica. Desse modo, é provável que, após a saída da refrigeração, os frutos que não receberam aplicação de 1-MCP produziram EROs em quantidade superior a sua capacidade de controlá-los, o que pode ser interpretado por meio da redução na

atividade antioxidante. Assim, os danos por peroxidação lípida foram refletidos na forma manchas escuras na polpa.

#### **5.4 Conclusão**

A aplicação de  $450 \text{ nL L}^{-1}$  de 1-MCP em ameixas 'Gulfblaze', imediatamente após a colheita, combinada com a aplicação de  $20 \mu\text{L L}^{-1}$  de etileno aos 18 ou 36 dias após a colheita, garante a utilização do armazenamento refrigerado dessa cultivar por período prolongado de até 36 dias a  $1^\circ\text{C}$  e período de comercialização de até seis dias a  $25^\circ\text{C}$  após a saída da refrigeração, sem nenhuma incidência de injúria por frio.

Sob essas condições, não há ônus nos atributos de qualidade, e há incremento nos compostos funcionais, dado o aumento na atividade antioxidante, no conteúdo de antocianinas na casca e da vitamina C.

## Referências

- ABDI, N.; HOLFORD, P.; MCGLASSON, W.B.; MIZRAHI, Y. Ripening behaviour and responses to propylene in four cultivars of Japanese type plums. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.12, p.21-34, 1997.
- ABDI, N.; MCGLASSON, W.B.; HOLFORD, P.; WILLIAM, M.; MIZRAHI, Y. Responses of climacteric and suppressed-climacteric plums to treatment with propylene and 1-methylcyclopropene. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.14, p.34-36, 1998.
- ABELES, F.B.; MORGAN, P.W.; SALTVEIT, M.E. J. R. **Ethylene in Plant Biology**. 2. ed. San Diego: Academic Press, 1992. 414p.
- AHMAD, A.; ALI, Z.M.; ZAINAL, Z. Delayed softening of papaya (*Carica papaya* L. cv. Sekaki) fruit by 1-methylcyclopropene (1-MCP) during ripening at ambient and low temperature storage conditions. **Australian Journal of Crop Science** [s.l.], v.7, n.6, p.750-757, 2013.
- APEL, K.; HIRT, H. Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress and signal transduction. **Annual Review of Plant Biology**, Palo Alto, v.55, p.373–399, 2004.
- ARGENTA, L.C.; KRAMMES, J.G.; MEGGUER, C.A.; AMARANTE, C.V.T.; MATTHEIS, J. Ripening and quality of 'Laetitia' plums following harvest and cold storage as affected by inhibition of ethylene action. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n.10, p.1139-1148, 2003.
- ARION, C.M; TABART, J.; KEVERS, C.; NICULAUA, M.; FILIMON, R.; BECEANU, D.; DOMMES, J. Antioxidant potential of different plum cultivars during storage. **Food Chemistry**, New York, v.146, p.485–491, 2014.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTRY. **Official methods of analysis of the Association of Analytical Chemists International**. 18th. ed. Washington: AOAC, 2010.
- BAE, H.; YUN, S.K.; YOON, I.K.; NAM, E.Y.; KWON, J.H.; JUN, J.H. Assesment of organic acid and sugar composition in apricot, plumcot, plum, and peach during fruit development. **Journal of Applied Botany and Food Quality**, Göttingen, v.87, p.24-29, 2014.
- BAE, R.; LEE, J.H.; LEE, S.K. Improvement of postharvest fruit quality in 'Formosa' plums (*Prunus salicina* L.) after treatment with 1-methylcyclopropene during storage. **Korean Journal of Horticultural Science and Technology**, Jangan-Gu, v.29, p.592–599, 2011.
- BECKER, B.R.; FRICKE, B.A. Transpiration and respiration of fruits and vegetables. **Refrigeration Science and Technology**, Paris, v.6, p.110-121, 1996.
- BISSWANGER, H. **Enzyme Kinetics**. Weinheim: Wiley-Vch, 2002. 268p.



- BITTER, T.; MUIR, H.M. A modified uronic acid carbazole reaction. **Analytical Chemistry**, New York, v.34, p.330-334, 1962.
- BLANKENSHIP, S.M.; DOLE, J.M. 1-Methylcyclopropene: a review. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.28, p.1-25, 2003.
- BRADY, C.J. Stone fruit. In: SEYMOUR, G.B.; TAYLOR, J.E.; TUCKER, G.A. (Ed.). **Biochemistry of fruit ripening**. London: Chapman and Hall, 1993. chap. 13, p.379-404.
- BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M.E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie**, London, v.28, n.1, p.25-30, 1995.
- BRENNAN, T.; FRENKEL, C. Involvement of hydrogen peroxide in the regulation of senescence in pear. **Plant Physiology**, Rockville, v.59, p.411-416, 1977.
- BRUMMELL, D.A. Cell Wall disassembly in ripening fruit. **Functional Plant Biology**, Collingwood, v.33, n.2, p.103-119, 2006.
- CANDAN, A.P.; GRAELL, J.; CRISOSTO, C.H.; LARRIGAUDIÈRE, C. Improvement of storability and shelf life of 'Blackamber' plums treated with 1-methylcyclopropene. **Food Science and Technology International**, Londres, v.15, p.437-444, 2006.
- CANDAN, A.P.; GRAELL, J.; LARRIGAUDIÈRE, C. Roles of climacteric ethylene in the development of chilling injury in plums. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.47, n.1, p.107-112, 2008.
- CANDAN, A.P.; GRAELL, J.; LARRIGAUDIÈRE, C. Postharvest quality and chilling of plums: benefits of 1-methylcyclopropene. **Spanish Journal of Agricultural Research**, Madri, v.9, n.2, p.554-564, 2011.
- CARRINGTON, C.M.S.; GREVE, L.C.; LABAVITCH, J.M. Cell wall metabolism in ripening fruit. VI. Effect of the antisense polygalacturonase gene on cell wall changes accompanying ripening in transgenic tomatoes. **Plant Physiology**, Rockville, v.103, p.429-434, 1993.
- CARVALHO, C.R.L.; MANTOVANI, D.M.B.; CARVALHO, P.R.N.; MORAES, R.M.M. **Análises químicas de alimentos**. Campinas: ITAL, 1990. 121p. (ITAL Manual Técnico).
- CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: UFLA, 2005. 785p.
- CHO, Y-H; YOO, S-D. Novel connections and gaps in ethylene signaling from the ER membrane to the nucleus. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, v.5, n.733, [s. n.], 2015.
- CRISOSTO, C.H. Stone fruit maturity indices: A descriptive review. **Postharvest News and Information**, Wallingford, v.5, n.6, p.65N-68N, 1994.

CRISOSTO, C.H.; SLAUGHTER, D.; GARNER, D.; BOYD, J. Stone fruit critical bruising thresholds. **Journal of the American Pomological Society**, Forth Worth, v.55, n.2, p.76-81, 2001.

CRISOSTO, C.H.; GARNER, D.; CRISOSTO, G.M.; BOWERMAN, E. Increasing 'Blackamber' plum (*Prunus salicina* Lindl.) consumer acceptance. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.34, p.237-244, 2004.

CRISOSTO, C.H.; KADER, A. A. **Plum and fresh prune postharvest quality maintenance guidelines**. 2000. Disponível em: <<http://www.uckacedu/postharv/PDF%20files/Guidelines/plum.pdf>>. Acesso em: 10 Dez. 2015.

CRISOSTO, C.H.; MITCHELL, F.G.; JU, Z. Susceptibility to chilling injury of peach, nectarine, and plum cultivars grown in California. **HortScience**, Alexandria, v.34, n.6, p.1116-1118, 1999.

COSTA, S. M. **Condicionamento térmico e irradiação de ameixas 'Gulfblaze' frigorificadas**. 2011. 70p. Doutorado (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, 2011.

DÍAZ-MULA, H.M.; ZAPATA, P.J.; GUILLÉN, F.; CASTILLO, S.; MARTÍNEZ-ROMERO, D.; VALERO, D.; SERRANO, M. Changes in physicochemical and nutritive parameters and bioactive compounds during development and on-tree ripening of eight plum cultivars. **Journal of The Science Of Food And Agriculture**, Chichester, v.88, p.2499–2507, 2008.

DONG, L.; LURIE, S.; ZHOU, H. W. Effect of 1-methylcyclopropene on ripening of 'Canino' apricots and 'Royal Zee' plums. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.24, n.2, p.135-145. 2002.

DONG, L.; ZHOU-HONG, W.; SONEGO, L.; LERS, A.; LURIE, S. Ripening of 'Red Rosa' plums: effect of ethylene and 1-methylcyclopropene. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, v.28, p.1039-1045, 2001.

DONOSO, G.C.; GALDAMES, J.O. **Efectos del grado de madurez, periodo de almacenaje y sistemas de embalaje sobre la calidad de ciruelas de exportacion**. Santiago de Chile: Convênio Corfo-Enafri, 1973. 150p.

ETIENNE, A.; GENARD, M.; LOBIT, P.; MBEGUIE, A.; MBEGUIE, D.; BUGAUD, C. What controls fleshy fruit acidity? A review of malate and citrate accumulation in fruit cells. **Journal of Experimental Botany**, Lancaster, v.64, p.1451–69, 2013.

ERKAN, M.; ESKI, H. Combined treatment of modified atmosphere packaging and 1-methylcyclopropene improves postharvest quality of Japanese plums. **Turkish Journal of Agriculture Forestry**, Ankara, v.36, p.563-575, 2012.

FAN, X.; BLANKENSHIP, S.; MATTHEIS, J. 1-Methylcyclopropene inhibits apple ripening. **Journal American Society Horticultural Science**, Alexandria, v.124, p.690–695, 1999.

FANNING, K.J.; TOPP, B.; RUSSELL, D.; STANLEY, R.; NETZEL, M. Japanese plums (*Prunus salicina* Lindl.) and phytochemicals – breeding, horticultural practice, postharvest storage, processing and bioactivity. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Malden, v.94, p.2137–2147, 2014.

FISCHER, R.L.; BENNETT, A.B. Role of cell wall hydrolysis in fruit ripening. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v.42, p.675–703, 1991.

FIORAVANÇO, J.C.; PAIVA, M.C. BIZZANI, E. Ethephon na antecipação da colheita e qualidade da ameixa cv. Reubennel. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.8, n.2, p.193-197, 2007.

GIL, M.; TOMAS-BARBERAN, F.; HESS-PIERCE, B.; KADER, A. Antioxidant capacities, phenolic compounds, carotenoids, and vitamin A contents of nectarine, peach, and plum cultivars from California. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.50, p.4976-4982, 2002.

GOLDING, J.B.; SHEARER, D.; WYLLIE, S.G.; MCGLASSON, W.B. Application of 1-MCP and propylene to identify ethylene-dependent ripening processes in mature banana fruit **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.14, p.127–132, 1998.

HAMAUZU, Y. Role and evolution of fruit phenolic compounds during ripening and storage. **Stewart Postharvest Review**. [s. l.], v.2, n.5, p.1-7, 2006.

HERSHKOVITZ, V.; SAGUY, S. I.; PESIS, E. Postharvest application of 1-MCP to improve the quality of various avocado cultivars, **Postharvest Biology Technology**, Amsterdam, v.37, p.252–264, 2005.

HODGES, D.M.; LESTER, G.E.; MUNRO, K.D.; TOIVONEN, P.M.A. Oxidative stress: Importance for postharvest quality. **HortScience**, Alexandria, v.39, p.924–929, 2004.

ISLAS-OSUNA, M.A.; STEPHENS-CAMACHO, N.A.; CONTRERAS-VERGARA, C.A. RIVERA-DOMINGUEZ, M.; SANCHEZ-SANCHEZ, E.; VILLEGAS-OCHOA, M.A.; GONZALEZ-AGUILAR, G.A. Novel Postharvest Treatment Reduces Ascorbic Acid Losses in Mango (*Mangifera indica* L.) Var. Kent. **American Journal of Agricultural and Biological Sciences**, New York, v.5, n.3, p.342-349, 2010.

IWANAMI, H.; MORIYA, S.; KOTODA, N.; ABE, K. Turgor closely relates to postharvest fruit softening and can be a useful index to select a parent for producing cultivars with good storage potential in apple. **Hortscience**, Alexandria, v.43, n.5, p.1377–1381, 2008.

JIANG, Y.; JOYCE, D.C.; MACNISH, A.J. Extension of the shelf life of banana fruit by 1-methylcyclopropene in combination with polyethylene bags. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.16, p.187-193, 1999.

JU, C.; CHANG, C. Advances in ethylene signalling: protein complexes at the endoplasmic reticulum membrane. **AOB Plants**, Oxford, pls 031, 12p, 2012.

KADER, A.A. Maturation and maturity indices. In: \_\_\_\_\_ **Postharvest technology of horticultural crops**. 3. ed. Richmond: University of California, 2011. p.55–62. (Division of Agriculture and Natural Resources, Publication 3529.)

KADER, A.A.; MITCHELL, F.G. Maturity and quality. In: LARUE, J.H.; JOHNSON, R.S. (Ed.) **Peaches, Plums and Nectarines - Growing and Handling for Fresh Market**. Oakland: University of California, 1989. p.191-196. (Division of Agriculture and Natural Resources, Publication n. 333).

KHAN, A.S.; AHMED, M.J.; SINGH, Z. Increased ethylene biosynthesis elevates incidence of chilling injury in cold-stored 'Amber Jewel' Japanese plum (*Prunus salicina* Lindl.) during fruit ripening. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v.46, p.642-650, 2011.

KHAN, A.S., SINGH, Z. 1-MCP regulates ethylene biosynthesis and fruit softening during ripening of 'Tegan Blue' plum, **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.43, p.298-306, 2007.

KHAN, A.S.; SINGH, Z. 1-MCP application suppresses ethylene biosynthesis and retards fruit softening during cold storage of 'Tegan Blue' Japanese plum. **Plant Science**, London, v.176, p.539-544, 2009.

KHAN, A.S.; SINGH, Z.; SWINNY, E.E. Postharvest application of 1-methylcyclopropene modulates fruit ripening, storage life and quality of 'Tegan Blue' Japanese plum kept in ambient and cold storage. **International Journal of Food Science and Technology**, Malden, v.44, n.6, p.1272-1280, 2009.

KIM, D.-O.; JEONG, S.W.; LEE, C.Y. Antioxidant capacity of phenolic phytochemicals from various cultivars of plums. **Food Chemistry**, Oxford, v.81, p.321-326, 2003.

KLUGE, R.A. **Estádio e maturação e embalagem de polietileno na qualidade de três cultivares de ameixas (*Prunus salicina*, Lindl.) frigoconservadas**. 1994. 107p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 1994.

KLUGE, R.A.; HOFFMANN, A.; NACHTINGAL, J.C.; BILHALVA, A.B. Qualidade de ameixas (*Prunus salicina*, Lindl.) 'Reubennel' após armazenamento refrigerado. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.52, n.3, p.476-481, dez. 1995.

KLUGE, R.A.; CANTILLANO, R.F.F.; BILHALVA, A.B. Colapso da polpa em ameixas 'Santa Rosa' armazenadas em diferentes regimes de temperatura. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.3, n.3, p.125-130, 1997.

KNEE, M.; BARTLEY, I.M. Composition and metabolism of cell wall polysaccharides in ripening fruits. In: FRIEND, J.; RHODES, M.J.C. (Ed.) **Recent advances in the biochemistry of fruits and vegetables**. New York: Academic Press, 1981. p.131-146.

LARRIGAUDIÈRE, C.; CANDAN, A.P.; UBACH, D.; GRAELL, J. Physiological response of 'Larry Ann' plums to cold storage and 1-MCP treatment. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.51, p.56-61, 2009.

LEE, J-H.; BAE, R.; LEE, S-K. Improvement of Postharvest Fruit Quality in 'Formosa' Plums (*Prunus salicina*) after Treatment with 1-methylcyclopropene during Storage. **Korean Journal of Horticultural Science and Technology**, Jangan-Gu, v.29, n.6, p.583-591, 2011.

LELIÈVRE, J.M.; LATCHÉ, A.; JONES, B.; BOUZAYEN, M.; PECH, J.C. Ethylene and fruit ripening. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v.101, p.727-739, 1997.

LOS, D.A.; MURATA, N. Membrane fluidity and its roles in the perception of environmental signals. **Biochimica et Biophysica Acta – Biomembranes**, Amsterdam, v.1666, p.142-157, 2004.

LIU, H.X.; JIANG, W.B.; ZHOU, L.G.; WANG, B.G.; LUO, Y.B. The effects of 1-methylcyclopropene on peach fruit (*Prunus persica* L. cv. Jiubao) ripening and disease resistance. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v.40, p.1–17, 2005.

LIU, H.; CAO, J.; JIANG, W. Changes in phenolics and antioxidant property of peach fruit during ripening and responses to 1-methylcyclopropene. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.108, p.111–118, 2015.

LUO, Z.; XIE, J.; XU, T.; ZHANG, L. Delay ripening of 'Qingnai' plum (*Prunus salicina* Lindl.) with 1-methylcyclopropene. **Plant Science**. Limerick, v.177. p.705-709, 2009.

MANGANARIS, G.A.; VINCENTE, A.R.; CRISOSTO, C.H. Effect of pre-harvest and post-harvest conditions and treatments on plum fruit quality. **CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources**, Wallingford, v.3, n.9, p.1-10, 2008.

MANGANARIS, G.A.; VASILAKAKIS, M.; DIAMANTIDIS, G.; MIGNANI, I. Cell wall physicochemical aspects of peach fruit related to internal breakdown symptoms. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.39, p.69–74, 2006.

MANGANARIS, G.A.; VICENTE, A.R.; CRISOSTO, C.H.; LABAVITCH, J.M. Effect of dips in a 1-methylcyclopropene-generating liquid formulation on 'Harrow Sun' plums stored under different temperature regimes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.55, p.7015-7020, 2007.

MARTINEZ-ROMERO, D.; DUPILLE, E; GUILLEN, F.; VALVERDE, J.M.; SERRANO, M.; VALERO, D. 1-methylcyclopropene increases storability and shelf life in climacteric and nonclimacteric plums. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Washington, v.51, n.16, p.4680–4686, 2003.

MCCREADY, R.M.; MCCOOMB, E.A. Extraction and determination of total pectic materials in fruits. **Analytical Chemistry**, Washington, v.24, n.12, p.1586-1588, 1952.

MCGUIRE, R.G. Reporting of objective colour measurements. **HortScience**, Alexandria, v.27, n.12, p.1254-1255, 1992.

MENNITI, A.M.; DONATI, I.; GREGORI, R. Responses of 1-MCP application in plums stored under air and controlled atmospheres. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.39, p.243–246, 2006.

MENNITI, A.M; GREGORI, R.; DONATI, I. 1-methylcyclopropene retards postharvest softening of plums. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.31, p.269–275, 2004

MINAS, I.S.; CRISOSTO, G.M.; HOLCROFT, D.; VASILAKAKIS, M.; CRISOSTO, C.H. Postharvest handling of plums (*Prunus salicina* Lindl.) at 10°C to save energy and preserve fruit quality using an innovative application system of 1-MCP. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.76, p.1-9, 2013.

MINAS, I.S.; FONT I FORCADA, C.; DANGL, G.S.; GRADZIEL, T.M.; DANDEKAR, A.M.; CRISOSTO, C.H. Discovery of non-climacteric and suppressed climacteric bud sport mutations originating from a climacteric Japanese plum cultivar (*Prunus salicina* Lindl.). **Frontiers of Plant Science**, Lausanne, v.6, n.316, p.1-16, 2015.

MISHRA, V.K.; GAMAGE, T.V. Postharvest physiology of fruit and vegetables. In: RAHMAN, M. S. (Ed.), **Handbook of Food Preservation**. 2. ed., Boca Raton: CRC Press, 2007. chap. 3, p.19–48.

MORETTI, C.L.; ARAÚJO, A.L.; MAROUELLI, W.A.; SILVA, W.L.C. 1-Methylcyclopropene delays tomato fruit ripening. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.20, n.4, p.659-663, 2002.

MURATA, N.; LOS, D.A. Membrane fluidity and temperature perception. **Plant Physiology**, Rockville, v.115, p.875–879, 1997.

NANOS, G.D.; MITCHELL, F.G. High-temperature conditioning to delay internal breakdown development in peaches and nectarines. **Horticultural Science**, Alexandria, v.26, p.882–885, 1991.

NEUWALD, D.A.; STREIF, J. Changes in absorbic acid content of Elstar and Jonagold apples treated pre- and postharvest with ripening inhibitors. **Acta Horticulturae**, Leuven, v.877, p.1275-1279, 2010.

OZKAYA, O.; ÇÖMLEKÇIOĞLU, S.; DEMIRCIOĞLU, H. Assessment of the Potential of 1-Methylcyclopropene Treatments to Maintain Fruit Quality of the Common Fig (*Ficus carica* L. cv. 'Bursa Siyahi') during Refrigerated Storage. **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici**, Cluj-Napoca, v.42, n.2, p.516-522, 2014.

ÖZKAYA, O.; DÜNDAR, Ö. Response of 1-methylcyclopropene (1-MCP) treatments on some quality parameters of plum during storage. **Journal of Food, Agriculture and Environment**, Helsinki, v.7, n.2, p.233-236, 2009.

OZTURK, B.; KUCUKER, E.; YILDIZ, K.; CELIK, S.M. Changes of Bioactive Compounds and Ethylene Production of Japanese Plums Treated with Pre-Harvest Aminoethoxyvinylglycine. **International Journal of Food Properties**, Philadelphia, v.18, n.10, p.2165-2186, 2015.

PALOU, P.; CRISOSTO, C.H.; GARNER, D.; BASINAL, L.M. Effect of continuous exposure to exogenous ethylene during cold storage on postharvest decay development and quality attributes of stone fruits and table grapes. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.27, p.243-254, 2003.

PENNINGTON, J.A.T. Food Composition Databases for Bioactive Food Components. **Journal of Food Composition and Analysis**. San Diego, v.15, p.419–434, 2002.

PRASANNA, V.; PRABHA, T.N.; THARANATHAN, R.N. Fruit Ripening Phenomena – An Overview. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Philadelphia, v.47, n.1, p.1-19, 2007.

REDGWELL, R.J.; MACRAE, E.; HALLETT, I.; FISCHER, M.; PERRY, J.; HARKER, R. *In vivo* and *in vitro* swelling of cell walls during fruit ripening. **Planta**, New York, v.203, p.162–173, 1997.

RUPASINGHE, H.P.V; MURR, D.P.; PALIYATH, G; SKOG, L. Inhibitory effect of 1-MCP on ripening and superficial scald development in 'McIntosh' and 'Delicious' apples. **Journal Horticultural Science Biotechnology**, Ashford, v.75, n.3, p.271–276, 2000.

SALADIE, M.; MATAS, A.J.; ISAACSON, T.; JENKS, M.A.; GOODWIN, S.M.; NIKLAS, K.J.; XIAOLIN, R.; LABAVITCH, J.M.; SHACKEL, K.A.; FERNIE, A.R.; LYTOVCHENKO, A.; O'NEILL, M.A.; WATKINS, C.B.; ROSE, J.K. A reevaluation of the key factors that influence tomato fruit softening and integrity. **Plant Physiology**, Washington, v.144, p.1012–1028, 2007.

SALTVEIT, M. Respiratory metabolism. In: GROSS, K.C.; WANG, C.Y.; SALTVEIT, M. **The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks**. Draft revised. USDA, ARS. 2004. Disponível em: <<http://www.ba.ars.usda.gov/hb66/respiratoryMetab.pdf>>. Acesso em: 04 Out. 2015.(Agricultural Handbook Number 66).

SALVADOR, A.; CUQUERELLA, J.; MARTINEZ-JAVEGA, J.M. 1-MCP treatment prolongs postharvest life of 'Santa Rosa' plums. **Journal of Food Science**, Chicago, v.68, p.1504–1510, 2003.

SELVARAJAH, S.; BAUCHOT, A.D.; JOHN, P. Internal browning in cold-stored pineapples is suppressed by a postharvest application of 1-methylcyclopropene. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.23, p.167–70, 2001.

SEREK, M.; SISLER, E.C.; REID, M.S. 1-Methylcyclopropene, a novel gaseous inhibitor of ethylene action, improves the life of fruits, cut flowers and potted plants. **Acta Horticulturae**, Leuven, v.1, n.394, p.337-345, 1995.

SEYMOUR, G.B.; LASSLETT, Y.; TUCKER, G.A. Differential effects of pectolytic enzymes on tomato polyuronides in vivo and in vitro. **Phytochemistry**, Oxford, v.26, p.3137-3139, 1987.

SHARMA, S.; SHARMA, R.R.; PAL, R.K.; PAUL, V.; DAHUJA, A. 1-Methylcyclopropene influences biochemical attributes and fruit softening enzymes of 'Santa Rosa' Japanese plum (*Prunus salicina* Lindl.). **Journal of Plant Biochemistry and Biotechnology**, New Delhi, v.21, n.2, p.295–299, 2012.

SINGH, Z.; KHAN, A.S. Physiology of plum fruit ripening. **Stewart Postharvest Review**, [s. l.], v.6, p.1-10, 2010.

SINGH, S.P.; PAL, R.K. Response of climacteric-type guava (*Psidium guajava* L.) to postharvest treatment with 1-MCP. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.47, n.3, p.307-314, 2008.

SINGH, S.P.; SINGH, Z. Postharvest oxidative behaviour of 1-methylcyclopropene treated Japanese plums (*Prunus salicina* Lindl) during storage under controlled and modified atmospheres. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.74, p.26-35, 2012.

SINGLETON, V.; ROSSI, J.A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdicphosphotungstic acid reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v.16, n.3, p.144-158, 1965.

SISLER, E.C.; SEREK, M. Inhibitors of ethylene responses in plants at the receptor level. **Physiologia Plantarum**, Lund, v.100, p.577-582, 1997.

THEOLOGIS A. One rotten apple spoils the whole bushel: the role of ethylene in fruit ripening. **Cell**, Cambridge, v.70, p.181–184, 1992.

THOMAS, T.R.; SHACKEL, K.A.; MATTHEWS, M.A. Mesocarp cell turgor in *Vitis vinifera* L. berries throughout development and its relation to firmness, growth, and the onset of ripening. **Planta**, New York, v.228, p.1067–1076, 2008.

VALERO, D.; MARTINEZ-ROMERO, D.; VALVERDE, J.M.; GUILLEN, F.; SERRANO, M. Quality improvement and extension of shelf life by 1-



methylcyclopropene in plum as affected by ripening stage at harvest. **Innovative Food Science Emerging Technology**, Amsterdam, v.4, n.2, p.339–348, 2003.

VALERO, D.; GUILLEN, F.; VALVERDE, J.M.; MARTINEZ-ROMERO, D.; CASTILLO, S.; SERRANO, M. 1-MCP use on Prunus spp. To maintain fruit quality and to extend shelf life during storage: A comparative study. **Acta Horticulturae**, New York, v.682, p.933–940, 2005.

VICENTE, A.R.; MANGANARIS, G.A; CISNEROS-ZEVALLOS, L.; CRISOSTO, C.H. Prunus. In: TERRY, L. (Ed.), **Health-promoting Properties of Fruit and Vegetables**. Wallingford: CABI, 2011. chap. 13, p.238–259.

YU, S.M. Cellular and genetic responses of plants to sugar starvation. **Plant Physiology**, Rockville, v.121, p.687-693, 1999.

ZHANG, Z.; ZHANG, Y.; HUBER, D.J.; RAO, J.; SUN, Y.; LI, S. Changes in Prooxidant and Antioxidant Enzymes and Reduction of Chilling Injury Symptoms during Low-temperature Storage of 'Fuyu' Persimmon Treated with 1-Methylcyclopropene. **Hortscience**, Alexandria, v.45, n.11, p.1713-1718, 2010.

**ANEXOS**



## Anexo A

Tabela 1 - Produção de etileno ( $\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) em ameixas cv. Gulfblaze colhidas em três estádios de maturação (EM) e armazenadas a 25°C e 60-70% UR -Piracicaba - 2016

PC	Dias de armazenamento						
	0	2	4	6	8	10	12
EM1	0,008 Eb	0,05 Eb	0,22 DEb	6,45 CDb	12,63 BCb	26,84 Bb	45,49 Aa
EM2	0,015 Cb	1,83 Cb	63,14 Aa	63,35 Aa	54,10 ABa	40,92 Ba	-
EM3	8,31 Ba	16,02 Ba	45,58 Aa	59,10 Aa	-	-	-

\*PC: Ponto de colheita. Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). Os dados foram transformados em raiz quadrada de  $(x + 1)$ .

Tabela 2 - Atividade respiratória ( $\text{mL CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) em ameixas cv. Gulfblaze colhidas em três estádios de maturação (EM) e armazenadas a 25°C e 60-70% UR -Piracicaba - 2016

PC*	Dias de armazenamento			
	0	2	4	6
EM1	22,03 BCb	11,13 Db	17,64 CDb	23,62 BCc
EM2	24,38 BCab	17,51 Cab	25,29 BCa	34,13 Ab
EM3	29,57 Ba	21,56 Ca	30,06 Ba	84,31 Aa

PC*	Dias de armazenamento		
	8	10	12
EM1	24,72 BCa	28,14 ABa	33,01 Aa
EM2	27,26 ABa	28,43 ABa	-
EM3	-	-	-

\*PC: Ponto de colheita. Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Tabela 3 – Teor de sólidos solúveis (°Brix) de três estádios de maturação (EM) de ameixas cv. Gulfblaze armazenadas a 25°C e 60-70% UR - Piracicaba - 2016

PC*	Dias de armazenamento							Média
	0	2	4	6	8	10	12	
EM1	7,86	8,23	8,49	8,23	8,85	8,97	8,97	8,51 b
EM2	8,92	9,07	9,87	9,77	9,91	10,20	-	9,62 a
EM3	8,35	8,12	8,60	9,03	-	-	-	8,52 b
Média	8,37 C	8,47 C	8,98 B	9,01 B	9,38 AB	9,58 A	8,97 B	8,90

\*PC: Ponto de colheita. Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Tabela 4 - Acidez titulável (% de ácido málico) de três estádios de maturação (EM) de ameixas cv. Gulfblaze armazenadas a 25°C e 60-70% UR – Piracicaba - 2016

PC*	Dias de armazenamento						
	0	2	4	6	8	10	12
EM1	2,26 BCa	2,37 ABa	2,52 Aa	2,38 ABa	2,35 ABa	2,06 CDa	1,97 Da
EM2	2,22 Aa	2,26 Aa	2,33 Ab	2,35 Aa	1,89 Bb	1,84 Bb	-
EM3	1,91 Ab	1,91 Ab	1,93 Ac	1,88 Ab	-	-	-

\*PC: Ponto de colheita. Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Tabela 5 – Relação SS/AT em ameixas cv. Gulfblaze colhidas em três estádios de maturação (EM) e armazenadas a 25°C e 60-70% UR – Piracicaba - 2016

PC*	Dias de armazenamento						
	0	2	4	6	8	10	12
EM1	3,59 cBC	3,62 cBC	3,52 bC	3,67 cBC	4,03 bB	4,59 bA	4,71 aA
EM2	4,38 bB	4,3 bB	4,69 aB	4,45 bB	5,51 aA	5,79 aA	
EM3	4,81 aB	4,70 aB	4,76 aB	5,25 aA			

\*PC: Ponto de colheita. Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Tabela 6 – Perda de massa fresca (%) em ameixas cv. Gulfblaze colhidas em três estádios de maturação (EM) e armazenadas a 25°C e 60-70% UR – Piracicaba - 2016

PC*	Dias de armazenamento						
	0	2	4	6	8	10	12
EM1	0,00 Ga	1,46 Fa	3,16 Eb	5,28 Db	6,82 Cb	8,88 Ab	10,68 Ba
EM2	0,00 Fa	1,54 Ea	3,51 Dab	5,54 Cb	7,30 Ba	9,50 Aa	
EM3	0,00 Da	1,64 Ca	3,92 Ba	6,44 Aa			

\*PC: Ponto de colheita. Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

Tabela 7 - Firmeza da polpa (N) em ameixas cv. Gulfblaze colhidas em três estádios de maturação (EM) e armazenadas a 25°C e 60-70% UR – Piracicaba - 2016

PC*	Dias de armazenamento						
	0	2	4	6	8	10	12
EM1	39,72 Aa	34,71 Ba	32,32 Ba	25,17 Ca	17,48 Da	13,81 Ea	7,24 Fa
EM2	25,88 Ab	19,28 Bb	12,05 Cb	8,66 CDb	6,67 DEb	4,26 Eb	-
EM3	11,41 Ac	6,41 Bc	3,81 BCc	3,08 Cc	-	-	-

\*PC: Ponto de colheita. Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

Tabela 8 - Teor de solubilização de pectina em ameixas cv. Gulfblaze colhidas em três estádios de maturação (EM) e armazenadas a 25°C e 60-70% UR – Piracicaba - 2016

PC*	Dias de armazenamento			
	0	2	4	6
EM1	12,18 ABb	14,20 ABab	10,86 Bb	14,42 ABb
EM2	13,36 Ab	13,04 Ab	12,77 Ab	20,62 Ab
EM3	21,55 BCa	20,59 Ca	28,16 ABa	34,51 Aa

PC*	Dias de armazenamento		
	8	10	12
EM1	17,71 ABa	13,30 ABb	20,21 Aa
EM2	16,69 Aa	19,85 Aa	-
EM3	-	-	-

\*PC: Ponto de colheita. Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

Tabela 9 - Luminosidade da casca de ameixas cv. Gulfblaze colhidas em três estádios de maturação (EM) e armazenadas a 25°C e 60-70% UR – Piracicaba - 2016

PC*	Dias de armazenamento						
	0	2	4	6	8	10	12
EM1	49,63 Aa	47,11 Ba	41,19 Ca	34,77 Da	30,14 Ea	28,41 Fa	26,21 Ga
EM2	35,73 Ab	32,68 Bb	28,63 Cb	27,36 Cb	25,43 Db	25,19 Db	-
EM3	25,65 Ac	24,55 ABc	24,32 Bc	23,91 Bc	-	-	-

\*PC: Ponto de colheita. Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Tabela 10 - Ângulo Hue da casca de ameixas cv. Gulfblaze colhidas em três estádios de maturação (EM) e armazenadas a 25°C e 60-70% UR – Piracicaba - 2016

PC*	Dias de armazenamento			
	0	2	4	6
EM1	82,38 Aa	80,69 Aa	55,51 Ba	37,31 Ca
EM2	38,54 Ab	35,56 Ab	27,05 Bb	25,34 Bb
EM3	24,15 ABc	23,13 Bc	25,19 ABb	27,28 Ab

PC*	Dias de armazenamento		
	8	10	12
EM1	28,88 Da	28,75 Da	25,75 Da
EM2	19,61 Cb	25,12 Bb	-
EM3	-	-	-

\*PC: Ponto de colheita. Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Tabela 11 - Cromaticidade da casca ameixas cv. Gulfblaze colhidas em três estádios de maturação (EM) e armazenadas a 25°C e 60-70% UR – Piracicaba - 2016

PC*	Dias de armazenamento						
	0	2	4	6	8	10	12
EM1	30,26 Aa	29,10 Aa	28,63 Aba	29,35 Aa	27,33 Ba	24,19 Ca	19,17 Da
EM2	29,35 Aa	26,53 Bb	24,14 Cb	20,80 Db	17,01 Eb	12,64 Fb	-
EM3	15,63 Ab	13,24 Bc	10,86 Cc	7,92 Dc	-	-	-

\*PC: Ponto de colheita. Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Tabela 12 - Luminosidade da polpa de ameixas cv. Gulfblaze colhidas em três estádios de maturação (EM) e armazenadas a 25°C e 60-70% UR – Piracicaba - 2016

PC*	Dias de armazenamento						
	0	2	4	6	8	10	12
EM1	55,80 Aa	53,13 Aba	52,61 Ba	51,60 Ba	45,85 Ca	46,26 Ca	43,38 Ca
EM2	57,53 Aa	54,26 Ba	53,23 Ba	49,75 Ca	41,90 Db	42,75 Db	-
EM3	52,69 Ab	50,44 ABb	48,04 Bb	43,47 Cb	-	-	-

\*PC: Ponto de colheita. Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Tabela 13 - Ângulo Hue da polpa de ameixas cv. Gulfblaze colhidas em três estádios de maturação (EM) e armazenadas a 25°C e 60-70% UR – Piracicaba - 2016

PC*	Dias de armazenamento			
	0	2	4	6
EM1	100,66 Aba	101,88 Aa	99,02 Ba	95,20 Ca
EM2	93,19 ABb	94,83 Ab	90,75 Cb	90,66 Cb
EM3	88,04 Ac	89,84 Ac	87,93 Ac	84,25 Bc

PC*	Dias de armazenamento		
	8	10	12
EM1	91,88 Da	93,06 CDa	92,73 Da
EM2	87,34 Db	90,88 BCb	-
EM3	-	-	-

\*PC: Ponto de colheita. Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Tabela 14 – Cromaticidade da polpa de ameixas cv. Gulfblaze colhidas em três estádios de maturação (EM) e armazenadas a 25°C e 60-70% UR – Piracicaba - 2016

PC*	Dias de armazenamento						
	0	2	4	6	8	10	12
EM1	29,87 Ab	30,86 Ab	31,17 Ab	31,51 Ab	29,97 Aa	29,94 Aa	26,97 Ba
EM2	35,02 ABA	34,19 Ba	37,71 Aa	34,14 Ba	29,50 Ca	28,33 Ca	-
EM3	36,13 Aa	34,85 Aa	35,73 Aa	31,93 Bab	-	-	-

\*PC: Ponto de colheita. Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).



## Anexo B

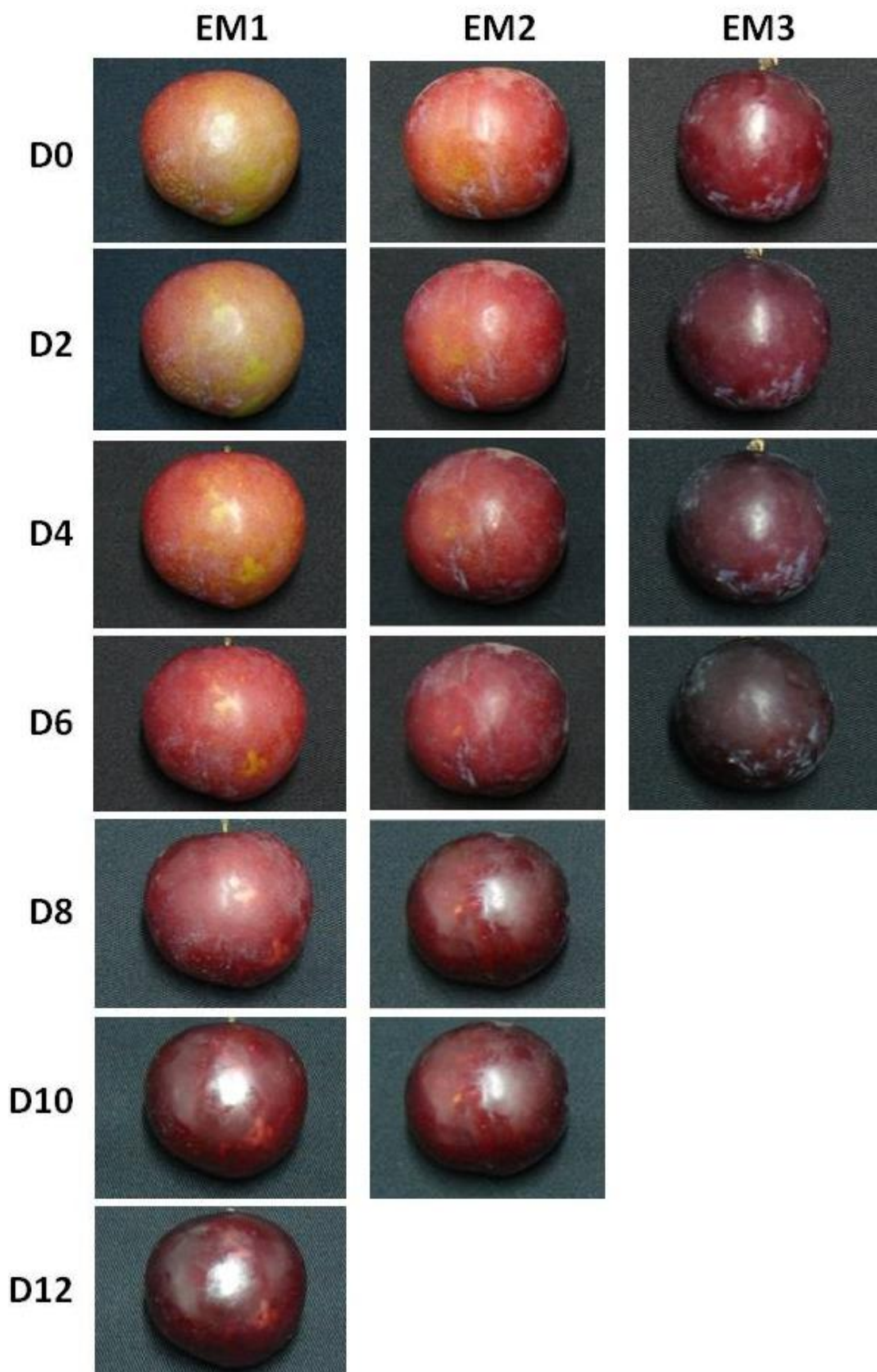


Figura 1– Desenvolvimento da coloração da casca de ameixa ‘Gulfblaze’ durante amadurecimento a 25°C, 60 a 70% de UR

## Anexo C

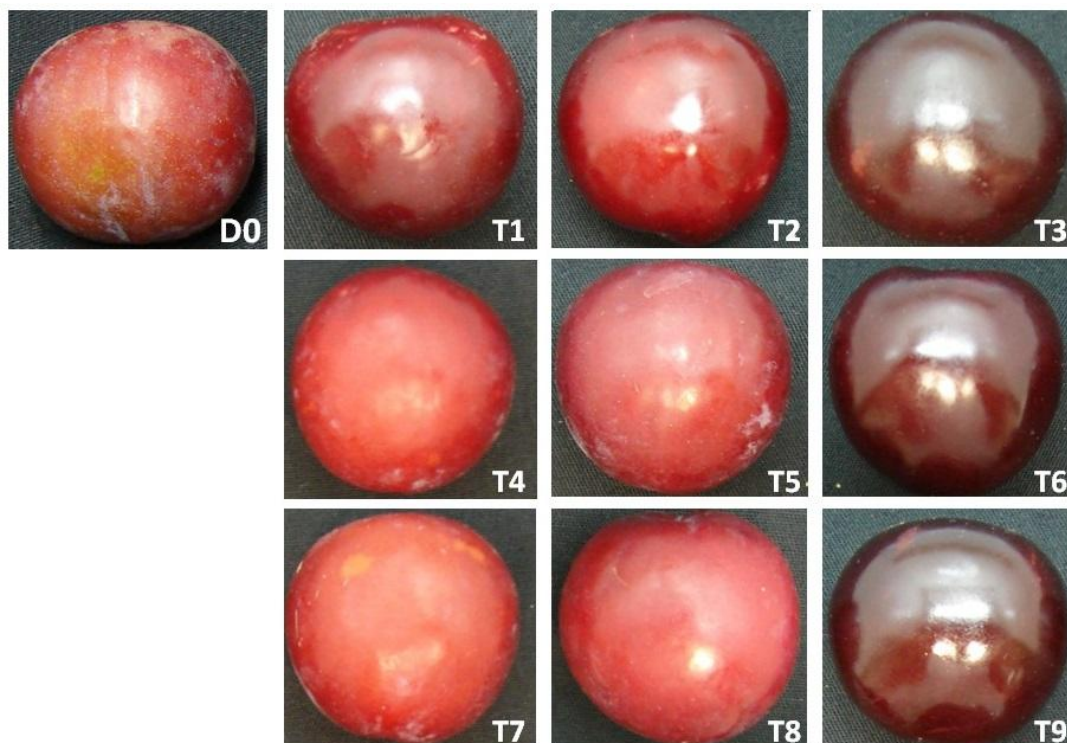


Figura 1 – Coloração da casca de ameixa 'Gulfblaze' no dia 0 e após 36 dias de refrigeração (85-90% UR) + 3 dias de comercialização simulada (25°C, 60-70% de UR). T1: 1°C + 0 nL L<sup>-1</sup> de 1-MCP; T2: 5°C + 0 nL L<sup>-1</sup> de 1-MCP; T3: 15°C + 0 nL L<sup>-1</sup> de 1-MCP; T4: 1°C + 450 nL L<sup>-1</sup> de 1-MCP; T5: 5°C + 450 nL L<sup>-1</sup> de 1-MCP; T6: 15°C + 450 nL L<sup>-1</sup> de 1-MCP; T7: 1°C + 900 nL L<sup>-1</sup> de 1-MCP; T8: 5°C + 900 nL L<sup>-1</sup> de 1-MCP; T9: 15°C + 900 nL L<sup>-1</sup> de 1-MCP

## Anexo D

Tabela 1 – Produção de etileno ( $\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) em ameixas ‘Gulfblaze’ tratadas com  $450 \text{ nL L}^{-1}$  de 1-MCP, armazenadas sob refrigeração à  $1^\circ\text{C}$  + 6 dias de comercialização simulada ( $25^\circ\text{C}$ ), e com aplicação de etileno em diferentes períodos do armazenamento – Piracicaba - 2016

Tratamento	Dias			
	0**	36	36+1	36+2
$1^\circ\text{C}$	0,42 Ea	3,38 Ea	66,28 Da	249,59 Aa
$1^\circ\text{C} + 1\text{-MCP}$	0,42 Ca	0,37 Ca	1,45 Cb	11,03 Cb
$1^\circ\text{C} + 1\text{-MCP} + \text{ET. 18}$	0,42 Ca	0,54 Ca	0,78 Cb	6,08 Cb
$1^\circ\text{C} + 1\text{-MCP} + \text{ET. 36}$	0,42 Ca	0,46 Ca	0,74 Cb	7,58 Cb

Tratamento	Dias			
	36+3	36+4	36+5	36+6
$1^\circ\text{C}$	234,55 Aa	160,90 Ba	157,45 Ba	99,37 Ca
$1^\circ\text{C} + 1\text{-MCP}$	4,79 Cb	8,21 Cb	50,72 Bc	114,07 Aa
$1^\circ\text{C} + 1\text{-MCP} + \text{ET. 18}$	3,48 Cb	11,89 Cb	75,07 Bb	103,97 Aa
$1^\circ\text{C} + 1\text{-MCP} + \text{ET. 36}$	3,33 Cb	10,83 Cb	47,82 Bc	108,32 Aa

\*\*Análise para caracterização, realizada em temperatura ambiente ( $25^\circ\text{C}$ ). Letras maiúsculas diferentes na mesma linha e letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a  $p < 0,05$ .

Tabela 2 - Atividade respiratória ( $\text{mL CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) em ameixas ‘Gulfblaze’ tratadas com  $450 \text{ nL L}^{-1}$  de 1-MCP, armazenadas sob refrigeração à  $1^\circ\text{C}$  + 6 dias de comercialização simulada ( $25^\circ\text{C}$ ), e com aplicação de etileno em diferentes períodos do armazenamento – Piracicaba 2016

TRATAMENTO	Dias			
	0**	36	36+1	36+2
$1^\circ\text{C}$	68,98 Ca	12,43 Fa	80,17 Ca	97,49 Ba
$1^\circ\text{C} + 1\text{-MCP}$	68,98 Ba	10,84 Ea	49,99 Cb	56,46 Cb
$1^\circ\text{C} + 1\text{-MCP} + \text{ET. 18}$	68,98 Ba	15,19 Ea	53,85 Cb	62,87 BCb
$1^\circ\text{C} + 1\text{-MCP} + \text{ET. 36}$	68,98 BCa	14,64 Fa	56,24 Db	61,54 CDb

TRATAMENTO	Dias			
	36+3	36+4	36+5	36+6
$1^\circ\text{C}$	49,41 DEa	42,23 Ea	55,70 Db	123,07 Aa
$1^\circ\text{C} + 1\text{-MCP}$	30,62 Db	31,36 Db	51,71 Cb	122,93 Aa
$1^\circ\text{C} + 1\text{-MCP} + \text{ET. 18}$	31,35 Db	37,81 Dab	66,94 Ba	118,83 Aa
$1^\circ\text{C} + 1\text{-MCP} + \text{ET. 36}$	21,35 Fb	37,39 Eab	75,35 Ba	99,77 Ab

\*\*Análise para caracterização, realizada em temperatura ambiente ( $25^\circ\text{C}$ ). Letras maiúsculas diferentes na mesma linha e letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a  $p < 0,05$ .

Tabela 3 - Firmeza da polpa (N) de ameixas 'Gulfblaze' tratadas com 450 nL L<sup>-1</sup> de 1-MCP, armazenadas sob refrigeração à 1°C + 6 dias de comercialização simulada (25°C), e com aplicação de etileno em diferentes períodos do armazenamento – Piracicaba - 2016

Tratamento	Dias			
	0**	36	36+3	36+6
1°C	54,84 Aa	35,33 Bb	10,47 Cc	6,88 Db
1°C + 1-MCP	54,84 Aa	48,19 Ba	35,24 Ca	12,84 Da
1°C + 1-MCP + ET. 18	54,84 Aa	45,66 Ba	29,23 Cb	12,09 Da
1°C + 1-MCP + ET. 36	54,84 Aa	46,12 Ba	30,20 Cb	11,22 Da

\*\*Análise para caracterização, realizada em temperatura ambiente (25°C). Letras maiúsculas diferentes na mesma linha e letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a  $p < 0,05$ .

Tabela 4 - Efeito dos dias de avaliação e dos tratamentos no teor de sólidos solúveis (°Brix) de 'Gulfblaze' tratadas com 450 nL L<sup>-1</sup> de 1-MCP, armazenadas sob refrigeração à 1°C + 6 dias de comercialização simulada (25°C), e com aplicação de etileno em diferentes períodos do armazenamento – Piracicaba – 2016

Tratamento	Dias				Média
	0**	36	36+3	36+6	
1°C	10,58	9,20	9,86	10,04	10,10 b
1°C + 1-MCP	10,58	9,96	10,02	10,36	10,23 a
1°C + 1-MCP + ET. 18	10,58	10,24	10,24	10,22	10,32 a
1°C + 1-MCP + ET. 36	10,58	10,22	10,18	10,36	10,33 a
Média	10,58 A	10,08 C	10,07 C	10,24 B	10,24

\*\*Análise para caracterização, realizada em temperatura ambiente (25°C). Letras maiúsculas diferentes na mesma linha e letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a  $p < 0,05$ .

Tabela 5 - Efeito dos dias de avaliação e dos tratamentos na acidez titulável (% ácido málico) em ameixas 'Gulfblaze' tratadas com 450 nL L<sup>-1</sup> de 1-MCP, armazenadas à 1°C + 6 dias de comercialização simulada (25°C), e com aplicação de etileno em diferentes períodos do armazenamento – Piracicaba – 2016

Tratamento	Dias				Média
	0**	36	36+3	36+6	
1°C	2,24	1,87	1,78	1,69	1,90 b
1°C + 1-MCP	2,24	1,89	1,88	1,89	1,98 ab
1°C + 1-MCP + ET. 18	2,24	2,06	1,88	1,92	2,03 a
1°C + 1-MCP + ET. 36	2,24	1,94	1,94	1,90	2,01 a
Média	2,25 A	1,94 B	1,88 BC	1,85 C	1,98

\*\*Análise para caracterização, realizada em temperatura ambiente (25°C). Letras maiúsculas diferentes na mesma linha e letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a  $p < 0,05$ .

Tabela 6 - Efeito dos dias de avaliação na relação sólidos solúveis/acidez titulável em ameixas 'Gulfblaze' tratadas com 450 nL L<sup>-1</sup> de 1-MCP, armazenadas à 1°C + 6 dias de comercialização simulada (25°C), e com aplicação de etileno em diferentes períodos do armazenamento – Piracicaba – 2016

Tratamento	Dias				Média
	0**	36	36+3	36+6	
1°C	4,73	5,33	5,23	5,95	5,38 a
1°C + 1-MCP	4,73	5,25	5,33	5,49	5,20 a
1°C + 1-MCP + ET. 18	4,73	4,98	5,44	5,33	5,12 a
1°C + 1-MCP + ET. 36	4,73	5,26	5,25	5,46	5,17 a
Média	4,73 C	5,20 B	5,39 AB	5,56 A	5,22

\*\*Análise para caracterização, realizada em temperatura ambiente (25°C). Letras maiúsculas diferentes na mesma linha e letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a  $p < 0,05$ .

Tabela 7 – Perda de massa (%) em ameixas ‘Gulfblaze’ tratadas com 450 nL L<sup>-1</sup> de 1-MCP, armazenadas sob refrigeração à 1°C + 6 dias de comercialização simulada (25°C), e com aplicação de etileno em diferentes períodos do armazenamento – Piracicaba - 2016

TRATAMENTO	Dias			
	0**	36	36+3	36+6
1°C	0,00 Da	2,30 Cb	2,76 Bb	4,10 Ab
1°C + 1-MCP	0,00 Da	2,30 Cb	2,61 Bb	3,93 Ab
1°C + 1-MCP + ET. 18	0,00 Da	4,48 Ca	4,99 Ba	6,24 Aa
1°C + 1-MCP + ET. 36	0,00 Da	4,57 Ca	5,04 Ba	6,35 Aa

\*\*Análise para caracterização, realizada em temperatura ambiente (25°C). Letras maiúsculas diferentes na mesma linha e letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a p<0,05.

Tabela 8 – Solubilização de pectina (%) em ameixas ‘Gulfblaze’ tratadas com 450 nL L<sup>-1</sup> de 1-MCP, armazenadas sob refrigeração à 1°C + 6 dias de comercialização simulada (25°C), e com aplicação de etileno em diferentes períodos do armazenamento – Piracicaba - 2016

TRATAMENTO	Dias			
	0**	36	36+3	36+6
1°C	3,53 Da	14,45 Ca	45,34 Aa	33,51 Bab
1°C + 1-MCP	3,53 Ca	5,29 Cb	16,99 Bb	27,47 Abc
1°C + 1-MCP + ET. 18	3,53 Ca	5,08 Cb	14,15 Bb	33,82 Aa
1°C + 1-MCP + ET. 36	3,53 Ca	7,18 BCb	12,81 Bb	25,85 Ac

\*\*Análise para caracterização, realizada em temperatura ambiente (25°C). Letras maiúsculas diferentes na mesma linha e letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a p<0,05.

Tabela 9 - Luminosidade da casca de ameixas ‘Gulfblaze’ tratadas com 450 nL L<sup>-1</sup> de 1-MCP, armazenadas sob refrigeração à 1°C + 6 dias de comercialização simulada (25°C), e com aplicação de etileno em diferentes períodos do armazenamento – Piracicaba - 2016

TRATAMENTO	Dias			
	0**	36	36+3	36+6
1°C	37,77 Aa	29,65 Bc	26,08 Cb	26,11 Ca
1°C + 1-MCP	37,77 Aa	31,49 Bb	29,21 Ca	25,85 Da
1°C + 1-MCP + ET. 18	37,77 Aa	33,19 Ba	29,24 Ca	25,70 Da
1°C + 1-MCP + ET. 36	37,77 Aa	32,95 Ba	29,51 Ca	25,85 Da

\*\*Análise para caracterização, realizada em temperatura ambiente (25°C). Letras maiúsculas diferentes na mesma linha e letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a p<0,05.

Tabela 10 - Efeito dos dias de avaliação e dos tratamentos no ângulo Hue da casca em ameixas 'Gulfblaze' tratadas com 450 nL L<sup>-1</sup> de 1-MCP, armazenadas à 1°C + 6 dias de comercialização simulada (25°C), e com aplicação de etileno em diferentes períodos do armazenamento – Piracicaba – 2016

Tratamento	Dias				Média
	0**	36	36+3	36+6	
1°C	45,16	26,92	20,17	18,41	27,66 b
1°C + 1-MCP	45,16	28,35	23,86	19,09	29,11 a
1°C + 1-MCP + ET. 18	45,16	29,14	22,99	19,00	29,07 a
1°C + 1-MCP + ET. 36	45,16	28,63	23,53	18,99	29,08 a
Média	45,16 A	28,26 B	22,64 C	18,87 D	28,73

\*\*Análise para caracterização, realizada em temperatura ambiente (25°C). Letras maiúsculas diferentes na mesma linha e letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a  $p < 0,05$ .

Tabela 11 - Cromaticidade da casca de ameixas 'Gulfblaze' tratadas com 450 nL L<sup>-1</sup> de 1-MCP, armazenadas sob refrigeração à 1°C + 6 dias de comercialização simulada (25°C), e com aplicação de etileno em diferentes períodos do armazenamento – Piracicaba - 2016

TRATAMENTO	Dias			
	0**	36	36+3	36+6
1°C	26,75 Ba	34,92 Aa	23,35 Cc	15,80 Db
1°C + 1-MCP	26,75 Ca	34,69 Aa	30,64 Ba	19,90 Da
1°C + 1-MCP + ET. 18	26,75 Ba	33,50 Aa	27,43 Bb	19,56 Ca
1°C + 1-MCP + ET. 36	26,75 Ca	33,84 Aa	28,73 Bb	20,05 Da

\*\*Análise para caracterização, realizada em temperatura ambiente (25°C). Letras maiúsculas diferentes na mesma linha e letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a  $p < 0,05$ .

Tabela 12 - Efeito dos dias de avaliação e dos tratamentos na luminosidade da polpa de ameixas 'Gulfblaze' tratadas com 450 nL L<sup>-1</sup> de 1-MCP, armazenadas à 1°C + 6 dias de comercialização simulada (25°C), e com aplicação de etileno em diferentes períodos do armazenamento – Piracicaba – 2016

Tratamento	Dias				Média
	0**	36	36+3	36+6	
1°C	56,67	54,24	53,44	53,75	54,52 c
1°C + 1-MCP	56,67	55,50	54,42	53,60	55,05 ab
1°C + 1-MCP + ET. 18	56,67	55,38	54,49	52,74	54,82 bc
1°C + 1-MCP + ET. 36	56,67	55,99	55,14	54,23	55,51 a
Média	56,67 A	55,28 B	54,37 C	53,58 D	54,97

\*\*Análise para caracterização, realizada em temperatura ambiente (25°C). Letras maiúsculas diferentes na mesma linha e letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a p<0,05.

Tabela 13 - Ângulo Hue da polpa de ameixas 'Gulfblaze' tratadas com 450 nL L<sup>-1</sup> de 1-MCP, armazenadas sob refrigeração à 1°C + 6 dias de comercialização simulada (25°C), e com aplicação de etileno em diferentes períodos do armazenamento – Piracicaba - 2016

TRATAMENTO	Dias			
	0**	36	36+3	36+6
1°C	100,96 Aa	92,80 Ba	88,99 Ca	89,78 Ca
1°C + 1-MCP	100,96 Aa	92,77 Ba	86,75 Cb	86,74 Cb
1°C + 1-MCP + ET. 18	100,96 Aa	93,52 Ba	86,71 Cb	86,00 Cb
1°C + 1-MCP + ET. 36	100,96 Aa	92,34 Ba	86,81 Cb	85,99 Cb

\*\*Análise para caracterização, realizada em temperatura ambiente (25°C). Letras maiúsculas diferentes na mesma linha e letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a p<0,05.



Tabela 14 - Cromaticidade da polpa de ameixas 'Gulfblaze' tratadas com 450 nL L<sup>-1</sup> de 1-MCP, armazenadas sob refrigeração à 1°C + 6 dias de comercialização simulada (25°C), e com aplicação de etileno em diferentes períodos do armazenamento – Piracicaba - 2016

TRATAMENTO	Dias			
	0**	36	36+3	36+6
1°C	32,82 ABa	32,33 Bb	34,44 Ab	34,03 ABb
1°C + 1-MCP	32,82 Ba	34,58 Ba	37,60 Aa	37,52 Aa
1°C + 1-MCP + ET. 18	32,82 Ba	33,58 Bab	38,29 Aa	37,95 Aa
1°C + 1-MCP + ET. 36	32,82 Ca	35,14 Ba	38,23 Aa	39,10 Aa

\*\*Análise para caracterização, realizada em temperatura ambiente (25°C). Letras maiúsculas diferentes na mesma linha e letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a  $p < 0,05$ .

Tabela 15 - Efeito dos dias de avaliação no teor de compostos fenólicos (mg ácido gálico 100 g<sup>-1</sup>) da polpa de ameixas 'Gulfblaze' tratadas com 450 nL L<sup>-1</sup> de 1-MCP, armazenadas à 1°C + 6 dias de comercialização simulada (25°C), e com aplicação de etileno em diferentes períodos do armazenamento – Piracicaba – 2016

Tratamento	Dias				Média
	0**	36	36+3	36+6	
1°C	607,10	744,22	748,98	702,10	700,60 A
1°C + 1-MCP	607,10	791,94	786,08	700,68	721,45 A
1°C + 1-MCP + ET. 18	607,10	788,00	769,76	674,28	709,78 A
1°C + 1-MCP + ET. 36	607,10	769,22	772,56	703,18	713,01 A
Média	607,10 C	773,34 A	769,34 A	695,06 B	711,21

\*\*Análise para caracterização, realizada em temperatura ambiente (25°C). Letras maiúsculas diferentes na mesma linha e letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a  $p < 0,05$ .

Tabela 16 – Teor de antocianinas (mg de equivalente cianidina 3-glicosídeo 100 g<sup>-1</sup>) na casca de ameixas ‘Gulfblaze’ tratadas com 450 nL L<sup>-1</sup> de 1-MCP, armazenadas sob refrigeração à 1°C + 6 dias de comercialização simulada (25°C), e com aplicação de etileno em diferentes períodos do armazenamento – Piracicaba - 2016

TRATAMENTO	Dias			
	0**	36	36+3	36+6
1°C	92,44 Ca	294,12 Ba	496,51 Aa	500,02 Ab
1°C + 1-MCP	92,44 Da	246,52 Ca	348,76 Bb	515,83 Ab
1°C + 1-MCP + ET. 18	92,44 Da	248,10 Ca	407,96 Bb	580,18 Aa
1°C + 1-MCP + ET. 36	92,44 Da	234,85 Ca	400,05 Bb	516,01 Ab

\*\*Análise para caracterização, realizada em temperatura ambiente (25°C). Letras maiúsculas diferentes na mesma linha e letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a p<0,05.

Tabela 17 - Atividade antioxidante (µg Trolox g<sup>-1</sup>) da polpa de ameixas ‘Gulfblaze’ tratadas com 450 nL L<sup>-1</sup> de 1-MCP, armazenadas sob refrigeração à 1°C + 6 dias de comercialização simulada (25°C), e com aplicação de etileno em diferentes períodos do armazenamento – Piracicaba - 2016

TRATAMENTO	Dias			
	0**	36	36+3	36+6
1°C	384,30 Ba	426,47 Aa	367,77 ABb	342,76 Ca
1°C + 1-MCP	384,30 ABa	364,54 Bb	399,68 Aab	321,89 Ca
1°C + 1-MCP + ET. 18	384,30 Aa	271,48 Cc	410,57 Aa	347,83 Ba
1°C + 1-MCP + ET. 36	384,30 Aa	349,52 Bb	416,08 Aa	328,15 Ba

\*\*Análise para caracterização, realizada em temperatura ambiente (25°C). Letras maiúsculas diferentes na mesma linha e letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a p<0,05.

Tabela 18 - Teor de ácido ascórbico (mg kg<sup>-1</sup>) da polpa de ameixas ‘Gulfblaze’ tratadas com 450 nL L<sup>-1</sup> de 1-MCP, armazenadas sob refrigeração à 1°C + 6 dias de comercialização simulada (25°C), e com aplicação de etileno em diferentes períodos do armazenamento – Piracicaba - 2016

TRATAMENTO	Dias			
	0**	36	36+3	36+6
1°C	43,61 ABa	34,59 Ca	44,45 Aa	35,72 BCb
1°C + 1-MCP	43,61 Aa	32,82 Ba	46,49 Aa	37,94 ABab
1°C + 1-MCP + ET. 18	43,61 Aa	33,95 Ba	44,47 Aa	45,50 Aa
1°C + 1-MCP + ET. 36	43,61 Aa	41,02 Aa	40,23 Aa	43,12 Aab

\*\*Análise para caracterização, realizada em temperatura ambiente (25°C). Letras maiúsculas diferentes na mesma linha e letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a p<0,05.