

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

**GERMANO GÜTTLER**

**QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE AMEIXAS ‘LAETITIA’ EM FUNÇÃO DO  
ESTÁDIO DE MATURAÇÃO NA COLHEITA E CONDIÇÕES DE  
ARMAZENAMENTO**

**LAGES-SC**

**2011**

**GERMANO GÜTTLER**

**QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE AMEIXAS ‘LAETITIA’ EM FUNÇÃO DO  
ESTÁDIO DE MATURAÇÃO NA COLHEITA E CONDIÇÕES DE  
ARMAZENAMENTO**

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

Orientador: Prof. Dr. Cristiano André Steffens  
Co-orientadores: Prof. PhD. Cassandro Vidal  
Talamini do Amarante  
Prof. Dr. Ricardo Trezzi Casa.

**LAGES – SC**

**2011**

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

Güttler, Germano

Qualidade pós-colheita de ameixas 'laetitia' em função do  
estádio de maturação na colheita e condições de  
armazenamento

/ Germano Güttler; orientador: Cristiano André Steffens –  
Lages, 2011.

48f.

Dissertação (Mestrado) – Centro de Ciências  
Agroveterinárias /  
UDESC

1. *Prunus salicina*. 2. Armazenamento. 3. Pós-colheita.  
4. 1-MCP. 5. Estádios de maturação. I. Título.

CDD – 634.2

**GERMANO GÜTTLER**

**QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE AMEIXAS 'LAETITIA' EM FUNÇÃO DO  
ESTÁDIO DE MATURAÇÃO E CONDIÇÕES DE ARMAZENAMENTO.**

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

Aprovado em:  
Pela Banca Examinadora:

---

Dr. Cristiano André Steffens  
Orientador – CAV/UEDESC

---

Dr. Léo Rufatto  
Coordenador do Programa de Pós-  
Graduação em Ciências Agrárias e  
Coordenador Técnico do Mestrado em  
Produção Vegetal

---

Dra. Lucimara Rogéria Antonioli  
EMBRAPA Uva e Vinho

---

Dr. Ricardo Trezzi Casa  
Professor – CAV/UEDESC

---

Dr. Cleimon Eduardo do Amaral Dias  
Diretor Geral do Centro de Ciências  
Agroveterinárias

**Lages-SC, 23 de setembro de 2011**

Homologada em:  
Por:

## **DEDICATÓRIA**

A minha esposa Luciana e minha filha Mariana. Desde sempre foram parceiras na alegria, apoiadoras nas dificuldades, cúmplices nas fatalidades, superação nas tristezas e formaram o lastro da minha felicidade.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, nosso mestre maior.

Ao meu orientador, Cristiano André Steffens, uma pessoa que une conhecimento, profissionalismo, caráter e amizade. Muito obrigado por todo seu apoio, paciência e por ter depositado sua confiança em mim na realização deste trabalho.

Aos professores do Curso de Mestrado em Produção Vegetal, pelo ótimo nível das aulas, pelo estímulo e apoio que passam para os acadêmicos.

Aos colegas de trabalho do Departamento de Agronomia do CAV por terem concedido a oportunidade de realizar este trabalho tão importante para minha vida profissional.

A toda equipe de mestrandos e bolsistas do laboratório de fisiologia e pós-colheita do CAV: Aquidauana, João Paulo, Thais, Carmem, Carlos, Hélio, Mariuccia, Tiago, Aline, Oscar e Ana Luiza. Muita qualidade de trabalho, esforço, dedicação, companheirismo e amizade foram marcas registradas deste grupo. Sinto muita gratidão pelas ótimas lições que aprendi com estes jovens.

Ao Marcos, que mostrou como amigos de verdade surgem nos momentos em que menos esperamos e que mais precisamos de ajuda.

A todos amigos que conheci durante o Curso, que dividiram esforços, expectativas e frustrações, mas que com certeza colaboraram para meu crescimento.

A minha família com seu apoio e torcida para que tudo na minha vida sempre tenha um final feliz.

Ao CNPq pela concessão de apoio financeiro ao projeto.

A Universidade do Estado de Santa Catarina pela oportunidade de realização do Curso de Mestrado em Produção Vegetal.

. As empresas que apoiaram este trabalho fornecendo os frutos para os experimentos.

## RESUMO

GÜTTLER, Germano. **QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE AMEIXAS 'LAETITIA' EM FUNÇÃO DO ESTÁDIO DE MATURAÇÃO NA COLHEITA E CONDIÇÕES DE ARMAZENAMENTO.** 2011. 48 f. Mestrado (Dissertação em Produção Vegetal – Área: Biologia e Tecnologia Pós-Colheita) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal, Lages, 2011.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do estágio de maturação dos frutos no momento da colheita, diferentes temperaturas de armazenamento e de técnicas complementares a atmosfera controlada (indução de perda de massa fresca, 1 metilciclopropeno e absorção de etileno) sobre o amadurecimento e a qualidade de ameixas 'Laetitia'. Foram realizados dois experimentos distintos e independentes, durante o ano de 2010 com frutos colhidos em pomar comercial de Vacaria-RS. O primeiro experimento avaliou temperatura de armazenamento por 35 dias (-0,5°C; 0,0°C; 0,5°C) combinado com dois estádios de maturação dos frutos no momento da colheita (M1 com 25 a 30% da epiderme com cor vermelha e M2 com 50 a 80% da epiderme com cor vermelha). No segundo experimento o armazenamento foi por 55 dias e foram avaliados os tratamentos atmosfera refrigerada (AR; 21 kPa de O<sub>2</sub> + <0,03 kPa de CO<sub>2</sub>), atmosfera controlada (AC), AC com aplicação de 1-metilciclopropeno (1-MCP; 1,0 µL L<sup>-1</sup>), AC com indução de perda de massa fresca (IPMF) e AC com absorção de etileno. Em ambos experimentos as variáveis avaliadas foram: firmeza de polpa, atributos de textura (forças para ruptura da epiderme, penetração da polpa e compressão do fruto), índice de cor vermelha (ICV), cor da epiderme (*h*<sup>o</sup>), incidência e severidade de escurecimento da polpa (*L*), sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), taxa respiratória e incidência de podridões e rachaduras. As avaliações foram realizadas após o armazenamento e novamente depois de três dias para simulação da comercialização. No experimento 1, as ameixas colhidas no estágio M1 apresentaram epiderme menos vermelha e maiores valores de acidez titulável, firmeza de polpa e de forças para ruptura da casca, penetração da polpa e compressão do fruto, após 35 dias de armazenamento e mais três dias em condições ambientes. Após o armazenamento, os frutos do estágio M1 apresentaram menor intensidade de escurecimento da polpa que os

frutos do estágio M2. De maneira geral, a temperatura de  $-0,5^{\circ}\text{C}$  proporcionou frutos menos vermelhos e com maiores valores de firmeza de polpa e atributos de textura. A AC retardou o amadurecimento dos frutos e reduziu a incidência de podridões e rachaduras e, na saída da câmara, a incidência e severidade de escurecimento da polpa. A IPMF, absorção de etileno e o 1-MCP, como complemento à atmosfera controlada, contribuíram para melhor manutenção da firmeza de polpa e atributos de textura, após três dias de exposição dos frutos em condições ambiente. A IPMF e o 1-MCP proporcionaram frutos com menor severidade de escurecimento da polpa. Conclui-se que frutos colhidos em estágio M1 e armazenados na temperatura de  $0,0^{\circ}\text{C}$  apresentam melhor manutenção das qualidades físico-químicas e menor severidade de escurecimento da polpa. O uso complementar a atmosfera controlada, da IPMF e 1-MCP, contribui para melhor manutenção da consistência do fruto e reduz a severidade do escurecimento da polpa.

**Palavras-chave:** *Prunus salicina*. Armazenamento. Pós-colheita. 1-MCP. Estádios de maturação.



## ABSTRACT

GÜTTLER, Germano. **POSTHARVEST QUALITY OF 'LAETITIA' PLUM IN FUNCTION OF MATURITY STAGE AND STORAGE CONDITIONS.** 2011. 48 f. Mestrado (Dissertação em Produção Vegetal – Área: Biologia e Tecnologia Pós-Colheita) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal, Lages, 2011.

The objective of this work was to evaluate the effect of maturity stage of fruits in harvest, different storage temperatures and techniques complementary to controlled atmosphere (induction of fresh mass loss, 1-methylcyclopropene and ethylene absorption) on the ripening and quality of 'Laetitia' plums. Two different and independent experiments were performed in 2010, with fruits harvested in commercial orchard from Vacaria-RS in the second experiment. The first experiment evaluated the following treatments: 35 days storage temperature (-0,5°C; 0,0°C; 0,5°C) combined with two maturity stages of fruits at harvest (M1: 25-30% red; M2: 50-80% red). In the second experiment the storage was for 55 days and were evaluated the treatments cold storage (CS; 21 kPa O<sub>2</sub> + < 0,03 kPa CO<sub>2</sub>), controlled atmosphere (CA), CA + 1-MCP (1,0 µL L<sup>-1</sup>), CA + induction of fresh mass loss (IFML) and CA + ethylene absorption. In both experiments variables assessed were: flesh firmness, texture attributes (strength to rupture of the skin, strength to pulp penetration and strength for compression of fruit), red color index, color of skin ( $h^0$ ), incidence and severity of flesh browning, soluble solids (SS), titratable acidity (TA), respiratory rate and rot and cracking incidence. The evaluations were realized after the storage and after three days for simulation of comercialization. Plums harvested at stage M1 showed less red skin and larger values of titratable acidity, flesh firmness and force to skin rupture, penetration of the pulp and fruit compression, after 35 days of storage and more 3 days of shelf life. After storage, fruits of the stage M1 and stored at 0°C exhibited lower flesh browning intensity than the fruits of stage M2 and -0,5°C e 0,5°C, respectively.. Temperature of -0.5°C provided less red skin and larger values of flesh firmness and texture attributes. CA delay the fruit ripening and reduce the rot and cracking incidence and, at removal

from cold storage, flesh browning incidence and severity. The IFML, ethylene absorption and 1-MCP, as a complement to controlled atmosphere, contributed to better maintenance of flesh firmness and texture attributes, after 3 days of shelf life. The IFML and 1-MCP provided fruit with lower flesh browning severity. Plums harvested with 25-30% of the surface of red fruits and stored at 0,0°C shows better maintenance of physicochemical quality and smaller flesh browning severity. Complementary to CA, IFML and 1-MCP, contributes to better maintenance the fruit consistency and lower flesh browning severity.

**Key words:** *Prunus salicina*. Storage. Postharvest. 1-MCP. Maturity stages.

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Firmeza de polpa e cor da epiderme em ameixas 'Laetitia' colhidas em dois estádios de maturação e armazenadas sob temperaturas de -0,5°C, 0,0°C e 0,5°C por um período de 35 dias e mais três dias em condições ambiente.....22
- Tabela 2 - Atributos de textura em ameixas 'Laetitia' colhidas em dois estádios de maturação e armazenadas sob temperaturas de -0,5 °C, 0,0°C e 0,5°C por um período de 35 dias e mais três dias em condições ambiente.....25
- Tabela 3 - Acidez titulável, escurecimento da polpa e severidade de escurecimento da polpa em ameixas 'Laetitia' colhidas em dois estádios de maturação e armazenadas sob as temperaturas de -0,5°C, 0,0°C e 0,5°C por um período de 35 dias e mais três dias em condições ambiente.....26
- Tabela 4 - Índice de cor vermelha e cor da epiderme em ameixas 'Laetitia' armazenadas sob refrigeração (21 kPa de O<sub>2</sub> + < 0,03 kPa de CO<sub>2</sub>) e em atmosfera controlada (1,0 kPa de O<sub>2</sub> + 1,0 kPa de CO<sub>2</sub>) a 0,5°C por 55 dias e após 3 dias em temperatura ambiente.....35
- Tabela 5 - Incidência de podridão e de rachadura em ameixas 'Laetitia' armazenadas sob refrigeração (21 kPa de O<sub>2</sub> + < 0,03 kPa de CO<sub>2</sub>) e em atmosfera controlada (1,0 kPa de O<sub>2</sub> + 1,0 kPa de CO<sub>2</sub>) a 0,5°C por 55 dias e após 3 dias em temperatura ambiente.....36
- Tabela 6 - Firmeza de polpa e atributos de textura em ameixas 'Laetitia' armazenadas sob refrigeração (21 kPa de O<sub>2</sub> + < 0,03 kPa de CO<sub>2</sub>) e em atmosfera controlada (1,0 kPa de O<sub>2</sub> + 1,0 kPa de CO<sub>2</sub>) a 0,5°C por 55 dias e após 3 dias em temperatura ambiente.....37
- Tabela 7 - Acidez titulável, sólidos solúveis, ph, cor da polpa e incidência de degenerescência da polpa em ameixas 'Laetitia' armazenadas sob refrigeração (21 kPa de O<sub>2</sub> + < 0,03 kPa de CO<sub>2</sub>) e em atmosfera controlada (1,0 kPa de O<sub>2</sub> + 1,0 kPa de CO<sub>2</sub>) a 0,5°C por 55 dias e após 3 dias em temperatura ambiente.....38

## LISTA DE FIGURA

Figura 1 – Microcâmaras, com capacidade de 180 L do Laboratório do Núcleo de Pesquisa e Pós-Colheita da Universidade Federal de Santa Maria utilizadas na execução dos experimentos.....	20
--	----

## LISTA DE ABREVIACÕES

1-MCP – 1- metilciclopropeno

°C – Graus Celsius

AC – Atmosfera controlada

AR – Atmosfera refrigerada

AT – Acidez titulável

O<sub>2</sub> – Oxigênio

CO<sub>2</sub> – Dióxido de carbono

CV – Coeficiente de variação

FP – Firmeza de polpa

*h*<sup>o</sup> – Ângulo hue

ICV – Índice de cor vermelha

IPMF – Indução de perda de massa fresca

L – Ângulo L (unidade de cor)

L – litro (unidade de volume)

kPa – Kilo pascal

M1 – Maturação 1

M2 – Maturação 2

m<sup>3</sup> – Metro cúbico

N – Newton (unidade de firmeza de polpa)

NaOH – Hidróxido de sódio

pH – Potencial de hidrogênio

SS – Sólidos solúveis

UR – Umidade relativa

µL - microlitro

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE AMEIXAS ‘LAETITIA’ COLHIDAS EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO DO FRUTO NA COLHEITA E ARMAZENADAS EM REFRIGERAÇÃO.....</b>	<b>17</b>
2.1	RESUMO.....	17
2.2	ABSTRACT.....	17
2.3	INTRODUÇÃO.....	18
2.4	MATERIAL E MÉTODOS.....	19
2.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22
2.6	CONCLUSÃO.....	27
<b>3</b>	<b>ARMAZENAMENTO EM ATMOSFERA CONTROLADA DE AMEIXAS ‘LAETITIA’ COM O USO DE 1-MCP, INDUÇÃO DE PERDA DE MASSA E ABSORÇÃO DE ETILENO.....</b>	<b>28</b>
3.1	RESUMO.....	28
3.2	ABSTRACT.....	29
3.3	INTRODUÇÃO.....	29
3.4	MATERIAL E MÉTODOS.....	31
3.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
3.6	CONCLUSÃO.....	40
<b>4</b>	<b>CONCLUSÕES GERAIS.....</b>	<b>41</b>
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>42</b>
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>43</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A ameixa é uma frutífera pertencente à família das Rosáceas, do gênero *Prunus* e que pode ser dividida em dois grupos: a ameixa européia, espécie *Prunus domestica* L., e a ameixa asiática, da espécie *Prunus salicina* L. (NAKASU et al., 1997). Os frutos da ameixeira são muito atrativos para o consumidor e disputam o mercado com os demais frutos considerados de alto valor de venda. Além disso, apresentam em sua composição química teores consideráveis de cálcio, ferro e fósforo, sendo uma excelente fonte de minerais, bem como de antioxidantes.

A cultura da ameixeira vem alcançando importância econômica considerável e, conjuntamente com as demais frutas de caroço, vem apresentando significativos aumentos na produção e no consumo (JOÃO et al., 2002; ZANETTE & BIASI, 2004).

Os fruticultores têm optado principalmente por plantios de cultivares tardias, como a ‘Laetitia’, pertencente ao grupo de ameixas asiáticas, com o objetivo de colher os frutos em uma época do ano onde a maioria das outras cultivares já foram colhidas. Porém, apesar das ótimas características desta cultivar, o período de colheita dos frutos é curto, com cerca de 20 dias, concentrando a oferta da produção. Conseqüentemente, o armazenamento é, sem dúvida, a opção indicada para regular a oferta de ameixas no mercado.

Brackmann et al. (2001) enfatizam que o produtor pode obter melhor remuneração pela sua produção com o prolongamento do período de oferta na entressafra através do armazenamento. Entretanto, a ameixa ‘Laetitia’ é conhecida pelo seu rápido amadurecimento e apresenta curto período de pós-colheita, resultando em rápida perda de qualidade (ALVES, 2009). Tutosaylor et al. (1993) e Abdi et al. (1997) citam que a vida pós-colheita da ameixa, dependendo da cultivar, situa-se entre duas a seis semanas.

O principal sistema de armazenamento utilizado para ameixas é o refrigerado (BRACKMANN et al. 2001; GUERRA & CASQUERO, 2008), porém, ainda não foi determinada a temperatura ideal de armazenamento em AR para ameixas ‘Laetitia’. Abdi et al. (1997) afirmam que armazenar ameixas em temperatura de 0°C pode resultar no surgimento de desordens fisiológicas que rapidamente alteram a qualidade dos frutos. Cantillano (1987) recomenda a temperatura entre -0,5 a 0,0°C e cita que temperaturas acima de 4°C encurtam sensivelmente o período de armazenamento. De

forma semelhante, Kader (1997) também recomenda temperaturas de armazenamento entre  $-0,5$  a  $0,0^{\circ}\text{C}$ . Plich (1999) afirma que a melhor temperatura de armazenamento para cultivares europeias é de  $-0,5^{\circ}\text{C}$ . Em relação às cultivares de ameixa ‘Pluma 7’ e ‘Reubenel’, Brackmann et al. (2001) constataram que as temperaturas de  $-0,2^{\circ}\text{C}$  e  $-0,7^{\circ}\text{C}$  resultaram em boa manutenção da qualidade dos frutos após o armazenamento. Todavia, Bilhalva et al. (1994) verificaram para a cultivar Reubenel que a temperatura de armazenamento de  $0,0^{\circ}\text{C}$  foi a mais adequada.

Maior redução no metabolismo dos frutos e possibilidade de aumento do período de conservação podem ser obtidos com o uso de AC quando comparada ao uso isolado da refrigeração (WANG, 1994; STEFFENS et al., 2007). Apesar do armazenamento refrigerado retardar o amadurecimento dos frutos, em períodos prolongados de armazenamento, mesmo em AC, pode ocorrer elevada incidência de escurecimento de polpa (ALVES, 2009). Apesar dos bons resultados obtidos com uso de AC, esta técnica isoladamente não inibe o desenvolvimento do escurecimento de polpa em ameixas ‘Laetitia’ (ALVES et al., 2009).

Além da utilização da refrigeração e da AC, alguns recursos técnicos podem ser adicionalmente utilizados, com o objetivo de proporcionar melhor manutenção da qualidade e até aumentar o tempo de conservação dos frutos. Dentre estes recursos, destaca-se o uso de absorvedor de etileno, do 1-metilciclopropeno (1-MCP) e da indução de perda de massa fresca (IPMF), além da colheita dos frutos em estágio ideal de maturação. Alves et al. (2010) verificaram que a aplicação de 1-MCP e o uso da técnica IPMF no armazenamento refrigerado reduziram a incidência do escurecimento de polpa.

O 1-MCP é um inibidor da ação do etileno, prevenindo os efeitos deste hormônio em frutos, hortaliças e flores (BLANKSHIP & DOLE 2003). É um poderoso antagonista do etileno por se ligar ao receptor desse fitormônio, impedindo de forma eficiente o primeiro passo da rota de transdução de sinal, que é a ligação do etileno ao receptor. (DAL CIN et al., 2006).

A indução de perda de massa fresca é uma técnica com resultados conhecidos em maçã, com efeitos positivos no controle do amadurecimento dos frutos (BRACKMANN et al., 2007). Nesta técnica os frutos perdem peso de forma lenta e constante, permitindo que a perda de água do fruto preferencialmente ocorra pelos canais intercelulares (via apoplástica), formando espaços com menor presença de água que aumentam a difusão dos gases para o interior do fruto. Alves et al. (2009)



verificaram que o uso da IPMF tem efeitos positivos na conservação de ameixas armazenadas sob refrigeração, contudo essa técnica não foi testada conjuntamente com a atmosfera controlada.

O estágio de maturação dos frutos no momento da colheita influencia na manutenção das qualidades físico-químicas durante e após o armazenamento (TAYLOR et al., 1993; CASQUERO & GUERRA, 2009; ARGENTA et al., 2011). Cantillano (2005) afirma que para assegurar boa conservação, adequada resistência ao transporte e melhor manutenção das qualidades dos frutos durante o armazenamento, estes devem ser colhidos quando apresentarem estágio de maturação considerado ótimo. Entretanto, este ponto considerado ótimo pode coincidir com o momento em que os frutos apresentam qualidade inferior para o consumo quando comparados com os frutos mais maduros. Guerra & Casquero (2008) comprovaram esta situação em ameixas cultivar 'Green Cage' onde verificaram que a melhor conservação em armazenamento refrigerado ocorreu para frutos menos maduros.

Sendo assim, este trabalho objetivou avaliar, no primeiro experimento, o efeito do estágio de maturação de colheita de frutos combinado com temperaturas de armazenamento e, no segundo experimento, o efeito de técnicas complementares a atmosfera controlada (indução de perda de massa fresca, 1-MCP e absorção de etileno) sobre o amadurecimento e a qualidade de ameixas 'Laetitia'.

## **2 QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE AMEIXAS 'LAETITIA' COLHIDAS EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO DOS FRUTOS NA COLHEITA E ARMAZENADAS SOB REFRIGERAÇÃO**

### **2.1 RESUMO**

Objetivou-se avaliar o efeito da temperatura de armazenamento e do estágio de maturação dos frutos no momento da colheita sobre a manutenção da qualidade pós-colheita de ameixas 'Laetitia'. Os tratamentos avaliados foram dois estádios de maturação de frutos na colheita (M1: frutos 25 a 30% da epiderme com cor vermelha; M2: frutos com 50 a 80% da epiderme com cor vermelha) combinados com três temperaturas de armazenamento (-0,5°C; 0,0°C; e 0,5°C). Ameixas do estágio M1 apresentaram epiderme menos vermelha, maiores valores de acidez titulável, firmeza de polpa e de forças para ruptura da casca, penetração da polpa, compressão do fruto e menor severidade de escurecimento da polpa, após 35 dias de armazenamento e mais três dias em condições ambientes. Frutos colhidos com 25 a 30% da superfície da epiderme com cor vermelha e armazenados na temperatura de 0,0°C apresentam melhor manutenção das qualidades físico-químicas e menor intensidade de escurecimento da polpa.

**Palavras-chave:** *Prunus salicina*, armazenamento, estágio de maturação, pós-colheita.

### **2.2 ABSTRACT**

The objective this work was to evaluate the effect of the temperature of storage and the maturity stages on maintenance of postharvest quality of plums 'Laetitia'. The treatments evaluated were two maturity stages at harvest (M1: fruits 25-30% of the surface of red; M2: fruits with 50-80% of the surface of red) combined with 3 temperatures of storage (-0,5°C; 0,0°C; e 0,5°C). Plums harvested at stage M1 presented less red skin and larger values of titratable acidity, flesh firmness and force to skin rupture, penetration of the pulp and fruit compression and less severity flesh pulp, after 35 days of storage and more 3 days of shelf life. After storage, fruits of the stage M1 and stored at 0,0°C exhibited lower flesh browning intensity than the fruits of stage M2 and -0,5°C e 0,5°C, respectively. Temperature of -0,5°C provided less red skin and

larger values of flesh firmness and texture attributes. Plums harvested with 25-30% of the surface of red fruits and stored at 0,0°C shows better maintenance of physicochemical quality and lower flesh browning intensity..

**Key-words:** *Prunus salicina*, storage, maturity stage, post-harvest

### 2.3 INTRODUÇÃO

As ameixas são frutos bem aceitos pelo consumidor devido ao seu sabor e aparência. Dentre as diversas cultivares de ameixa, os fruticultores do Sul do Brasil têm optado pela 'Laetitia', devido a sua boa produtividade, qualidade dos frutos, baixa suscetibilidade a doenças e por ter maturação tardia (ARGENTA et al., 2011). Contudo, a colheita desta cultivar ocorre em um curto período de tempo, aproximadamente 20 dias, concentrando a oferta no mercado e frequentemente resultando em baixos valores pagos aos produtores.

O armazenamento constitui a opção mais indicada para regular a oferta de frutos. Brackmann et al. (2001) enfatizam que para o produtor obter melhor remuneração pela sua produção, o prolongamento do período de oferta através do armazenamento é uma opção viável. Entretanto, a ameixa é conhecida pela sua alta perecibilidade e baixa conservação em pós-colheita, devido a sua elevada taxa metabólica durante o amadurecimento e da ocorrência do principal problema pós-colheita, o escurecimento da polpa (ALVES et al., 2010). Steffens et al. (2007) relatam que a diminuição da intensidade dos processos metabólicos devido à redução da temperatura, está entre os principais fatores que contribuem positivamente na manutenção da qualidade do fruto e, conseqüentemente, na redução de perdas pós-colheita.

O estágio de maturação dos frutos no momento em que são colhidos também pode influenciar na qualidade e período de armazenamento. Argenta et al. (2011) observaram que frutos colhidos pouco maduros, com 20 a 45% da superfície vermelha, são mais indicados para o armazenamento refrigerado do que frutos colhidos com 46-80% da superfície vermelha. Esses autores acrescentam que o estágio de maturação na colheita pode ser considerado como a característica mais importante que afeta a qualidade de ameixas após o armazenamento. Cantillano (2005) afirma que para assegurar boa conservação e adequada resistência ao transporte, os frutos devem ser

colhidos quando apresentam estágio de maturação menos avançado. Entretanto, este estágio frequentemente coincide com o momento em que os frutos apresentam qualidade inferior para o consumo.

Sendo assim, este trabalho teve por objetivo avaliar o efeito da temperatura de armazenamento refrigerado combinado com o estágio de maturação na colheita dos frutos sobre a manutenção da qualidade físico-química de ameixas cultivar Laetitia armazenada sob refrigeração.

## 2.4 MATERIAL E MÉTODOS

As ameixas ‘Laetitia’ foram colhidas no ano de 2010 em pomar comercial, de doze anos de idade localizado no município de Vacaria, RS, a a 28° 40’ 48,65’’ S e 50° 47’ 11,42’’ O, com uma altitude média de 973 m em região que apresenta clima Cfb. Após a colheita, os frutos foram transportados para o laboratório, onde os mesmos foram selecionados, sendo eliminados aqueles com anormalidades morfológicas ou injúrias e, posteriormente, foi realizada a homogeneização das unidades experimentais.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições e unidade experimental composta por 40 frutos. Os tratamentos avaliados seguiram o arranjo fatorial 2x3, sendo dois estádios de maturação (estádio M1: frutos com 25 a 30% da epiderme com cor vermelha; estágio M2: frutos com 50 a 80% da epiderme com cor vermelha) combinados com três temperaturas de armazenamento (-0,5°C; 0,0°C; e 0,5°C com variação de  $\pm 0,1$  °C).

O armazenamento foi realizado em microcâmaras do Laboratório do Núcleo de Pesquisa e Pós-Colheita da Universidade Federal de Santa Maria (Fig 1), por 35 dias. Após este período, as amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Pesquisa em Fisiologia e Tecnologia de Pós-Colheita da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC) e divididas em duas subamostras de 20 frutos, uma para análise na saída da câmara e outra para análise após três dias de exposição dos frutos, que permaneceram em bandejas de papelão sobre as bancadas do laboratório, em condições ambiente ( $20\pm 2^\circ\text{C}/60\pm 5\%$  de UR). Os atributos de qualidade analisados foram: taxa respiratória, índice de cor vermelha (ICV), cor da epiderme ( $h^\circ$ ), firmeza de polpa, atributos de textura (forças para ruptura da casca, penetração da polpa e compressão do fruto),

acidez titulável (AT), sólidos solúveis (SS), incidência e severidade de escurecimento da polpa e incidência de podridões.



Figura 1 – Vista de microcâmaras experimentais de capacidade de 180 L utilizadas no armazenamento dos frutos.

As taxas respiratória e de produção de etileno foram quantificadas colocando-se 12 frutos de cada amostra em um recipiente com o volume de 2.300 mL, com fechamento hermetico. A taxa respiratória foi obtida pela diferença da concentração de  $\text{CO}_2$  no interior do recipiente, imediatamente após o seu fechamento e depois de uma hora. Aliquotas de gás (1 mL) foram retiradas dos recipientes através de um septo e injetadas em um cromatógrafo a gás Varian<sup>®</sup>, modelo CP-3800, equipado com uma coluna Porapak N<sup>®</sup> de 3 m de comprimento (80-100 mesh), metanador e detector de ionização de chama. As temperaturas da coluna, do detector, do metanador e do injetor foram de 45°C, 120°C, 300°C e 110°C, respectivamente. Os fluxos de nitrogênio, hidrogênio e ar sintético foram de 70, 30 e 300 mL min<sup>-1</sup>, respectivamente. Os valores da atividade respiratória e da taxa de produção de etileno foram calculados através da fórmula obtida por Banks et al. (1995), e expressos em nmol de  $\text{CO}_2$  kg<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup> e pmol de  $\text{C}_2\text{H}_4$  kg<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup>, respectivamente.

O índice de cor vermelha foi determinado avaliando-se a superfície da epiderme dos frutos recoberta com coloração vermelha, sendo atribuídas notas de 1 a 4 (1, 2, 3 e 4 para o fruto com, respectivamente, 0-25%, 26-50%, 51-75% e 76-100% da superfície da epiderme pigmentada de vermelho). O índice foi calculado pelo somatório do produto do número de frutos pelo seu respectivo nível, dividido pelo total de frutos da amostra.

A cor da epiderme foi determinada pelo ângulo hue ( $h^\circ$ ) e foi efetuada com um colorímetro Minolta, modelo CR 400, sendo as leituras realizadas em duas regiões opostas do fruto, na sua porção equatorial. O  $h^\circ$  define a coloração básica, sendo que  $0^\circ$  = vermelho,  $90^\circ$  = amarelo e  $180^\circ$  = verde.

A firmeza de polpa foi determinada em dois pontos opostos na região equatorial dos frutos, após remoção de uma pequena porção da epiderme, com o auxílio de um penetrômetro equipado com ponteira de 8 mm de diâmetro.

Os atributos de textura foram analisados com um texturômetro eletrônico TAXT-plus<sup>®</sup> (Stable Micro Systems Ltd., Reino Unido), em termos de força necessária para o rompimento da epiderme, penetração na polpa e compressão do fruto inteiro. Para a quantificação da força necessária para o rompimento da epiderme e para a penetração na polpa, foi utilizada ponteira modelo PS2, com 2 mm de diâmetro, a qual foi introduzida na polpa a uma profundidade de 5 mm, com velocidades pré-teste, teste e pós-teste de 30, 5 e 30 mm s<sup>-1</sup>, respectivamente. A resistência do fruto à compressão foi determinada usando-se uma plataforma plana, modelo P/75, com 75 mm de diâmetro, que exerceu uma força de compressão até uma deformação de 5 mm na superfície do fruto.

Os valores de acidez titulável (AT; meq 100 mL<sup>-1</sup>) foram obtidos em amostra de 10 mL de suco, de fatias transversais, retiradas da região equatorial dos frutos submetidas à extração em uma centrífuga. A amostra obtida foi diluída em 90 mL de água destilada e titulada com solução de NaOH 0,1 N até pH 8,1.

Os teores de SS (°Brix) foram determinados por refratometria, utilizando-se o suco extraído conforme descrito para a AT, sendo realizada a correção do efeito da temperatura (20°C).

A incidência de escurecimento da polpa (%) foi avaliada por meio de corte transversal na região equatorial do fruto, sendo contabilizados os frutos que apresentaram escurecimento da polpa. A severidade de escurecimento da polpa ( $L$ ) foi efetuada com um colorímetro Minolta, modelo CR 400, na região mediana dos frutos. O  $L$  define a luminosidade que varia de 0 (preto) a 100 (branco).

A incidência de podridões foi avaliada pela contagem de frutos afetados, interna e externamente, com lesões maiores que 5 mm de diâmetro.

Os dados foram submetidos à análise da variância (ANOVA). Dados em percentagem foram transformados pela fórmula arcsen  $[(x+0,5)/100]^{1/2}$  antes de serem submetidos à ANOVA. Para a comparação das médias, adotou-se o teste de Tuckey ( $p < 0,05$ ).

## 2.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na saída da câmara observou-se interação entre os fatores temperatura de armazenamento e estágio de maturação para as variáveis firmeza de polpa e força para compressão do fruto (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1. Firmeza de polpa e cor da epiderme em ameixas ‘Laetitia’ colhidas em dois estádios de maturação e armazenadas sob temperaturas de  $-0,5^{\circ}\text{C}$ ,  $0,0^{\circ}\text{C}$  e  $0,5^{\circ}\text{C}$ , por um período de 35 dias e após três dias em condições ambiente.

°C	Firmeza de polpa (N)			Ângulo $h^{\circ}$			ICV* (1-4)		
	M1**	M2***	Média	M1	M2	Média	M1	M2	Média
Saída da Câmara									
-0,5	9,48Aa	9,04Aa		94,29	79,20	86,75a	1,78	3,05	2,42b
0,0	9,11Aa	7,49Bb		94,42	74,34	84,38a	1,66	2,98	2,34b
0,5	7,16Ab	5,60Bc		87,90	77,05	82,47a	2,27	3,45	2,86a
Média				92,20A	76,86B		1,90B	3,16A	
CV		5,29			4,27			4,43	
Após três dias em condições ambiente									
-0,5	2,71	2,34	2,53a	73,20	51,16	62,18a	3,10	3,78	3,44a
0,0	2,40	1,72	2,18b	61,38	43,59	53,74b	3,39	3,92	3,66a
0,5	2,78	2,16	2,31b	65,81	49,67	55,74b	3,26	3,79	3,53a
Média	2,62A	2,05B		67,13A	47,31B		3,25B	3,83A	
CV		8,38			7,85			2,42	

Médias não seguidas pela mesma letra diferem entre si, maiúscula na linha e minúscula na coluna pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro. \*Valores 1, 2, 3 e 4 para 0-25%, 26-50%, 51-75% e >75% da superfície recoberta com cor vermelha, respectivamente. \*\*Frutos colhidos com 25 a 30% da epiderme com cor vermelha. \*\*\*Frutos colhidos com 50 a 80% da epiderme com cor vermelha

Os frutos colhidos no estágio M1 apresentaram maior firmeza de polpa do que os frutos colhidos no estágio M2 nas temperaturas de armazenamento de  $0,0$  e  $0,5^{\circ}\text{C}$ .

Esses resultados evidenciam que o estágio de maturação influencia na manutenção da firmeza de polpa a partir de temperaturas de armazenamento superiores a 0°C. Após três dias em condições ambiente, frutos colhidos no estágio de maturação M1 apresentaram maiores valores de firmeza de polpa, independente da temperatura de armazenamento (Tabela 1). Malgarim et al. (2005), trabalhando com ameixas 'Amarelinha', também observaram interação entre temperatura de armazenamento e estágio de maturação, sendo, que os frutos colhidos em estágio de maturação menos avançado apresentaram-se mais firmes após o armazenamento. Durante o processo de amadurecimento ocorre a degradação da parede celular que proporciona o amolecimento dos frutos (TREPTOW, 2005). Os maiores valores de firmeza de polpa nos frutos do estágio M1 devem-se ao fato de estarem em estágio de maturação menos avançado. O grau de maturação no momento da colheita é um fator determinante para a firmeza de polpa, sendo que frutos menos maduros apresentam maior firmeza de polpa após o armazenamento (JACOMINO, 2002). Com relação ao efeito da temperatura de armazenamento sobre a firmeza de polpa, verificou-se que, na saída da câmara, no estágio M1, os frutos armazenados a -0,5°C e 0,0°C apresentaram maior firmeza de polpa. Já, para o estágio M2, quanto menor a temperatura de armazenamento, maior foi a firmeza de polpa (Tabela 1), evidenciando que são necessárias temperaturas de armazenamento mais baixas para melhor manutenção da firmeza de polpa de ameixas colhidas em estágio de maturação mais avançado. Todavia, após três dias em condições ambiente os frutos armazenados na temperatura de -0,5°C apresentaram maior firmeza de polpa, independente do estágio de maturação (Tabela 1). O incremento da temperatura provoca o aumento da atividade metabólica dos frutos e conseqüentemente aumenta a atividade de enzimas pectinolíticas causando a redução na firmeza de polpa.

Com relação à cor da epiderme, tanto na saída da câmara como após três dias em condições ambiente, os frutos colhidos com maturação mais avançada (M2) estavam mais vermelhos (menores valores de  $h^\circ$  e maiores de ICV) (Tabela 1). Este resultado evidencia que a diferença na coloração vermelha entre frutos dos estádios M1 e M2 na colheita se manteve após o armazenamento. A evolução da cor verde para amarela ou vermelha ocorre com a degradação da clorofila e a biossíntese de antocianinas e carotenóides (GIRARDI et al., 2000) e é conseqüência do amadurecimento dos frutos (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

Na saída da câmara, não houve diferença entre as temperaturas de armazenamento para  $h^\circ$ . Todavia, em condições ambiente os frutos armazenados a 0,0°C



e 0,5°C apresentaram menores valores de  $h^{\circ}$ , o que caracteriza maior desenvolvimento da cor vermelha (Tabela 1). Já o ICV, na saída da câmara, apresentou menores valores nos frutos armazenados a -0,5°C e 0,0°C. Todavia, após três dias em condições ambiente, não houve diferença entre temperaturas de armazenamento (Tabela 1). Malgarin et al. (2005) também observaram menor evolução da cor de ameixas ‘Amarelinha’ quando estas foram mantidas em temperaturas de armazenamento mais baixas. Segundo esses autores, provavelmente o efeito se deve à redução no avanço do processo de amadurecimento dos frutos em decorrência das baixas temperaturas. As baixas temperaturas contribuem para a menor evolução da cor em frutos devido à menor atividade das enzimas clorofilases e menor biossíntese de carotenóides (MALGARIM et al., 2005; THALES et al., 2009).

Frutos colhidos no estágio de maturação M1 apresentaram de maneira geral, em todas as avaliações, maiores valores de forças para ruptura da epiderme, penetração da polpa e compressão do fruto (Tabela 2). As enzimas pectinolíticas que são responsáveis pela transformação da pectina insolúvel em solúvel, e que resultam no amolecimento generalizado dos tecidos, apresentam menor ação em frutos com maturação menos avançada (THALES et al., 2009), corroborando com os resultados obtidos no presente trabalho.

Com relação à temperatura de armazenamento, tanto na saída da câmara como após três dias em condições ambiente, verificou-se que o aumento na temperatura resulta na redução significativa dos valores de forças para ruptura de epiderme e penetração da polpa. Para o atributo força para compressão do fruto os valores são menores somente na temperatura de 0,5°C para estágio M2. Após o período em condições ambiente, frutos armazenados a -0,5°C apresentaram melhor manutenção das características de textura (Tabela 2). Durante o amadurecimento ocorrem alterações que levam a redução da textura (MALGARIM et al., 2007), e o uso de baixas temperaturas durante o armazenamento reduz a velocidade dessas alterações (PURVIS, 1993).

A acidez titulável (AT) foi menor nos frutos colhidos no estágio de maturação M2 (Tabela 3). Estes resultados estão de acordo com os encontrados por Malgarim et al. (2005) e Malgarim et al. (2007) em ameixas ‘Amarelinha’ e ‘Reubennel’, respectivamente. O armazenamento a 0,5°C também proporcionou menor AT na saída da câmara (Tabela 3). Essa menor acidez titulável pode estar associada a maior atividade metabólica e respiração destes frutos, uma vez que, os ácidos são utilizados como substrato no processo respiratório.

A incidência de escurecimento da polpa foi superior a 50% em todos os tratamentos e não apresentou diferenças entre estádios de maturação, em ambas as avaliações, após 35 dias de armazenamento (Tabela 3). Possivelmente, a não ocorrência de diferença significativa, neste trabalho, se deve ao curto período de armazenamento. Argenta et al. (2011) verificaram diferenças entre estádios de maturação para incidência de escurecimento de polpa na cv. ‘Laetitia’ somente após 40 dias de armazenamento. De acordo com Luchsinger (2000), e Kluge et al. (2002) , de maneira geral, frutos colhidos imaturos ou sobre-maduros, são mais suscetíveis ao escurecimento interno.

Tabela 2. Atributos de textura em ameixas ‘Laetitia’ colhidas em dois estádios de maturação e armazenadas sob temperaturas de -0,5 °C, 0,0 °C e 0,5 °C por um período de 35 dias e após três dias em condição ambiente.

°C	Força para ruptura da epiderme			Força para penetração da polpa			Força para compressão do fruto		
	M1*	M2**	Média	M1	M2	Média	M1	M2	Média
Saída da Câmara									
-0,5	9,48	9,04	9,26a	2,52	1,98	2,25a	211,16Aa	164,21Ba	-
0,0	9,11	7,49	8,30b	2,00	1,70	1,85b	183,73Ab	151,98Ba	-
0,5	7,16	5,60	6,38c	1,49	1,31	1,40c	114,06Ac	100,61Ab	-
Média	8,58A	7,37B		2,00A	1,66B		-	-	
CV(%)		5,29			8,3			5,66	
Após três dias em condições ambiente									
-0,5	7,26	6,56	7,04a	1,38	1,08	1,30a	127,01	96,69	111,85a
0,0	6,66	5,52	6,09b	1,07	0,80	0,96b	109,31	75,64	93,09b
0,5	6,10	5,48	5,79b	1,32	1,03	1,11b	103,98	84,71	95,10b
Média	6,75A	5,86B		1,27A	0,97B		114,35a	85,68B	
CV(%)		5,66			8,16			6,81	

Médias não seguidas pela mesma letra maiúscula na horizontal e mesma letra minúscula na vertical diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

\*Frutos colhidos com 25 a 30% da epiderme com cor vermelha.

\*\*Frutos colhidos com 50 a 80% da epiderme com cor vermelha

Quanto à temperatura de armazenamento, não houve efeito sobre a incidência de escurecimento da polpa na saída da câmara (Tabela 3). Da mesma forma, Malgarim et al. (2005) ao testarem diferentes temperaturas de armazenamento, entre 0°C e 7°C, não encontraram diferença quanto à incidência de escurecimento interno. Após três dias em condições ambiente, os frutos armazenados a 0,5°C apresentaram maior incidência deste distúrbio do que os frutos armazenados a -0,5 e 0,0°C (Tabela 3). O aumento da incidência de escurecimento de polpa em temperaturas mais elevadas de

armazenamento foi comprovado em pêssegos ‘Maciel’, ‘Jubileu’ e ‘Eldorado’ (STEFFENS et al., 2006). Da mesma forma, Alves et al. (2010), avaliando duas temperaturas de armazenamento (-0,5 e 0,5°C) para a cultivar Laetitia, encontraram, após quatro dias em condição ambiente, maior ocorrência deste distúrbio na temperatura de 0,5°C. Possivelmente as temperaturas mais altas aceleraram a senescência dos tecidos da polpa (CHITARRA & CHITARRA, 2005), resultando na maior ocorrência deste distúrbio.

Tabela 3. Acidez titulável, escurecimento da polpa e severidade de escurecimento de polpa em ameixas ‘Laetitia’ colhidas em dois estádios de maturação e armazenadas sob diferentes temperaturas -0,5°C, 0,0°C e 0,5°C por um período de 35 dias e após três dias em condições ambiente.

°C	Acidez titulável (meq de ácido cítrico 100mL <sup>-1</sup> )			Escurecimento da polpa (%)			Severidade de escurecimento da polpa (L)		
	M1*	M2**	Média	M1	M2	Média	M1	M2	Média
Saída da Câmara									
-0,5	21,51	18,53	20,02a	66,40	53,90	60,10a	49,75	43,74	46,74b
0,0	20,49	19,08	19,78a	69,79	53,50	61,60a	49,86	47,66	48,76a
0,5	17,42	17,01	17,21b	68,30	59,60	64,00a	46,98	43,93	45,46b
Média	19,81A	18,20B		68,20A	55,70A		48,86A	45,11B	
CV(%)		5,72			23,1			8,2	
Após três dias em condições ambiente									
-0,5	19,00	14,68	16,87a	57,80	60,66	58,92b	45,38	46,78	46,08a
0,0	18,52	15,23	16,82a	45,72	50,72	48,22b	47,32	46,29	46,80a
0,5	16,80	14,81	15,81a	86,69	70,79	78,74a	44,76	45,01	44,89b
Média	18,10A	14,89B	-	63,20A	60,72A		45,82A	46,03A	
CV(%)		7,06			19,7			2,53	

Médias não seguidas pela mesma letra maiúscula na horizontal e mesma letra minúscula na vertical diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

\*Frutos colhidos com 25 a 30% da epiderme com cor vermelha.

\*\*Frutos colhidos com 50 a 80% da epiderme com cor vermelha

A intensidade de escurecimento da polpa, na saída da câmara, foi mais elevada nos frutos colhidos no estágio M2. Entretanto, após três dias em condições ambiente frutos M1 e M2 apresentaram igual severidade de escurecimento (Tabela 3). Argenta et al. (2011) verificaram que, apesar do aumento da severidade do escurecimento de polpa após serem mantidos três dias em condição ambiente, não houve diferença nesta variável entre frutos colhidos em diferentes estádios de maturação. Os resultados deste trabalho estão de acordo com os obtidos por Malgarim et al (2005), que verificaram

presença deste distúrbio somente no estágio de maturação mais avançado(frutos acima de 50%da epiderme com cor característica)na ameixa amarelinha.

A temperatura de armazenamento de 0,0°C proporcionou menor severidade de escurecimento de polpa (Tabela 3). Após três dias em temperatura ambiente a maior severidade de escurecimento de polpa ocorreu com frutos armazenados a 0,5°C. Este resultado está de acordo com Alves et al. (2009) que verificaram, após período de quatro dias em temperatura ambiente, maior intensidade de escurecimento de polpa em ameixas ‘Laetitia’ armazenadas na temperatura de 0,5°C.

Os atributos sólidos solúveis,taxa respiratória e incidência de podridões não apresentaram diferenças entre tratamentos (dados não apresentados).

## 2.6 CONCLUSÃO

1. A colheita de frutos com 25 a 30% de cor vermelha da epiderme proporciona melhores características de firmeza de polpa, coloração da epiderme, atributos de textura, bem como menor severidade de escurecimento da polpa.
2. A melhor temperatura para o armazenamento refrigerado de ameixas ‘Laetitia’ é de 0,0°C, pois ocorre satisfatória manutenção da firmeza de polpa e dos atributos de textura e menor severidade de escurecimento da polpa.

### **3 ARMAZENAMENTO DE AMEIXAS ‘LAETITIA’ EM ATMOSFERA REFRIGERADA E CONTROLADA COM O USO DE 1-MCP, DE INDUÇÃO DE PERDA DE MASSA FRESCA E ABSORÇÃO DE ETILENO.**

#### **3.1 RESUMO**

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da atmosfera refrigerada (AR) e da atmosfera controlada (AC) associada à aplicação de 1-metilciclopropeno (1-MCP), à indução de perda de massa fresca (IPMF) e absorção de etileno na manutenção da qualidade físico-química de ameixas cultivar Laetitia, especialmente sobre o escurecimento da polpa. Os tratamentos avaliados foram: armazenamento refrigerado (AR; 21,0 kPa de O<sub>2</sub> + 0,03 kPa de CO<sub>2</sub>), AC (1 kPa de O<sub>2</sub> + 1 kPa de CO<sub>2</sub>), AC + 1-MCP (1,0 µL L<sup>-1</sup>), AC + IPMF e AC + absorção de etileno. Os frutos foram armazenados durante 55 dias. As variáveis analisadas foram taxa respiratória, índice de cor vermelha (ICV), cor da epiderme (*h*<sup>o</sup>), firmeza de polpa, atributos de textura (forças para ruptura da casca, penetração da polpa e compressão do fruto), acidez titulável (AT), sólidos solúveis (SS), incidência e severidade de escurecimento da polpa e incidência de podridões e rachaduras. Após o armazenamento e mais 3 dias em condições ambiente as análises foram realizadas no Laboratório de Pesquisa em Fisiologia e Tecnologia de Pós-Colheita da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC). A atmosfera controlada retardou o amadurecimento dos frutos e reduziu a incidência de podridões e rachaduras e, na saída da câmara, a incidência e severidade de escurecimento da polpa. A IPMF, absorção de etileno e o 1-MCP, como complemento à atmosfera controlada, contribuíram para melhor manutenção da firmeza de polpa e atributos de textura, após três dias de exposição dos frutos em condições ambiente. A IPMF e o 1-MCP proporcionaram frutos com menor severidade de escurecimento da polpa. Conclui-se que a atmosfera controlada mantém a qualidade pós-colheita de ameixas ‘Laetitia’ e o uso complementar da IPMF e 1-MCP à atmosfera controlada mantém melhor manutenção da consistência do fruto e reduz a intensidade do escurecimento da polpa.

**Palavras-chave:** *Prunus salicina*, pós-colheita, escurecimento da polpa, qualidade.

#### **3.2 ABSTRACT**

The objective this work was to evaluate the effect of the cold storage and controlled atmosphere (CA) associated to the application of 1-MCP, the induction of fresh mass loss (IFML) and ethylene absorption on maintenance of postharvest quality of 'Laetitia' plums, especially on the flesh browning. were evaluated the following treatments: cold storage (CS; 21 kPa O<sub>2</sub> + < 0.03 kPa CO<sub>2</sub>), controlled atmosphere (CA; 1 kPa of O<sub>2</sub> + 1 kPa of CO<sub>2</sub>), CA + 1-MCP (1,0 μL L<sup>-1</sup>), CA + induction of fresh mass loss (IFML) and CA + ethylene absorption. The fruits were stored during 55 days. The variables analyzed were respiratory rate, red color index (ICV), colour of skin (h), pulp firmness, texture attributes (strength to rupture of the skin, the penetration of fruit pulp and compression), titratable acidity (AT), soluble solids (SS), incidence and severity of flesh browning and incidence of rotting and cacking. After the storage and after plus 3 days in ambient conditions analyses were conducted in the laboratory of Research in Physiology and Post Harvest Technology of Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC). CA delay the fruit ripening and reduce the rot and cracking incidence and, at removal from cold storage, flesh browning incidence and severity. The IFML, ethylene absorption and 1-MCP, as a complement to controlled atmosphere, contributed to better maintenance of flesh firmness and texture attributes, after 3 days of shelf life. The IFML and 1-MCP provided fruit with lower flesh browning intensity. CA maintenance postharvest quality of 'Laetitia' plums and , complementary to CA, IFML and 1-MCP, contributes to better maintenance the fruit consistency and reduces the flesh browning severity.

**Key-words:** *Prunus salicina*, postharvest, flesh browning, quality.

### 3.3 INTRODUÇÃO

O armazenamento refrigerado de frutos é uma das melhores alternativas para a redução de perdas pós-colheita e prolongamento do período de oferta, possibilitando ao produtor comercializar o produto durante a entressafra e obter uma melhor remuneração pela sua produção.

Uma excelente alternativa para retardar o amadurecimento e prolongar a vida pós-colheita é a utilização do armazenamento refrigerado. A redução da temperatura

constitui o principal fator que influencia a manutenção da qualidade dos frutos durante o armazenamento (STEFFENS et al., 2007).

Apesar de o armazenamento refrigerado ser o sistema mais utilizado para a conservação de ameixas (BRACKMANN et al., 2001), a atmosfera controlada (AC) permite prolongar a conservação pós-colheita dos frutos, pois ocorre maior retardo nos processos relacionados com o amadurecimento, mantendo a qualidade e prolongando o período de prateleira (NAVA & BRACKMANN, 2001; ALVES et al., 2010). Todavia, mesmo em AC pode ocorrer acentuada incidência de escurecimento da polpa em ameixas 'Laetitia' (ALVES et al., 2010). Em frutos climatérios, o período máximo de armazenamento depende dos processos que são influenciados pelo etileno, como a taxa respiratória, a autocatálise de etileno, o amolecimento do fruto e a incidência de distúrbios fisiológicos e de podridões (RATO et al., 2004; STEFFENS et al., 2007). No entanto, os efeitos do etileno dependem de sua concentração, a qual induz o amadurecimento somente quando estiver acima de uma concentração considerada fisiologicamente ativa (BRACKMANN et al., 2000).

A absorção de etileno pode ser uma alternativa viável para a redução da incidência de escurecimento da polpa. A eliminação do etileno, no ambiente de armazenamento, apresentou bons resultados na manutenção da qualidade de maçãs 'Royal Gala' (BRACKMANN et al., 2000) e 'Gala' (BRACKMANN et al., 2008). Outra alternativa é o 1-metilciclopropeno (1-MCP), um potente inibidor da ação do etileno, que constitui-se em uma excelente alternativa para o armazenamento de frutos (WATKINS, 2006). O 1-MCP age se ligando irreversivelmente aos receptores de etileno, inibindo o estímulo fisiológico e a transdução de sinal necessários para desencadear o processo de amadurecimento (SISLER & SEREK, 1997). A aplicação de 1-MCP inibe drasticamente o amadurecimento de frutos (BLANKENSHIP & DOLE, 2003; ALVES et al., 2010). Todavia, atualmente a aplicação do 1-MCP em câmara comercial ou a aquisição de equipamentos para eliminar o etileno no ambiente de armazenamento apresentam um custo relativamente elevado.

A indução de perda de massa fresca (IPMF) apresentou efeito positivo no controle do amadurecimento de maçãs 'Gala', além de reduzir a incidência de podridões e de distúrbios fisiológicos (BRACKMANN et al., 2007). Em ameixas 'Laetitia', o uso da IPMF durante o armazenamento refrigerado manteve maior firmeza de polpa e reduziu a incidência e a severidade do escurecimento da polpa (ALVES et al., 2010). Essa técnica ainda não é utilizada comercialmente, todavia seu custo de operacionalização

certamente é inferior ao tratamento com 1-MCP ou a aquisição de equipamentos para eliminação do etileno. Ainda não existem informações sobre o seu efeito associado ao armazenamento em AC sobre a manutenção da qualidade de ameixas 'Laetitia'.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da AC associada à aplicação de 1-MCP, à IPMF e à absorção de etileno na manutenção da qualidade físico-química de ameixas 'Laetitia', especialmente sobre o escurecimento da polpa.

### 3.4 MATERIAL E MÉTODOS

As ameixas 'Laetitia' foram colhidas no ano de 2010, em pomar comercial localizado no município de Vacaria, RS, a 28° 40' 48,65" S e 50° 47' 11,42" O, com uma altitude média de 973 m em região que apresenta clima Cfb e em seguida transportadas para o laboratório. No laboratório os frutos foram selecionados, eliminando-se aqueles com anormalidades morfológicas ou injúrias. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições, sendo a unidade experimental constituída por 40 frutos. Os tratamentos utilizados foram: armazenamento refrigerado (AR; 21 kPa O<sub>2</sub> + < 0,03 kPa CO<sub>2</sub>), atmosfera controlada (AC), AC com aplicação de 1-MCP (1,0 µL L<sup>-1</sup>), AC com indução de perda de massa fresca (IPMF) e AC com absorção de etileno. Os frutos foram armazenados em microcâmaras experimentais de AC (Fig. 1). A condição de AC utilizada foi de 1,0 kPa de O<sub>2</sub> + 1,0 kPa de CO<sub>2</sub>. Todos os frutos foram armazenados a 0,5 ± 0,1°C e 96 ± 2% de umidade relativa.

As pressões parciais dos gases foram obtidas pela diluição do O<sub>2</sub> nas microcâmaras com injeção de N<sub>2</sub> proveniente de um gerador de nitrogênio que utiliza o princípio *Pressure Swing Adsorption* (PSA). A manutenção das pressões parciais dos gases nas diferentes câmaras, que variavam em função da respiração dos frutos, foi realizada através da análise diária, com o uso de equipamento automático para controle de gases da marca Kronenberger/Climasul. Quando os níveis do CO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub> não estavam adequados, o equipamento procedia à correção das pressões parciais até os níveis preestabelecidos. O O<sub>2</sub> consumido pela respiração foi repostado por meio da injeção de ar atmosférico nas microcâmaras. O CO<sub>2</sub> em excesso foi absorvido por uma solução de hidróxido de potássio (40%), por meio da qual foram circulados os gases das microcâmaras.



A IPMF foi provocada de forma constante, através da absorção da umidade do ar da microcâmara de forma a atingir, ao final do armazenamento, perda de 2 % de massa fresca. Esse procedimento foi efetuado com uma bomba de membrana que permite a circulação do ar do interior da microcâmara para dentro de um recipiente contendo sílica gel, conforme metodologia descrita por Brackmann et al. (2007).

Para a eliminação de etileno, no tratamento com baixo etileno ( $<0,04 \mu\text{L L}^{-1}$ ), foi realizada a absorção química desse gás por meio da adição, no interior da microcâmara, de sachês (um sache para cada 3 kg de frutos) contendo permanganato de potássio. Os níveis de etileno foram monitorados semanalmente, por cromatografia gasosa, injetando-se 1 mL de gás da atmosfera de cada câmara em um cromatógrafo a gás, marca Varian, modelo 3400CX, equipado com detector de ionização de chama, coluna empacotada com Porapak N de 0,7 m de comprimento, utilizando nitrogênio como gás de arraste. As temperaturas empregadas foram 90°C, 140°C e 200°C para coluna, injetor e detector, respectivamente.

Para o tratamento com 1-MCP, foi utilizado o produto *SmartFresh*® (0,14% de 1-MCP na formulação pó), na relação de 0,16 g de produto para cada  $\text{m}^3$  de câmara, para obter  $1,0 \mu\text{L L}^{-1}$  de 1-MCP. O produto foi colocado em frasco hermético e solubilizado em água, na temperatura ambiente. Posteriormente, o frasco foi introduzido na microcâmara, e a solução foi transferida para uma placa de Petri, por meio da abertura lateral, e vedada imediatamente. Os frutos ficaram expostos ao tratamento durante 24 horas, antes do armazenamento a 0,5°C.

Após 55 dias de armazenamento, as amostras foram divididas em duas sub-amostras de 20 frutos, uma para análise na saída da câmara e outra para análise após três dias de exposição dos frutos em condição ambiente ( $20 \pm 2^\circ\text{C} / 60 \pm 5\%$  de UR).

Os atributos de qualidade analisados foram: taxa respiratória, índice de cor vermelha (ICV), cor da epiderme ( $h^\circ$ ), firmeza de polpa, atributos de textura (forças para ruptura da casca, penetração da polpa e compressão do fruto), acidez titulável (AT), sólidos solúveis (SS), incidência e severidade de escurecimento da polpa e incidência de podridões e rachaduras.

O índice de cor vermelha foi determinado avaliando-se a superfície dos frutos recoberta com coloração vermelha, sendo atribuídas notas de 1 a 4 (1, 2, 3 e 4 para o fruto com, respectivamente, 0-25%, 26-50%, 51-75% e 76-100% da superfície pigmentada de vermelho). O índice foi calculado pelo somatório dos produtos do

número de frutos pela respectiva nota e pelo respectivo nível, dividido pelo total de frutos da amostra.

A firmeza de polpa foi determinada em dois pontos na região equatorial dos frutos, em superfícies opostas, após remoção de uma pequena porção da epiderme, com o auxílio de um penetrômetro equipado com ponteira de 8 mm de diâmetro.

Os atributos de textura foram analisados com um texturômetro eletrônico *TAXT-plus*<sup>®</sup> (*Stable Micro Systems Ltd.*, Reino Unido), em termos de forças necessárias para o rompimento da epiderme, penetração na polpa e compressão do fruto inteiro. Para a quantificação da força necessária para o rompimento da epiderme e para a penetração na polpa, foi utilizada ponteira modelo PS2, com 2 mm de diâmetro, a qual foi introduzida na polpa a uma profundidade de 5 mm, com velocidades pré-teste, teste e pós-teste de 30, 5 e 30 mm s<sup>-1</sup>, respectivamente. A resistência do fruto à compressão foi determinada usando-se uma plataforma plana, modelo P/75, com 75 mm de diâmetro, que exerceu uma força de compressão até uma deformação de 5 mm na superfície do fruto.

Os valores de acidez titulável (AT; meq 100 mL<sup>-1</sup>) foram obtidos em amostra de 10 mL de suco, de fatias transversais, retiradas da região equatorial dos frutos submetidas à extração em uma centrífuga. A amostra obtida foi diluída em 90 mL de água destilada e titulada com solução de NaOH 0,1 N até pH 8,1.

A incidência de escurecimento da polpa (%) foi avaliada por meio de corte transversal na região equatorial do fruto, sendo contabilizados os frutos que apresentaram escurecimento da polpa. A intensidade de escurecimento da polpa (*L*) foi efetuada com um colorímetro Minolta, modelo CR 400, na região mediana dos frutos. O *L* define a luminosidade que varia de 0 (preto) a 100 (branco).

A incidência de podridões foi avaliada pela contagem de frutos afetados, interna e externamente, com lesões maiores que 5 mm de diâmetro e causada por patógenos.

A incidência de rachaduras foi avaliada pela contagem de frutos que apresentavam fissuras visíveis na epiderme.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), sendo os dados em porcentagem transformados pela fórmula  $\arcsen[(x+0,5)/100]^{1/2}$  antes de serem submetidos à ANOVA. Para a comparação das médias, adotou-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

### 3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com relação à cor da epiderme, os frutos de todos os tratamentos em AC apresentaram menor ICV e maior  $h^{\circ}$ , caracterizando assim menor desenvolvimento de cor vermelha do que aqueles armazenados somente sob AR. Após três dias em condições ambiente, os tratamentos AC com 1-MCP e AC com absorção de etileno apresentaram os menores valores de ICV (Tabela 4). Segundo Argenta et al. (2003) a mudança na cor durante o amadurecimento de ameixas é um processo dependente de etileno, corroborando com os resultados do presente trabalho.

Quanto ao  $h^{\circ}$ , os frutos armazenados em AC e tratados com 1-MCP apresentaram maiores valores (Tabela 4). O efeito do 1-MCP sobre a inibição do desenvolvimento da cor vermelha dos frutos (maior valor  $h^{\circ}$ ) também foi verificado em ameixas armazenadas sob refrigeração (ALVES et al., 2010).

Tabela 4. Índice de cor vermelha e cor da epiderme em ameixas ‘Laetitia’ armazenadas sob refrigeração (21 kPa de O<sub>2</sub> + < 0,03 kPa de CO<sub>2</sub>) e em atmosfera controlada (1,0 kPa de O<sub>2</sub> + 1,0 kPa de CO<sub>2</sub>) a 0,5°C por 55 dias e após mais três dias em condições ambiente.

Tratamentos	ICV (1-4)	H°
Saída da câmara		
AR	3,60a	64,61b
AC	2,79b	84,50a
AC + 1-MCP	2,65b	87,35a
AC + IPMF	2,87b	84,28a
AC + AE	2,91b	84,35a
CV(%)	8,76	5,01
Após três dias em condições ambiente		
AR	3,80a	56,84c
AC	3,46b	87,56a
AC + 1-MCP	3,27c	72,11b
AC + IPMF	3,54b	81,49a
AC + AE	3,31c	81,94a
CV(%)	4,8	6,12

\*Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro. 1-MCP: 1-metilciclopropeno; IPMF: Indução de perda de massa fresca; AE: Absorção de etileno

Na saída da câmara, a ocorrência de podridões e rachaduras foi maior no armazenamento em AR, o qual diferiu de todos os tratamentos em AC. Já após três dias em condições ambiente, houve diferença apenas na ocorrência de rachaduras que foi maior no tratamento AR (Tabela 5). Em pêssgo, Brackmann & Chitarra (1998) citam que o efeito na redução da ocorrência de podridões em AC é devido ao retardamento da degradação de pectinas da parede celular, tornando o fruto mais resistente ao ataque de fungos. Quanto à incidência de rachaduras, a ocorrência desse distúrbio está fortemente relacionada à evolução do amadurecimento dos frutos (Brackmann et al., 2008).

Tabela 5. Incidência de podridão e de rachadura em ameixas ‘Laetitia’ armazenadas sob refrigeração (21 kPa de O<sub>2</sub> + < 0,03 kPa de CO<sub>2</sub>) e em atmosfera controlada (1,0 kPa de O<sub>2</sub> + 1,0 kPa de CO<sub>2</sub>) a 0,5°C por 55 dias e após mais três dias em condições ambiente.

Tratamentos	Podridão (%)	Rachadura (%)
Saída da câmara		
AR	50,00a	82,50a
AC	1,88c	0,63b
AC + 1-MCP	2,75c	0,70b
AC + IPMF	17,65b	0,63b
AC + AE	2,50c	0,63b
CV(%)	30,14	30,31
Após três dias em condições ambiente		
AR	36,11a	93,65a
AC	22,06a	0,10b
AC + 1-MCP	15,14a	1,33b
AC + IPMF	10,67a	0,10b
AC + AE	19,17a	0,10b
CV(%)	40,11	33,19

\*Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro. 1-MCP: 1-metilciclopropeno; IPMF: Indução de perda de massa fresca; AE: Absorção de etileno

A firmeza de polpa e os atributos de textura (forças para ruptura da epiderme, penetração da polpa e compressão do fruto), na saída da câmara, foram mais elevados nos frutos armazenados em AC, independente da utilização de técnicas complementares. Contudo, após três dias em condições ambiente, os frutos armazenados em AC com 1-MCP, com absorção de etileno e IPMF mantiveram valores de firmeza de polpa e de atributos de textura superiores aos frutos dos demais tratamentos (Tabela 6). A maior firmeza de polpa observada na saída da câmara, no tratamento com indução de perda de massa fresca, quando comparada com o tratamento AR, também foi observado em maçãs ‘Gala’(BRACKMANN et al., 2007). A resposta da firmeza de polpa ao 1-MCP está diretamente relacionada ao seu efeito sobre a redução na ação de etileno, pois o etileno é necessário para a promoção na atividade de enzimas responsáveis pelo amolecimento dos frutos (JOHNSTON et al., 2001; MAJUMDER & MAZUMDAR, 2002). Outros autores (DONG et al., 2001; ARGENTA et al., 2003; CANDAN et al., 2006; MANGANARIS et al., 2008), também verificaram o efeito do 1-MCP sobre o retardo na perda de firmeza de polpa em ameixas.

Tabela 6. Firmeza de polpa e atributos de textura em ameixas ‘Laetitia’ armazenadas sob refrigeração (21 kPa de O<sub>2</sub> + < 0,03 kPa de CO<sub>2</sub>) e em atmosfera controlada (1,0 kPa de O<sub>2</sub> + 1,0 kPa de CO<sub>2</sub>) a 0,5°C por 55 dias e após mais três dias em condições ambiente.

Tratamentos	Firmeza de polpa (N)	Força para ruptura da epiderme (N)	Força para a penetração da polpa (N)	Força para compressão do fruto (N)
Saída da câmara				
AR	22,53b	4,53b	1,12b	52,38b
AC	41,44a	10,25a	2,59a	131,48a
AC + 1-MCP	40,12a	9,98a	2,56a	133,97a
AC + IPMF	39,29a	10,60a	2,48a	137,23a
AC + AE	39,24a	9,50a	2,38a	149,26a
CV(%)	10,30	8,89	16,44	8,20
Após três dias em condições ambiente				
AR	26,69c	4,48d	1,05b	70,54d
AC	29,68c	7,87c	1,25b	125,93c
AC + 1-MCP	42,03a	10,97a	2,15a	181,48a
AC + IPMF	35,79b	9,76b	1,94a	164,69b
AC + AE	38,56ab	10,24b	2,16a	176,01ab
CV(%)	11,50	4,82	11,67	6,07

\*Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro. 1-MCP: 1-metilciclopropeno; IPMF: Indução de perda de massa fresca; AE: Absorção de etileno

Os frutos dos tratamentos em AC, independente do uso de técnicas complementares, apresentaram maior acidez titulável (AT) do que aqueles armazenados em AR, na saída da câmara e após três dias em condições ambiente. Após três dias em temperatura ambiente os frutos tratados com 1-MCP e armazenados em AC apresentaram maiores valores de AT do que aqueles apenas armazenados em AC (Tabela 7). Argenta et al. (2003) também observaram maior AT em ameixas ‘Laetitia’ tratadas com 1-MCP. Esse efeito do 1-MCP sobre a manutenção da AT dos frutos pode estar relacionado ao menor consumo dos ácidos no ciclo dos ácidos tricarbóxicos, pela redução na atividade respiratória (ALVES et al., 2010). Brackmann (1991) observou que a remoção do etileno diminuiu a perda de ácidos em maçãs. Segundo Truter &

Combrink (1993), o armazenamento em AC, juntamente com a redução dos níveis de etileno nas câmaras, diminui a respiração, contribuindo para a obtenção de um elevado conteúdo de ácidos orgânicos após longos períodos de conservação dos frutos.

Tabela 7. Acidez titulável, sólidos solúveis, cor da polpa, incidência e severidade do escurecimento da polpa em ameixas ‘Laetitia’ armazenadas sob refrigeração (21 kPa de O<sub>2</sub> + < 0,03 kPa de CO<sub>2</sub>) e em atmosfera controlada (1,0 kPa de O<sub>2</sub> + 1,0 kPa de CO<sub>2</sub>) a 0,5°C por 55 dias e após mais três dias em condições ambiente.

Tratamentos	Acidez Titulável (meq 100mL <sup>-1</sup> )	Sólidos Solúveis (Brix)	Escurecimento da polpa (%)	Severidade de escurecimento da polpa (L)
Saída da câmara				
AR	11,86b	9,35a	100,0a	40,10c
AC	18,58a	8,93ab	88,53b	43,33b
AC + 1-MCP	18,35a	9,10ab	87,30b	46,22a
AC + IPMF	18,08a	8,78ab	91,68ab	48,53a
AC + AE	18,65a	8,50b	95,05ab	43,22b
CV(%)	12,68	6,03	13,23	4,02
Após três dias em condições ambiente				
AR	11,31c	8,75 <sup>a</sup>	100,0a	40,33c
AC	14,98b	7,33b	93,35a	40,53c
AC + 1-MCP	18,02a	7,38b	96,09a	45,61a
AC + IPMF	17,59ab	7,15b	97,37a	45,65a
AC + AE	15,54ab	7,00b	96,25a	43,20b
CV(%)	12,49	10,10	9,31	3,66

\*Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro. 1-MCP: 1-metilciclopropeno; IPMF: Indução de perda de massa fresca; AE: Absorção de etileno

O tratamento AC com absorção de etileno, na saída da câmara, apresentou frutos com menor teor de sólidos solúveis (SS) do que o tratamento AR, sem diferir dos demais tratamentos com AC. Contudo, após três dias em temperatura ambiente os frutos armazenados em AC, independente do uso de técnicas complementares, apresentaram valores superiores aos armazenados em AR (Tabela 7). De maneira geral, frutos com menor firmeza de polpa e atributos de textura apresentaram maiores valores de SS, concordando com os resultados observados por Steffens et al. (2009, 2011). Brackmann et al. (2000) citam que frutos com menor firmeza de polpa após o armazenamento

podem apresentar maior teor de SS devido à hidrólise de amilopectinas e à degradação da protopectina.

A incidência de escurecimento de polpa foi menor em todos os tratamentos com AC na saída da câmara. Após três dias em condição ambiente, todos os tratamentos apresentaram elevada incidência desse distúrbio fisiológico sem diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 7). O escurecimento da polpa, além da baixa temperatura e do tempo de armazenamento, parece estar relacionado à ação do etileno. ARGENTA et al. (2003) constataram redução na incidência de degenerescência da polpa em ameixas ‘Laetitia’ armazenadas em AR com o uso do 1-MCP. Contudo, no presente trabalho, não foi observado efeito do 1-MCP sobre a incidência deste distúrbio (Tabela 7). Isso pode estar relacionado ao tempo de armazenamento prolongado ou à condição de AC inadequada para o armazenamento desta cultivar. Em AR, a ameixa ‘Laetitia’ desenvolve degenerescência de polpa durante o armazenamento, principalmente quando a duração é superior a 30 dias (ARGENTA et al., 2003; ALVES et al., 2010). Em função dos elevados valores de degenerescência de polpa verificados neste trabalho e relatados em outros experimentos, pode-se afirmar que não é tecnicamente viável armazenar ameixas ‘Laetitia’ em AR por um período de 55 dias.

Considerando os resultados observados neste trabalho, torna-se evidente que a técnica de IPMF pode ser, no armazenamento em AC de ameixa, uma alternativa de uso ao 1-MCP, pois apresenta resultados similares em relação à intensidade de escurecimento da polpa, principal problema que ocorre no armazenamento de ameixas ‘Laetitia’. Todavia, o 1-MCP confirmou estar entre as melhores técnicas complementares à AC nas variáveis firmeza de polpa e atributos de textura, além de causar menor incidência de podridões, na saída da câmara, que a IPMF. Além disso, o 1-MCP foi o único tratamento que, após três dias em condições ambientes, se manteve entre os melhores resultados para firmeza de polpa e todos atributos de textura.

A varável taxa respiratória não apresentou diferenças entre tratamentos (dados não apresentados).



### 3.6 CONCLUSÃO

O armazenamento de ameixas 'Laetitia' em AC associada a aplicação de 1-MCP ( $1,0 \mu\text{L L}^{-1}$ ), indução de perda de massa fresca de 2% e a absorção de etileno resulta na manutenção da firmeza de polpa e dos atributos de textura.

A atmosfera controlada associada a 1-MCP ou associada a indução de perda de massa fresca, reduzem a severidade de escurecimento da polpa em ameixas 'Laetitia' armazenadas por 55 dias.

#### **4 CONCLUSÕES GERAIS**

A conservação de ameixas ‘Laetitia’ é influenciada pelo estágio de maturação na colheita. Frutos colhidos com 25-30% da superfície com cor vermelha apresentam, após o armazenamento, resultados superiores em atributos de qualidade como coloração da epiderme, firmeza de polpa, atributos de textura e intensidade do escurecimento da polpa. Além disso, este estágio não prejudica o desenvolvimento da coloração dos frutos em condições ambiente após o armazenamento.

O armazenamento na temperatura de 0 °C reduz a intensidade de escurecimento da polpa e mantém a firmeza de polpa e os atributos de textura em valores satisfatórios que permitem a comercialização dos frutos.

O armazenamento de ameixas ‘Laetitia’ em AC associada à aplicação de 1-MCP, indução de perda de massa fresca e absorção de etileno resulta na manutenção da firmeza de polpa e dos atributos de textura.

Nenhuma das técnicas avaliadas inibe o escurecimento da polpa, porém a atmosfera controlada associada à aplicação de 1-MCP e à indução de perda de massa fresca reduz a intensidade de escurecimento de polpa em ameixas ‘Laetitia’ armazenadas a 0,5° C.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As ferramentas e tecnologias que permitem o planejamento do armazenamento de ameixas estão sendo gradativamente definidas. A escolha do estágio de maturação dos frutos no momento da colheita, o uso de atmosfera controlada mantida com temperatura de 0°C bem como do inibidor de etileno 1-MCP ou da IPMF, já podem ser recomendados para que ameixas sejam mantidas com boas características físico-químicas. Além disso, estas recomendações permitem a redução da severidade do escurecimento da polpa em até 15% com uso de 1-MCP e em até 20% com o uso do IPMF.

Para pesquisas futuras, sugere-se:

- a) Detalhar ainda mais o efeito dos estágios de maturação dos frutos devido à evidente influência que esse fator exerce sobre o armazenamento de ameixas;
- b) Avaliar o efeito de temperaturas de armazenamento próximas de 0°C para definir qual temperatura reduz de forma mais eficiente o escurecimento de polpa.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDI, N. et al. Effects of harvest maturity on the storage life of Japanese type plums. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Collingwood, v.37, n.3, p.391-397, 1997.

ALVES, E.O. **Manejo da temperatura e do etileno na conservação de ameixas 'Laetitia' em armazenamento refrigerado e atmosfera controlada**. Florianópolis: Universidade do Estado de Santa Catarina, 2009. 61p. Dissertação de Mestrado em Produção Vegetal.

ALVES, E.O. et al. Manejo do etileno durante o armazenamento de ameixas 'Laetitia' em atmosfera controlada. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.9, p.2445 -2451, 2009.

ALVES, E.O. et al. 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.

ARGENTA, L.C. et al. 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.139-1148, 2003.

ARGENTA, L.C. et al. Controle do escurecimento interno de ameixas durante o armazenamento pelo manejo do ponto de colheita e do etileno. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.33, n.2, p.376-385, 2011.

BILHALVA, A.B. et al. Alterações físico-químicas durante o armazenamento e comercialização simulado de ameixas cv. Reubennel. In: Congresso Brasileiro de Fruticultura, n. 13, 1994. Salvador: SBF, 1994. v.1, p.133-134.

BLANKENSHIP, S.M.; DOLE, J.M. 1-methylcyclopropene a review. **Postharvest Biology Technology**, Amsterdam, v.28, n.1, p.1-25, 2003.

BRACKMANN, A. Influência da concentração de oxigênio e etileno sobre a qualidade de maçãs armazenadas em atmosfera controlada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v.13, n.3, p.235-242, 1991.

BRACKMANN, A.; CHITARRA, A.B. Atmosfera controlada e atmosfera modificada. In: **Armazenamento e processamento de produtos agrícolas**. Lavras: UFLA/SBEA, p.133-170, 1998.

BRACKMANN, A. et al. Armazenamento de maçãs 'Royal Gala' sob diferentes concentrações de etileno. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.6, n.1, p.39-41, 2000.

BRACKMANN, A. et al. Efeito do pré-resfriamento e temperatura de armazenamento na qualidade de ameixas, cvs. pluma 7 e reubennel. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.7, n.1, p.18-21, 2001.

BRACKMANN, A. et al. Armazenamento de ameixas 'Reubennel' e 'Pluma 7' em frigoconservação intermitente e atmosfera controlada. **Revista Científica Rural**, Bagé, v.6, n.1, p.71-76, 2001.

BRACKMANN, A. et al. Indução da perda de massa fresca e a ocorrência de distúrbios fisiológicos em maçãs 'Royal Gala' durante o armazenamento em atmosfera controlada. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v.32, n.2, p.87-92, 2007.

BRACKMANN, A. et al. Qualidade da maçã "Gala" armazenada em atmosfera controlada associada à absorção e ao controle da síntese e da ação do etileno. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.8, p. 2151-2156, 2008.

CANDAN, A.P. et al. Improvement of storability and shef-life of 'Blackamber' plums treated with 1-methylcyclopropene. **Food Science and Technology International**, London, v.12. n.5, p.437-443, 2006.

CANTILLANO, R.F.F. **Fisiologia e manejo de pós-colheita de ameixa**. Pelotas/RS: EMBRAPA-CNPFT, 1987, 10 p. (Comunicado Técnico, 54).

CANTILLANO, R. F. F. **Cultivo da Ameixeira: Sistemas de Produção 2**. Pelotas, Embrapa Clima Temperado, 2005. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/fonteshtml/ameixa/cultivodaameixeira/cap13.htm>>

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.

CHITARRA, M.I.F., CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2 ed. Lavras: ESAL/FAEFE, 2005. 786p.

DAL CIN, V. et al. The ethylene biosynthetic and signal transduction pathways are differently affected by 1-MCP in apple and peach fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.42, p.125-133, 2006.

DONG, L. et al. Effect of 1- methihcyclopropene on ripening of 'Canino' apricots and 'Royal Zee' plums. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.24, n.2, p.135-145, 2002.

EKSTEEN, G.J. Internal breakdown of plums. **The Deciduous Fruit Grower**, Stellenbosch, v.32, n.9, p.359-361, 1982.

GIRARDI, C.L. et al. **Manejo pós-colheita de pêssegos cultivar Chiripá** . (Circular Técnica, 28). Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2000. 36p.

GUERRA, M.; CASQUERO P. A. Effect of harvest date on cold storage and postharvest quality of plum cv. Green Gage. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.47, n.3, p.325-332, 2008.

JACOMINO, A.P. et al. Amadurecimento e senescência de mamão com 1-metilciclopropeno. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 59, n. 2, p. 303-308, 2002.

JOÃO, P.L. et al. **Levantamento da fruticultura comercial do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: EMATER-RS/ASCAR, 2002. 80p. (EMATER –RS. Realidade Rural, 28).

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

KLUGE, R. A. et al. **Fisiologia e manejo pós-colheita de frutas de clima temperado**. 2. ed. Campinas: Rural, 2002. 214 p.

KADER, A. A summary of CA requirements and recommendations for fruits other than apples and pears. In: INTERNATIONAL CONTROLLED ATMOSPHERE

RESEARCH CONFERENCE, 7, 1997, Davis. Publisher: Department of Pomology, University of California, Davis, 1997, issue 17, p.1997-2000.

LUCHSINGER, L.L. Avanços na conservação de frutas de caroço. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE FRUTAS DE CAROÇO PÊSSEGOS, NECTARINAS E AMEIXAS, 3., 2000, Porto Alegre, **Anais**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2000. p.95-10.

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

MALGARIM, M.B. et al. 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.

MALGARIM, M.B. et al. 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.

MANGANARIS, G.A. et al. Novel 1-methylcyclopropene immersion formulation extends shelf life of advanced maturity 'Joanna Red' plums (*Prunus salicina* Lindell). **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.47, n.3, p.429-433, 2008.

MENNITI, A.M. et al. 1-Methylcyclopropene retards postharvest softening of plums. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.31, n.3, p.269-275, 2004.

NAVA, A.G.; BRACKMANN, A. Efeito da remoção do etileno e sistema de armazenamento sobre a qualidade de pêssegos [*Prunus persica* (L.) Batsch], cv. 'Chiripá'. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.7, n.2, p.153-158, 2001.

NAKASU, B.B.H.; RASEIRA, M.C.B.; CASTRO, L.A.S. Frutas de caroço: Pêssego, nectarina e ameixa no Brasil. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.18, n.198, p. 8-13, 1997.

NASCIMENTO, L.M.; YOTSUYANAGI, K.; COUTINHO, J.R. Efeito do cloreto de cálcio bihidratado no armazenamento refrigerado de ameixas (*Prunus* sp). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v.15, n.1, p.1-8, 1993.

PLICH, H. The effect of storage conditions and date of picking on storability and quality of some plum (*Prunus domestica* L.) fruit cultivars. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n.485, p.301-307, 1999.

PURVIS, A.C. Effects of short-term CA storage on cell wall polysaccharides during subsequent ripening of peaches. In: THE SIXTH INTERNATIONAL CONTROLLED ATMOSPHERE RESEARCH CONFERENCE, 1993. New York. **Proceedings**. Ithaca: Northeast Regional Agricultural Engineering, 1993. V. 1. 446 p. p. 418-424

RATO, A.R. et al. Produção de etileno em frutos de ameixeira *Prunus domestica* sujeita a duas condições de temperatura. **Revista Ciências Agrárias**, Lisboa, v.30, n.1, p.331-338, 2004.

STEFFENS, C.A. et al. Escurecimento de polpa e respiração de pêsegos em função das condições de armazenamento. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.12, n.1, p.71-75, 2006.

STEFFENS, C.A. et al. Taxa respiratória de frutas de clima temperado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.3, p.313-321, 2007.

STEFFENS, C.A. et al. Respiração, produção de etileno e qualidade de maçãs 'Gala' submetidas ao dano mecânico e tratadas com 1-metilciclopropeno. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.7, p.1864-1870, 2008.

STEFFENS, C.A. et al. Aplicação pré-colheita de reguladores vegetais visando retardar a maturação de ameixas 'Laetitia'. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.5, p.1369-1373, 2009.

STEFFENS, C.A. et al. Maturação e qualidade pós-colheita de ameixas 'Laetitia' com a aplicação pré-colheita de AVG e GA<sub>3</sub>. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.33, n.1, p.21-31, 2011.

SISLER, E.C.; SEREK, M. Inhibitors of ethylene responses in plants at the receptor level. **Physiologia Plantarum**, Lund, v.100, n.3, p.577-582, 1997.

TAILOR, M.A. et al. Physiological factors associated with over-ripeness, internal breakdown and gel breakdown in plums stored at two temperatures. **Journal of Horticultural Science**, Amsterdam, v.68, n.5, p.825-830, 1993.



THALES, S. C. et al. Controle do amadurecimento de goiabas 'Kumagai' tratadas com 1-metilciclopropeno. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.31, n.3, p. 687-692, 2009.

TRUTER, A.B.; COMBRINK, J.C. Ethylene levels in commercial CA and low-ethylene CA storage of Golden Delicious, Starking and Granny Smith apples and Packham's Triumph pears. **Tree Fruit Postharvest Journal**, Washington, v.4, n.3, p.14-18, 1993.

VALERO, D. et al. Quality improvement and extension of shelf life by 1-methylcyclopropene in plum as affected by ripening stage at harvest. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, Amsterdam, v.4, n.3, p.339-348, 2003.

ZANETTE, L.; BIASI, F. Introdução a fruteiras de caroço. In: MONTEIRO, L.B et al. **Fruteiras de Caroço: uma visão ecológica**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná. 2004. 309 p.

WANG, C.Y. Chilling injury of tropical horticultural commodities. **HortScience**, Alexandria, v.29, n.9, p.986-988, 1994.

WATKINS, C.B. The use of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on fruits and vegetables. **Biotechnology Advances**, Amsterdam, v.24, n.24, p.389-409, 2006.