

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

**Conservação refrigerada de lima ácida ‘Tahiti’ em combinação com  
atmosfera modificada, ácido giberélico e permanganato de potássio**

**Vanessa Cristina Caron**

Dissertação apresentada para obtenção do título de  
Mestre em Ciências. Área de concentração: Fitotecnia

**Piracicaba  
2009**

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**Vanessa Cristina Caron  
Engenheiro Agrônomo**

**Conservação refrigerada de lima ácida 'Tahiti' em combinação com atmosfera modificada, ácido giberélico e permanganato de potássio**

Orientador:  
Prof. Dr. **ANGELO PEDRO JACOMINO**

Dissertação apresentada para obtenção do título de  
Mestre em Ciências. Área de concentração: Fitotecnia

**Piracicaba  
2009**

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

Caron, Vanessa Cristina

Conservação refrigerada de lima ácida 'Tahiti' em combinação com atmosfera modificada, ácido giberélico e permanganato de potássio / Vanessa Cristina Caron. - - Piracicaba, 2009. 98 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2009.  
Bibliografia.

1. Armazenamento em atmosfera modificada 2. Clorofila 3. Lima 4. Pós-colheita - Qualidade 5. Reguladores vegetais I. Título

CDD 634.334  
C293c

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

A minha querida avó

*Zelza Mendes da Silveira Botelho*

que sempre confiou na minha capacidade e sempre esteve muito presente...

Aos meus queridos avós que já se foram

*Maria Aparecida Ferreira e Silvio Botelho*

Mas que, com certeza, continuam torcendo pelo meu sucesso!!!

Aos meus amados pais

*Carmen Sílvia Botelho e Fernando Adelino Caron*

Sem eles eu não seria quem sou hoje

Sem eles eu não teria conseguido finalizar mais esta etapa da minha vida!

Ao meu querido e amado irmão

*Fernando Adelino Caron Júnior*

Entre encontros e desencontros sempre com conselhos, muito carinho e atenção!

**DEDICO.**



## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a DEUS por esta vida que tenho hoje, cheia de alegrias, saúde, pessoas maravilhosas ao meu redor, dificuldades com as quais cresço e por toda luz e auxílio que recebi nesta trajetória.

Agradeço aos meus familiares, em especial minha querida mãe, que esteve sempre pronta para me ouvir nas dificuldades...

À ESALQ – USP pela infra-estrutura, ensino e oportunidade de realização deste trabalho.

À Coordenação do PPG em Fitotecnia por possibilitar a realização do curso de mestrado.

Ao CNPq pela concessão da bolsa de estudo.

À FAPESP pelo apoio financeiro ao projeto de pesquisa.

Ao Prof. Dr. Angelo Pedro Jacomino pela orientação no desenvolvimento deste trabalho, pelas sugestões, pelos conselhos e pela atenção. Obrigada professor por colaborar com a minha formação profissional.

À Claire I.G.L Sarantópoulos, pesquisadora do CETEA – ITAL, pelo auxílio e orientação na realização de grande parte deste trabalho.

À Associação Brasileira de Produtores e Exportadores de Limão – ABPEL, em especial à empresa Itacitrus e seus funcionários, pelo fornecimento das limas ácidas 'Tahiti'. Obrigada Sr. Waldyr Promicia pelo financiamento, em parte, desta pesquisa.

À Aruá Comércio e Serviços Ltda, em especial ao Sr. Hélio Chimenti Jr. pelo fornecimento dos saches absorvedores de etileno, fundamentais para a realização deste trabalho.

Às empresas Cryovac Brasil Ltda, representada por Mário Amadeu Simei, Stepac Brasil Ltda, por Ivo Tunchel e Eletropolímetros do Brasil Ltda por José Luís Rinaldi, pelo fornecimento dos filmes plásticos usados neste trabalho.

Ao professor Ricardo Alfredo Kluge e toda sua equipe de pós-graduandos e estagiários, pelo apoio e disponibilização de seu Laboratório.

Ao professor Murilo Mello pela oportunidade de monitoria na disciplina obrigatória Bioquímica de plantas.

À minha querida amiga Poliana Mendes Duarte pela prontidão em me auxiliar no desenvolvimento da minha dissertação, sempre torcendo para o meu sucesso.

À secretária do PPG em Fitotecnia Luciane Aparecida Lopes Toledo pela dedicação, atenção, prontidão e amizade. Obrigada Lu por sempre estar disposta a me ajudar!

Ao Marcos José Trevisan pela amizade, pelas conversas e pela prontidão em ajudar a resolver os problemas do laboratório e dos experimentos, com muita paciência e boa vontade.

Aos funcionários e professores do Departamento de Produção Vegetal, em especial ao Aparecido, Chico, Éder, David, Cleusa, Bete e Célia pelo auxílio em diversos momentos, mesmo que somente com um “Bom dia!” sorridente...

À bibliotecária Eliana Maria Garcia pela revisão desta dissertação.

Agradeço a minhas queridas amigas da pós-graduação Camilla Zanotti Galon, Patrícia Maria Pinto, Ana Elisa de Godoy e Elaine Costa Cerqueira Pereira pela maravilhosa amizade, companheirismo, distrações, risadas, conversas... Sem vocês este trabalho não teria tido graça!!!!

À minha querida amiga Pati, que sempre esteve disposta a me ouvir e me dar conselhos nos momentos mais difíceis deste período. Pati, você não tem idéia da importância que teve nesta fase da minha vida. Muito obrigada pela sua verdadeira amizade!!!

À minha amiga querida Rafa, que mais que uma amiga, é uma companheira de várias atividades fora da ESALQ. Obrigada Rafa por sempre me auxiliar, mesmo que indiretamente!!!

Aos doutorandos Thales Sandoval Cerqueira e Luis Carlos Cunha Jr. pelas sugestões e amizade!

A todos os estagiários (ex e atuais) do Laboratório de Pós-Colheita de Produtos Hortícolas do LPV, em especial à Marília, Carol, Renan, Thiago, Lúcio, Jaque, Meire, Fábio e Olívia, pela agradável convivência, amizade e pelos mais diversos tipos de ajuda!

Aos meus queridos colegas e amigos, em especial Sofia, Léo, Anne, Aline, Miriam, Jane, Dani, Chico, Alexandre, Rodrigo, Clô, que, direta ou indiretamente, me deram muita força nesta caminhada...

À Sociedade Espírita Casa do Caminho e, em especial, à Doutrina Espírita, que me ensina a viver esta vida com olhos de amor e caridade!!! Obrigada Paschoal, André, Juca, Anderson, Márcia, Cássia, Ramirez, Socorro pela amizade e ensinamentos.

A todos que de alguma forma contribuíram para realização deste trabalho.

**MUITO OBRIGADA!**



*"A lei de ouro do comportamento é a tolerância mútua,  
já que nunca pensaremos todos da mesma maneira,  
já que nunca veremos senão uma parte da verdade  
e sob ângulos diversos."*

**(Gandhi)**



## SUMÁRIO

<b>RESUMO.....</b>	<b>11</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>13</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>15</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>19</b>
2.1 Panorama Geral da Lima ácida ‘Tahiti’ .....	19
2.2 Aspectos de Pós-Colheita .....	20
2.3 Atmosfera Modificada.....	24
2.4 Giberelina ou Ácido Giberélico .....	27
2.5 Permanganato de Potássio .....	28
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>33</b>
3.1 Primeiro Experimento: efeito da atmosfera modificada na conservação de lima ácida ‘Tahiti’ .....	34
3.2 Segundo Experimento: efeito do ácido giberélico isolado e combinado com filme plástico na conservação de lima ácida ‘Tahiti’ .....	36
3.3 Terceiro Experimento: efeito do permanganato de potássio isolado e combinado com ácido giberélico e filme plástico na conservação de lima ácida ‘Tahiti’ .....	37
3.4 Metodologia das Análises.....	38
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>43</b>
4.1 Primeiro Experimento: efeito da atmosfera modificada na conservação de lima ácida ‘Tahiti’ .....	43
4.2 Segundo Experimento: efeito do ácido giberélico isolado e combinado com filme plástico na conservação de lima ácida ‘Tahiti’ .....	55
4.3 Terceiro Experimento: efeito do permanganato de potássio isolado e combinado com ácido giberélico e filme plástico na conservação de lima ácida ‘Tahiti’ .....	70
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>87</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>90</b>



## RESUMO

### **Conservação refrigerada de lima ácida 'Tahiti' em combinação com atmosfera modificada, ácido giberélico e permanganato de potássio**

Embora o Brasil seja o maior produtor e exportador mundial da lima ácida 'Tahiti', atualmente, exporta apenas 5% do total produzido. Isso se deve, parcialmente, à falta de qualidade destas limas, caracterizada pela perda da coloração verde da casca, após a colheita. Assim, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito da atmosfera modificada, do ácido giberélico (GA) e do permanganato de potássio, isolados e combinados entre si, na conservação da cor verde da casca de limas 'Tahiti', beneficiadas com cera, fungicida e refrigeradas. Para isso, foram realizados três experimentos. No primeiro, avaliou-se o efeito da atmosfera modificada com os filmes: PEBD (30  $\mu\text{m}$ ); PEBD (65  $\mu\text{m}$ ); Vegetal Pack (18  $\mu\text{m}$ ); Cryovac D-955 (15  $\mu\text{m}$ ) e Xtend (18  $\mu\text{m}$ ). No segundo, avaliou-se o efeito de duas doses de GA (20 e 100  $\text{mg L}^{-1}$ ) isoladas ou em combinação com dois filmes plásticos selecionados no experimento 1. No terceiro, avaliou-se o efeito do permanganato de potássio isolado e em combinação com GA e filme plástico selecionado no experimento 2. Nos três experimentos foram realizadas avaliações físico-químicas e de composição gasosa no interior das embalagens durante 24 dias a  $10 \pm 1^\circ\text{C}$ , mais 6 dias a  $20 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $75 \pm 5\%$  de umidade relativa. No final do primeiro experimento, os filmes Vegetal Pack e Cryovac D-955 foram selecionados, pois não promoveram formação de altos teores de acetaldeído e etanol e possibilitaram baixa perda de massa fresca. Houve maior conservação da coloração da casca nos frutos sob os filmes PEBD, porém, estes resultaram em modificação drástica da atmosfera, com alterações de aroma, coloração da polpa e alta incidência de podridões. No segundo experimento, a dose de 20  $\text{mg L}^{-1}$  de GA foi suficiente para conservar a cor da casca por mais tempo que os frutos sem GA. Os filmes Vegetal Pack e Cryovac D-955 resultaram em frutos com maior ângulo de cor e menor croma que aqueles sem filme plástico. O filme Cryovac D-955 foi selecionado por ser termoencolhível e facilitar o processo de embalagem no *packing house*. No terceiro experimento, o permanganato de potássio reduziu os teores de etileno no interior das embalagens. A combinação do sachê com filme plástico resultou em maiores teores de clorofila e frutos de coloração mais verde. O filme Cryovac D-955 conservou os frutos com 4% a mais de peso, com ângulo de cor maior, luminosidade menor e maior teor de clorofila que os frutos sem embalagem. Os teores de ácido ascórbico e de sólidos solúveis não foram influenciados pelos tratamentos em nenhum dos experimentos. Os frutos acondicionados nos filmes PEBD, no primeiro experimento, resultaram em menores teores de ácido cítrico, devido à alteração drástica da atmosfera interna. Em conclusão, o uso do filme Cryovac D-955 é eficiente na conservação da coloração verde das limas 'Tahiti' beneficiadas com cera, fungicida e refrigeradas. Absorvedores de etileno incrementam a conservação destas limas quando combinados com filme plástico. O ácido giberélico só é efetivo na conservação da coloração verde de limas quando aplicado em frutos verde-oliva brilhante.

Palavras-chave: *Citrus latifolia*; Coloração da casca; Clorofila; Absorvedor de Etileno; Filme plástico; Qualidade pós-colheita



## ABSTRACT

### **Cold storage 'Tahiti' lime in combination with modified atmosphere, gibberellic acid and potassium permanganate**

Although Brazil is the largest producer and exporter of 'Tahiti' lime, actually, exports only 5% of total production. This is, in part, because of a lack of quality of these limes, characterized by loss of green skin colour after harvest. The purpose of this research was to evaluate the efficiency of modified atmosphere, gibberellic acid (GA) and potassium permanganate, alone and combined with each, in the maintenance of green skin 'Tahiti' limes, processed with wax, fungicide and cold storage. For this, three experiments were carried out. At first, the effect of modified atmosphere was evaluated with the films: LDPE (30  $\mu\text{m}$ ), LDPE (65  $\mu\text{m}$ ), Vegetable Pack (18  $\mu\text{m}$ ), Cryovac D-955 (15  $\mu\text{m}$ ) and Xtend (18  $\mu\text{m}$ ). In the second, the effect of two doses of GA (20 and 100  $\text{mg L}^{-1}$ ) alone and combined with two plastic films, selected in experiment 1, was assessed. In the third, the effect of potassium permanganate alone and combined with GA and plastic film, selected in experiment 2, was evaluated. In three experiments, the physico-chemical analysis and the gas composition inside the package for 24 days at  $10 \pm 1^\circ\text{C}$ , 6 days at  $20 \pm 1^\circ\text{C}$  and  $75 \pm 5\%$  relative humidity were performed. At the end of the first experiment, the films Vegetable Pack and Cryovac D-955 were selected, because it didn't promote the formation of high levels of ethanol and acetaldehyde and promoted low weight loss. There was greater retention of skin color in the fruits under the LDPE films, but these resulted in drastic modification of the atmosphere, with changes in flavor, the pulp colour and high decay incidence. In the second experiment, the dose of 20  $\text{mg L}^{-1}$  GA was enough to keep the skin colour longer than the fruits without GA. Films Vegetable Pack and Cryovac D-955 resulted in fruit with greater hue angle and lower chroma than fruits without film. The film Cryovac D-955 was selected because it is shrinkable and facilitate the packing process in the packing house. In the third experiment, the potassium permanganate reduced ethylene levels inside the package. The combination of the sachet with plastic film resulted in higher levels of chlorophyll and fruits with a greener. The film Cryovac D-955 retained the fruits with 4% more weight, with greater hue angle, brightness lower and higher chlorophyll content than the fruits without packaging. The levels of ascorbic acid and soluble solids were not affected by treatments in either experiment. Fruits packed in LDPE films, in the first experiment, resulted in lower levels of citric acid, because of the drastic change of the internal atmosphere. In conclusion, the use of film Cryovac D-955 is effective in preserving the green colour of the 'Tahiti' limes treated with wax, fungicide and storage. Ethylene absorbers enhance the preservation of limes when combined with plastic film. The gibberellic acid is effective in preserving the green colour of limes when applied to fruit with olive brilliant colour.

Keywords: *Citrus latifolia*; Skin colour; Chlorophyll; Ethylene absorbers; Plastic film; Post-harvest quality





## 1 INTRODUÇÃO

A fruticultura brasileira apresenta grande destaque pela alta produtividade e diversidade em relação aos outros países, porém, considerando a qualidade da fruta *in natura* ainda necessita de mudanças na pós-colheita, tanto no manejo como na aplicação de tecnologias eficientes. No caso da lima ácida “Tahiti” (*Citrus latifolia* Tanaka), a demanda pela fruta fresca tem crescido a cada ano, aumentando também as exigências em qualidades intrínseca e extrínseca, como coloração, quantidade de suco e turgescência. Tudo isso tem limitado o espaço da lima ácida brasileira no mercado externo que também é ocupado pelo México, Índia e Argentina.

O Brasil é o maior produtor de frutas cítricas. Segundo Boteon (2007), no triênio 2003/04/05 a receita gerada pelas exportações de lima ácida foi de US\$ 20,5 milhões, contra US\$ 12,2 milhões de laranja e US\$ 6,9 milhões de tangerina *in natura*. No *ranking* de produção mundial, considerando apenas lima ácida, o Brasil é o maior produtor, mas considerando todos os limões, fica em quarto lugar. Em 2008 o país produziu 1.018.703 toneladas de limões, representando 2,36% da produção de frutas brasileiras (FNP, 2009). A importância da lima ácida ‘Tahiti’ tem crescido pela demanda por importação de produtos *in natura* pelo Canadá, Estados Unidos, Japão e Europa (LUCHETTI et al., 2003). O principal mercado consumidor da lima ácida brasileira é o europeu que tem substituído o limão ‘Siciliano’ (BOTEON, 2007). Porém, apesar deste aumento, a exportação ainda representa 5% da produção nacional (FNP, 2009), fazendo com que os exportadores tenham que abrir novos mercados, agregar maior valor às frutas e expandir o período de maior oferta.

São Paulo e Bahia são os principais estados produtores de lima ácida, sendo que 80% da produção nacional estão no estado de São Paulo, representado em maior parte pela região de Catanduva. As cidades de Itajobi, Itápolis e Taquaritinga são as maiores produtoras (LUCHETTI et al., 2003). Itajobi tem uma grande concentração de exportadores e é onde se localiza a sede da Associação Brasileira de Produtores e Exportadores de Limão - ABPEL. A ABPEL tem em seu quadro de associados produtores e exportadores de São Paulo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Piauí, Bahia e outros, representando cerca de 80% dos exportadores de lima ácida do Brasil. Com a

função de disseminar informação tecnológica, a ABPEL foi criada em 2003 pelas principais lideranças deste setor, em reunião realizada pelo Centro de Citricultura Sylvio Moreira de Cordeirópolis.

As exigências dos mercados europeus e dos consumidores internos têm sido cada vez maiores em termos de segurança alimentar e qualidade organoléptica da fruta. Isso tem feito com que os produtores se adequem às normas estabelecidas de qualidade. Com isso, técnicas alternativas de conservação pós-colheita de frutas devem ser utilizadas a fim de manter as características da fruta fresca por um período maior, reduzir o uso de agroquímicos e obter frutas de maior valor.

Hoje, as técnicas de pós-colheita adotadas nas casas de embalagem de lima ácida 'Tahiti', visando exportação, são aplicações de fungicidas, ácido giberélico (GA), ceras à base de carnaúba ou polietileno e armazenamento refrigerado. Porém, estas técnicas têm sido insuficientes para a manutenção adequada da qualidade da fruta, especialmente a coloração verde da casca. Técnicas auxiliares, como o uso de permanganato de potássio e atmosfera modificada, apresentam potencial de prolongar a vida útil desta fruta preservando suas características iniciais.

O ácido giberélico é um biorregulador vegetal usado na pós-colheita para atrasar a perda de clorofila da casca durante o armazenamento e transporte (CASTRO, 2001). Em lima ácida 'Tahiti', quando usado isoladamente, tem pouca eficiência na conservação da cor verde da casca, principalmente para a exportação e, isso revela a necessidade da associação deste biorregulador a outras técnicas específicas de conservação, como refrigeração e aplicação de ceras, entre outras.

A atmosfera modificada por meio de filmes plásticos é uma técnica de pós-colheita muito utilizada em frutas. Ela resulta em benefícios para a conservação da qualidade pós-colheita, como redução da atividade respiratória e, por consequência, menor perda de água, retardo da degradação da clorofila, redução do desenvolvimento de podridões e diminuição das transformações bioquímicas e fisiológicas (ROMOJARO et al., 1996). Em lima ácida, esta técnica não tem sido ainda aplicada, mas poderia trazer grandes benefícios durante o armazenamento, o transporte e a comercialização, ampliando a sua vida útil. Isso por que, com a mudança da atmosfera interna das embalagens, o principal atributo conservado pode ser a coloração verde da casca.

O permanganato de potássio, por sua vez, tem a propriedade de oxidar o gás de etileno liberado pelas frutas, por isso tem potencial de ser usado na conservação de frutas durante o transporte e o armazenamento. Com a eliminação parcial do etileno do ambiente de armazenamento, as frutas têm o amadurecimento mais lento, pela redução da produção autocatalítica. No caso de frutos não-climatéricos, como os citros, esta técnica tem a finalidade de retardar a perda de cor verde dos frutos, pois a clorofila sofre degradação pela clorofilase induzida pela presença do etileno (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Desta forma, esta é uma técnica que pode trazer um efetivo resultado na conservação de lima ácida durante o período de exportação.

Diante da necessidade de manutenção da coloração verde da casca de limas ácidas 'Tahiti', este trabalho tem como objetivo determinar os efeitos da atmosfera modificada, do ácido giberélico e do permanganato de potássio, isolados e combinados, na conservação desta fruta, beneficiada com cera, fungicida e refrigerada.



## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Panorama Geral da Lima Ácida 'Tahiti'

A lima ácida 'Tahiti', conhecida no Brasil como limão 'Tahiti', pertence à família Rutaceae, do gênero *Citrus* e espécie *C. latifolia* Tanaka. Dentro dos grupos das limas ácidas, o 'Tahiti' é o mais importante por ser caracterizado por frutos grandes e quase totalmente sem sementes. A floração desta lima ocorre quase o ano todo e os frutos apresentam casca fina, superfície lisa e cor amarela pálida quando maduros, pesam entre 70 e 100 g, com 50% da massa do fruto de suco, 9º Brix de sólidos solúveis, 6% de acidez titulável e 20 a 40 mg.mL<sup>-1</sup> de ácido ascórbico (LUCHETTI et al., 2003).

Pertencente ao grupo das limeiras ácidas, o 'Tahiti' apresenta produtividade muito boa, dependendo do porta-enxerto utilizado e do espaçamento, produz de 6 a 21 ton.ha<sup>-1</sup>, com maior destino ao consumo *in natura*, que representa cerca de 90% da produção (VILELA, 2009). Possui elevado valor comercial no preparo de limonadas ou bebidas a base de aguardente de cana, tradicionalmente conhecidas no Brasil como "caipirinha", que já tem grande aceitação pelos consumidores do mercado externo (KOLLER, 1994), além de ter propriedades medicinais e o seu óleo essencial ser extraído para uso como aromatizante (LUCHETTI et al., 2003).

O Brasil, segundo dados de Boteon (2007), no período de 2003 a 2005 era o quarto maior produtor mundial de lima/limão, com cerca de 1 milhão de toneladas, perdendo apenas para México, Índia e Argentina. Porém, considerando a produção apenas da lima 'Tahiti', o Brasil é considerado o maior produtor. Em 2008, a produção de lima ácida ocupou 45.699 de hectares, cerca de 2% da área ocupada pela fruticultura brasileira (FNP, 2009). Sua maior produção está nos estados de São Paulo, com cerca de 800 mil toneladas, Bahia e Rio Grande do Sul com cerca de 50 mil e 25 mil toneladas, respectivamente em 2006 (FNP, 2009). A Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo (CEAGESP) é caracterizada pelo grande volume de frutas comercializadas no mercado interno. Em 2007, o volume do 'Tahiti' foi por volta de 78 mil toneladas, sendo o período de outubro a março com maior oferta, em média

com 7,5 mil toneladas por mês. O consumo interno da lima ácida 'Tahiti' durante o ano é praticamente estável, com pequenas variações inclusive na entressafra, quando os preços aumentam significativamente (FNP, 2009).

Embora a produção brasileira de 'Tahiti' seja a maior do mundo, sua exportação representa apenas 5%. Isso ocorre não apenas pelo consumo externo restrito, mas também pelas exigências em qualidade, dificuldade de expansão do mercado e grande oferta no período da safra (FNP, 2009). Apesar disso, o Brasil é o segundo maior exportador mundial desta fruta e o maior exportador para a Europa, perdendo apenas para o México que concentra suas exportações para os Estados Unidos (VITTI, 2009). No triênio 2006/07/08, sem considerar os países produtores/exportadores da Europa, o Brasil foi responsável por 77% do total de limas ácidas importadas por este bloco econômico, enquanto que o México por 22% (EXPORT HELPDESK, 2009).

## **2.2 Aspectos de Pós-Colheita**

A lima ácida 'Tahiti', como toda fruta cítrica, não é climatérica e, portanto, possui atividade respiratória baixa e constante, com leve declínio após sua colheita, apresentando, assim, poucas alterações fisiológicas e bioquímicas. As mudanças características destes tipos de frutos estão relacionadas com a perda de massa, que ocorre pelo processo de transpiração, e pela mudança de coloração da casca (CHITARRA; CHITARRA, 2005), que em geral, é dependente de fatores ambientais como temperatura, umidade, luminosidade, solo, porta-enxertos e fatores endógenos como giberelinas, etileno, carboidratos e compostos nitrogenados (MATTOS JUNIOR et al., 2005). Estes fatores levam à degradação da clorofila e síntese de outros pigmentos como carotenóides.

A degradação da clorofila é o processo mais marcante dentre as transformações bioquímicas que ocorrem nos frutos cítricos. A mudança de cor verde para amarelo se deve a conversão gradual dos cloroplastos contendo carotenóides e clorofilas, em cromoplastos contendo apenas carotenóides (SILVA, 1993). Estes estão nos cromoplastos das células do flavedo e podem estar previamente presentes nos frutos

verdes ou serem sintetizados simultaneamente com a degradação da clorofila (BALDWIN, 1994).

As principais características a serem mantidas na lima 'Tahiti', durante sua vida pós-colheita, são a coloração verde e a turgescência. A coloração verde-oliva da casca de limas ácidas é uma das peculiaridades apresentadas em relação a outras frutas cítricas, já que é extremamente desejável a manutenção desta cor durante toda a comercialização, sendo inaceitável pelo mercado consumidor o aparecimento da cor amarela (SPÓSITO et al., 2000). A definição da coloração da casca da lima ácida pode ser obtida por meio dos parâmetros  $L^*C^*h^\circ$ . O parâmetro  $L^*$  indica o grau de luminosidade da cor medida, com variação de 0 a 100 para cores de preto a branco, respectivamente. A unidade  $C^*$  (croma) define a intensidade da cor, sendo valores próximos de zero, cores mais neutras e ao redor de 60, cores mais vívidas. O ângulo de cor ( $h^\circ$ ) corresponde à tonalidade da cor, sendo  $h^\circ$  próximo de  $180^\circ$  cores mais verdes, e próximo de  $90^\circ$  cores mais amarelas. (McGUIRE, 1992).

Os atributos de qualidade destacados acima são um dos mais exigidos pelos consumidores desta fruta, mas deve-se ressaltar que outros atributos como forma, tamanho, brilho, sabor, valor nutritivo e segurança alimentar são extremamente importantes para garantir uma comercialização rentável (GAYET; SALVO FILHO, 2003).

A falta de qualidade, intrínseca ou extrínseca, resulta em perda quantitativa da fruta. No caso da lima ácida, a maior perda ocorre no pico da safra, que pela alta oferta de frutos, chega a ser 60% da produção (BARROS et al., 1991). Como os consumidores externos e internos são muito exigentes, os produtores precisam tomar muito cuidado no manejo da fruta na pré e pós-colheita para não serem prejudicados. Problemas extrínsecos, como manchas e defeitos na casca, desvalorizam a fruta, já que o seu aspecto visual e seu aroma são importantes. Os europeus, neste aspecto, aceitam manchas nos frutos apenas se não ultrapassarem 10% da casca (GAYET; SALVO FILHO et al., 2003). Os consumidores dos Estados Unidos, por exemplo, têm grande exigência que o teor de suco da lima 'Tahiti' seja maior que 42% (INSTITUTO BRASILEIRO DE FRUTAS - IBRAF, 1995) e o mercado interno exige em média 50%. O mercado europeu, por ter o costume de usar a lima ácida como enfeite, tem uma maior exigência pela coloração verde da casca, contudo, o teor de suco também não deve ser

muito baixo, já que a divulgação no mercado externo pelo consumo da fruta *in natura* tem sido relevante.

Para que os produtores consigam alcançar as exigências dos consumidores, além do manejo cuidadoso dos pomares, o ponto de colheita e o beneficiamento na pós-colheita são de extrema importância. Para os frutos cítricos, os critérios a serem utilizados na colheita são tamanho, teor de sólidos solúveis, acidez titulável, relação entre sólidos solúveis e acidez e coloração da casca (BERGER, 1994). Segundo Bleinroth (1995) os principais indicadores do ponto de colheita para as limas ácidas são: coloração da casca, que deve ser verde-oliva brilhante; superfície da casca lisa; tamanho dos frutos entre 47 e 65 mm de diâmetro equatorial; quantidade de suco de 42 a 50% do peso do fruto. O ponto de colheita adequado é o que garantirá a vida pós-colheita do fruto, pois se colhido antes de sua maturidade fisiológica ou durante a sua senescência não haverá tratamento pós-colheita que manterá o fruto com qualidade (MATTOS JUNIOR et al., 2003).

O beneficiamento na pós-colheita tem o princípio de manter as características de campo da fruta por um tempo maior, a fim de que os consumidores internos e externos possam apreciar as frutas com qualidade. A lima ácida 'Tahiti' passa por tratamentos que visam garantir a manutenção da turgescência, da coloração verde e ausência de podridões. Para isso são usados fitorreguladores, como o ácido giberélico (GA) diluído em água nas concentrações de 10 a 20 ppm; fungicidas nas concentrações de 500 a 1000 ppm e ceras à base de carnaúba ou polietileno (GAYET; SALVO FILHO, 2003). Como o armazenamento de frutas é uma alternativa de prolongamento do período de comercialização e regularização no abastecimento (KLUGE, 2006), a refrigeração é pouco ou quase nunca usada quando o destino do 'Tahiti' é o mercado interno. Mas como a fruta para o mercado externo necessita de pelo menos 30 dias de vida útil pós-colhida, totalizado pelo transporte marítimo e a comercialização, o armazenamento refrigerado é essencial. A temperatura ótima de armazenamento da lima ácida é entre 8 e 10°C com umidade relativa de 90 a 95% (KLUGE, 2006).

Mesmo seguindo as recomendações de beneficiamento pós-colheita, os produtores e exportadores de lima ácida têm muitos problemas de perda de qualidade da fruta durante o transporte, o armazenamento e a comercialização. Alguns dos



problemas encontrados são fisiológicos e relacionados com a colheita, como a oleocelose e a podridão estilar. A primeira é caracterizada pelo rompimento das glândulas de óleo essencial próximas da superfície da casca, devido à alta turgescência das frutas quando colhidas com tempo úmido, após irrigação ou chuva, ou em presença de sereno, nas primeiras horas da manhã (KLUGE et al., 2001). A segunda é caracterizada por uma mancha marrom no ápice do fruto, resultante do apodrecimento da casca, provocado pela diferença de pressão das vesículas internas de suco que se rompem, esparramando o suco que escorre pela columela central que liga o pedúnculo à ponta estilar. Este é um distúrbio fisiológico que pode ser evitado com o controle da adubação, irrigação e estágio de colheita (AGUILAR-VILDOSO et al., 2003; KLUGE et al., 2001).

Outras perdas podem ser notadas durante o processo de beneficiamento da fruta como os danos mecânicos. Segundo Durigan et al. (2005) o dano por impacto em lima ácida 'Tahiti' prejudicou a sua comercialização após 9 dias de armazenamento, tanto pela aparência indesejável como também por facilitar a incidência de doenças de pós-colheita. A ocorrência de podridões na pós-colheita da lima ácida tem como principais patógenos o *Penicillium italicum* e *Penicillium digitatum*, conhecidos como bolor azul e verde, respectivamente. As podridões azeda e peduncular também são muito encontradas no 'Tahiti' na fase de pós-colheita, apesar dos fungos atacarem os frutos no campo (AGUILAR-VILDOSO et al., 2003)

Devido ao longo período de armazenamento da fruta com destino ao mercado externo, a perda de coloração da casca e a perda de massa ocorrem principalmente em épocas de alta oferta. Por isso, é importante o tratamento com GA que, no estudo de Spósito et al. (2000), manteve limas 'Tahiti' com coloração verde por 45 dias a 11°C na concentração de 10 mg L<sup>-1</sup>, e também o tratamento com cera, que se bem aplicada, reduz a perda de massa, evitando amolecimento e murchamento e dando brilho à casca (KLUGE, 2006).

A solução dos problemas mais encontrados dentro desta cadeia de pós-colheita deve ser criada com estudos de novas tecnologias a fim de reduzir as perdas dos produtos colhidos e elevar o período de armazenamento e comercialização, podendo

assim colaborar com o aumento da produção, da exportação e do consumo destas frutas frescas (KLUGE, 2006).

### **2.3 Atmosfera Modificada**

Como suplemento da refrigeração, a modificação da atmosfera é um dos métodos mais usados para manter a qualidade pós-colheita de produtos hortícolas (KADER, 1992). A alteração da atmosfera tem o princípio de reduzir as concentrações de O<sub>2</sub> e aumentar as de CO<sub>2</sub>. Com isso, promove redução da atividade respiratória dos frutos e, por consequência, da produção de etileno, que resulta em menor estresse por déficit hídrico, menor perda de água por transpiração, menor perda da turgidez, de peso fresco, de clorofila, de aroma e de valor nutritivo (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Além disso, ocorre diminuição da atividade de enzimas e, portanto, queda da taxa de consumo de substratos de reserva e aumento da vida pós-colheita sem perda de qualidade (MAHAJAN; GOSWAMI, 2001). Nas limas ácidas estas mudanças são essenciais para reduzir a atividade da clorofilase, enzima responsável pela degradação da clorofila.

A composição atmosférica interna do invólucro depende das características de permeabilidade do material da embalagem, do número de frutos embalados e da temperatura de armazenamento (MOSCA et al., 1999). De acordo com Mahajan e Goswami (2001), a respiração dos produtos hortícolas sofre maior influência da temperatura de armazenamento, dos níveis de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> e do etileno do que do estágio de maturação.

Apesar de existirem diversos efeitos positivos na conservação de frutas em atmosfera modificada, se esta técnica não for bem estabelecida, podem também existir efeitos negativos durante o armazenamento, como ocorrência de desordens fisiológicas, amadurecimento irregular dos frutos, respiração anaeróbica e ocorrência de podridões (STEFFENS, 2006). Segundo Kader e Watkins (2000), a falta de informação relacionada com a taxa respiratória de frutos e as características de permeabilidade das embalagens, em condições de armazenamento refrigerado, limita o uso da atmosfera modificada em determinados produtos. Para se obter uma atmosfera modificada ideal,

deve-se estabelecer níveis de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> que minimizem a atividade respiratória sem causar distúrbios fisiológicos que depreciem a qualidade dos produtos (BRACKMANN; CHITARRA, 1998).

A modificação da atmosfera pode ocorrer passiva e ou ativamente. A forma passiva, que é mais usada pelo seu menor custo e maior praticidade, é obtida pela própria respiração do fruto, que se caracteriza pelo consumo de O<sub>2</sub> e liberação de CO<sub>2</sub>. A modificação da atmosfera ativa é obtida pela injeção de uma concentração de gases pré-estabelecidos no interior da embalagem com o produto, resultando, assim, numa atmosfera próxima do ideal (KADER; WATKINS, 2000; CHITARRA; CHITARRA, 2005). O uso de absorvedores de O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> e etileno também podem ser associados a esta técnica a fim de obter um resultado mais efetivo na conservação (BRACKMANN; CHITARRA, 1998).

Existem diversos tipos de embalagens para uso em produtos alimentares, porém são poucos os disponíveis para produtos hortícolas frescos. Os filmes à base de cloreto de polivinila – PVC, polietileno, poliestireno e polipropileno são os mais indicados para a conservação de frutas e hortaliças. Porém, cada um deles tem barreiras específicas aos gases e ao vapor d'água, definindo, com isso, seus efeitos na modificação da atmosfera de cada produto hortícola (ROMOJARO et al., 1996). Os filmes plásticos para conservação de frutas e hortaliças devem apresentar elevada taxa de permeabilidade aos gases O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub>, boas propriedades de barreira ao vapor de água e boa resposta a termosselagem (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Filmes à base de PVC têm vantagens pelo custo relativamente baixo e pela alta permeabilidade ao O<sub>2</sub> (SOUSA et al., 2002). Além disso, possuem barreira à umidade 10 vezes menor que os filmes de polietileno. Estes, por sua vez, têm barreira alta ao O<sub>2</sub>, sendo o polietileno de alta densidade (PEAD) 2 vezes mais barreira que o polietileno de baixa densidade (PEBD) (GAVA, 2002). A especificação correta da embalagem para produtos hortícolas exige otimização de parâmetros físicos, químicos, bioquímicos e ambientais, sendo, portanto um problema complexo, com necessidade de testes experimentais (SARANTOPÓULOS et al., 1998).

A técnica de atmosfera modificada vem sendo estudada em diversas frutas e hortaliças. Yamashita et al. (2006) verificaram que morangos armazenados em filmes

PVC (15  $\mu\text{m}$ ) tiveram a taxa respiratória reduzida, maior conservação da coloração vermelha e dos teores de vitamina C ao longo do armazenamento a 12°C por 10 dias. Santos et al. (2006) armazenando pitangas a 10°C acondicionadas em filme PVC (12  $\mu\text{m}$ ) obtiveram frutos com menores perda de massa, incidência de podridões e enrugamento, além de aumentar a vida útil em 4 dias.

Em citros, o principal uso está relacionado com o de recobrimentos com ceras à base de carnaúba ou polietileno que, da mesma forma que os filmes plásticos, retardam a senescência dos produtos por regularem suas trocas gasosas com o meio exterior, a perda de vapor d'água e a perda de voláteis responsáveis pela "flavor" (CHITARRA; CHITARRA, 2005). O uso de ceras também tem o objetivo de melhorar a aparência da fruta, pelo efeito do brilho após a aplicação (KAPLAN, 1986). Awad (1993) sugere o uso de técnicas de atmosfera modificada através do uso de ceras, PEBD e PVC em frutas cítricas pela alta perda de massa que têm durante o período de armazenamento refrigerado. Perdas ao redor de 3 a 6% são suficientes para depreciar o produto pelo declínio de sua qualidade (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

O uso de filmes plásticos em limas ácidas ainda não é comum, mas sim o uso de recobrimentos a base de cera de carnaúba ou polietileno, que promovem modificações na atmosfera interna do fruto. Limas ácidas 'Tahiti' tratadas com cera e armazenadas a 8-10°C e umidade relativa 80-95%, segundo Fioravanço (1992), mantiveram suas qualidades por até 80 dias. Jomori et al. (2007) também observaram que limas 'Tahiti' tratadas com cera de carnaúba tiveram menor redução de perda de massa que as limas não tratadas. Além do uso das ceras, o uso de filmes plásticos em citros também vem sendo estudado. Ceretta et al. (1999), usando PVC com espessura de 11  $\mu\text{m}$  e cera em laranjas 'Valência', conseguiram conservar as frutas com baixa perda de massa por 42 dias a 8°C e 80% de umidade relativa. D'Aquino et al. (1998) armazenando frutos de Tangelo 'Minneola' em temperatura ambiente com três tipos de filmes plásticos (Cryovac microperfurado PY85; Cryovac MR 19  $\mu\text{m}$  e filme de PVC 15  $\mu\text{m}$ ) perceberam que com o filme MR 19  $\mu\text{m}$ , as frutas mantiveram suas qualidades durante 30 dias. Em limas ácidas 'Tahiti'. Vieira et al. (2006) observaram o efeito do uso de filmes à base de PEBD de espessuras 10 e 17  $\mu\text{m}$  na conservação do diâmetro e peso dos frutos armazenados por 20 dias sob refrigeração (10°C) e em condição ambiente.

A comparação do uso de cera com o uso de embalagens individuais à base de polietileno, em citros armazenados a 13°C e 90% de UR, foi estudada por Ben-Yehoshua (1985). Neste trabalho, o autor observou que a cera usada no beneficiamento convencional de citros, em relação à barreira ao O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> e etileno, é melhor que o filme de PEAD (10 µm), porém, no caso de barreira à umidade, perde em grande proporção.

## **2.4 Giberelina ou Ácido Giberélico**

As giberelinas são reguladores vegetais ou substâncias orgânicas complexas, identificadas como ácidos carboxílicos, chamados de ácido giberélico, que, no geral, quando aplicado nas plantas em baixas concentrações, promove, inibe ou modificam processos morfológicos e fisiológicos do vegetal (AWAD; CASTRO, 1983). Essas substâncias são utilizadas na agricultura principalmente para a indução da germinação de sementes dormentes e para estimular o florescimento de plantas de dias longos, bienais ou que exigem frio. Além de recuperarem o vigor da vegetação, aumentam a fixação e atrasam a colheita dos frutos (CASTRO, 2001). Esta última função é muito desejada pelos produtores de citros e de frutas em geral, já que com o atraso da colheita, conseguem um maior poder de mercado.

Na pós-colheita de frutos, o GA é usado para reduzir o amadurecimento. Esta propriedade está relacionada com seu efeito contrário ao do ácido abscísico, que é um importante regulador do estresse e, portanto, tem total relação com a senescência e o etileno (DILLEY, 1969). O GA, desta forma, é considerado o hormônio da juvenilidade, pois atrasa a degradação da clorofila, o acúmulo de carotenóides e a perda de firmeza dos tecidos, devido ao bloqueio parcial da ação do etileno (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Com isso, também interferem na síntese de carotenóides amarelos e alaranjados (METIVIER, 1979). Seu efeito no retardo da degradação da clorofila é positivo quando aplicado antes do fruto iniciar os processos de degradação e síntese de pigmentos (CASTRO et. al, 2001).

Assim sendo, aplicações de giberelina em frutos climatéricos promovem uma vida útil de pós-colheita maior ao fruto. Tomates 'Santa Cruz' tiveram sua maturação

prolongada quando tratados com 10 e 50 mg L<sup>-1</sup> de GA (AWAD et al., 1975). Este mesmo princípio é aplicado aos frutos não climatéricos, como a lima 'Tahiti'. O etileno, nestes frutos, mesmo sendo produzido em baixas concentrações, regula o processo de senescência, destacado, especialmente, pela degradação de clorofila (GOLDSCHMIDT, 1997). Quando estes frutos são tratados com GA, suas transformações fisiológicas e bioquímicas são retardadas, já que seus níveis endógenos aumentam e isso parece retardar os efeitos do etileno na senescência (DILLEY, 1969; ABELES et al., 1997).

Na pós-colheita das limas ácidas, onde a exigência de manutenção da coloração verde pelos consumidores é extrema, o uso de giberelina é essencial. Muitos estudiosos encontraram ótimos resultados de conservação da coloração verde da lima 'Tahiti' quando tratados com GA. A dose recomendada para este fim é de 20 a 100 mg L<sup>-1</sup> (BIASI; ZANETTE, 2000). Serciloto e Castro (2001) tratando limas ácidas imersas em 20 mg L<sup>-1</sup> de GA mantiveram a cor verde por 50 dias em temperatura ambiente e Spósito et al. (2000), usando de 10 a 160 mg L<sup>-1</sup> de GA, conservaram estes frutos em ótima qualidade por 45 dias sob refrigeração, sem diferença entre as concentrações. Barros et al. (1991) também identificaram o efeito positivo do GA. Com o uso de 20 e 40 mg L<sup>-1</sup>, os frutos só iniciaram o amarelecimento após o 42º dia em condição ambiente, enquanto que os frutos não tratados apresentaram mudança de cor já nos primeiros dias. Tavares et al. (2004) usando 20 mg L<sup>-1</sup> de GA, da mesma forma, mantiveram as limas 'Tahiti' por 40 dias em armazenamento refrigerado sem alteração da cor verde. Segundo Silva e Donadio (1997) o uso de GA na pós-colheita de lima ácida para exportação, com o intuito de manter a coloração verde e retardar o envelhecimento durante o transporte, é fundamental. É relevante ressaltar a importância do uso de surfactantes associados com estes fitorreguladores, pois promovem maior efeito de incorporação no fruto, além de melhorarem a tensão superficial da solução (MEDINA, 2003).

## **2.5 Permanganato de Potássio**

O permanganato de potássio é um sal inorgânico, com forte ação oxidante, formado pelos íons potássio (K<sup>+</sup>) e permanganato (MnO<sub>4</sub><sup>-</sup>). Devido ao seu poder

oxidante é muito usado como desinfetante em desodorantes, no tratamento de água e de enfermidades parasitárias, na desinfecção de vegetais e como desinfetante para as mãos, em concentrações de 1% (WIKIPÉDIA, 2009).

Na pós-colheita de produtos hortícolas, o permanganato de potássio é usado na forma de grânulos porosos, estruturados por argila. Sem contato com os produtos, têm a finalidade de reduzir a concentração de gases de etileno do ambiente por reação de oxidação. Esta inicia com a formação de acetaldeído ( $\text{CH}_3\text{CHO}$ ), que é oxidado a ácido acético ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) e que, depois de oxidado, libera  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2\text{O}$  (SORBENSYSTEMS, 2009). Os produtos finais destas reações são hidróxido de potássio ( $\text{KOH}$ ), óxido de manganês ( $\text{MnO}_2$ ) e dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) (SÁ et al., 2008). A reação geral de oxidação do etileno ( $\text{C}_2\text{H}_4$ ) pelo permanganato de potássio ( $\text{KMnO}_4$ ) está na eq.(1).



Considerado como um absorvedor de etileno, o permanganato de potássio pode ser usado em caixas de produtos hortícolas, em transportes refrigerados e em câmaras frigoríficas. Por reduzir a concentração do etileno no ambiente, promove retardo do amadurecimento de frutas e hortaliças quando armazenadas por longos períodos sob refrigeração e, ainda, previne contra desordens fisiológicas (DONG et al., 2001). Frutas climatéricas e não-climatéricas sensíveis ao etileno exógeno necessitam de controle da concentração deste hormônio quando armazenadas ou transportadas por longos períodos. Campos et al. (2007) usando saches com permanganato de potássio, atmosfera modificada e refrigeração em nêspersas notaram que a  $6^\circ\text{C}$  o tempo de prateleira aumentou em oito dias em comparação com as frutas sem a absorção de etileno. A couve-flor também armazenada com permanganato de potássio em saches teve uma vida útil prolongada pela manutenção da cor verde e firmeza da haste (BRACKMANN et al., 2005). O uso do permanganato de potássio também permite redução da incidência de podridões, por consequência da baixa concentração de etileno. Brackmann et al. (2003) detectaram que pêssegos 'Chimatirra' armazenados com absorvedores de etileno sob refrigeração e mais 2 dias em temperatura ambiente tiveram pouca incidência de podridões.

Os frutos cítricos, apesar de apresentarem apenas um sistema de produção de etileno e não apresentarem a produção autocatalítica, podem sofrer influência do etileno externo e terem antecipação da senescência. Goldschmidt (1997) relata que dentre os frutos não-climatéricos existem aqueles que são insensíveis ao etileno e aqueles com alguma resposta positiva. Os citros estão dentro deste último grupo, assim como as uvas, já que a presença de etileno induz a atividade da clorofilase com degradação da clorofila e síntese de carotenóides, resultando na mudança da cor da casca da fruta. Em frutos não climatéricos, o efeito da aplicação de etileno pode ser revertido e é menor que em frutos climatéricos. Em citros esta aplicação tem sido realizada com o intuito de promover o desverdecimento da casca, principalmente em frutas doces como laranjas (KLUGE, 2006). A aplicação de 10 ppm de etileno por 36 horas a 20°C em laranjas doce promoveu redução dos valores de ângulo de cor ( $h^{\circ}$ ) da casca durante armazenamento a 10°C e em condição ambiente, evidenciando o efeito do etileno exógeno na indução da degradação da clorofila de frutos cítricos (NASCIMENTO et al., 2006). Em limão 'Siciliano' o uso de etileno também tem a finalidade de acelerar o processo de desverdecimento da casca. Jacomino et al. (2003) verificaram que a partir de doses de 3  $\mu\text{L mL}^{-1}$  de etileno os limões armazenados a 10°C iniciaram o processo de desverdecimento e, à medida que as doses aumentaram, os valores de ângulo de cor ( $h^{\circ}$ ) da casca dos frutos diminuíram.

Dentre os citros, a lima ácida 'Tahiti' é uma peculiaridade em relação à aplicação de etileno, já que o ideal é ausentá-lo para evitar ao máximo a perda da cor verde da casca. As limas ácidas, assim como todos os citros, produzem quantidades muito baixas de etileno e são mediamente sensíveis a este gás (ETHYLENECONTROL, 2009). Isso faz com que após sua colheita seja necessário manter níveis baixos de etileno no ambiente de armazenamento das limas. Existem poucos estudos com uso de permanganato de potássio como absorvedor de etileno no armazenamento de lima ácida. SILVA et al. (2006) obtiveram sucesso com uso de absorvedores de etileno no armazenamento de limas ácidas 'Tahiti' a 12°C acondicionadas em filmes de polietileno de baixa densidade (70  $\mu\text{m}$ ). Os frutos, nestas condições, permaneceram verdes por 49 dias sem alterar suas características físico-químicas. Concentrações de etileno abaixo de 0,1 ppm no ambiente de armazenamento de limas ácidas são essenciais para



garantir a manutenção da coloração verde da casca destes frutos. Para isso, o uso de 10 g de sachês de permanganato de potássio para 1 kg desta lima a 10°C é suficiente para conservar a cor verde (STEFFENS; BRACKMANN, 2006). No entanto, Nascimento et al. (2004) quando armazenaram 18 caixas com 400 frutos de lima ácida cada em câmaras a 10°C com e sem absorvedores de etileno, verificaram que não houve diferença significativa a 5% de probabilidade na cor da casca dos frutos após 40 dias de armazenamento.



### 3 MATERIAL E MÉTODOS

O projeto foi desenvolvido no Laboratório de Pós-Colheita de Produtos Hortícolas do Departamento de Produção Vegetal da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - ESALQ, campus da Universidade de São Paulo - USP, em Piracicaba-SP.

Os frutos foram colhidos em estágio de maturação fisiológica seguindo os padrões de qualidade utilizados para exportação (casca rugosa, de cor verde oliva brilhante, diâmetro da região equatorial entre 47 e 65 mm) em pomares comerciais do município de Itajobi, no estado de São Paulo, fornecidos pela ABPEL – Associação Brasileira de Produtores e Exportadores de Limão.

Os frutos recém colhidos foram submetidos a um beneficiamento cuidadoso em casa de embalagem tipo exportação. Neste local, os frutos foram sanitizados numa balsa com hipoclorito de sódio (1 ppm de cloro ativo), selecionados, retirando-se os frutos danificados, fora do padrão de cor e de tamanho. Antes do período de repouso de 24 horas, foram tratados com o fungicida Magnate 500 CE (50% de Imazalil – ingrediente ativo) na dose de 200 mL para 100 L de água. Depois do repouso, receberam pulverização de cera aruáBR na dose de 1 kg t<sup>-1</sup>, à base de carnaúba, com 18% de sólidos solúveis, e foram acondicionados em caixas de papelão. Imediatamente após o beneficiamento, foram transportados num automóvel do tipo Van com ar condicionado para Piracicaba, onde foram armazenados em câmara fria a 15°C a fim de serem resfriados. No dia seguinte, dentro da câmara fria a 15°C, os frutos foram novamente selecionados, retirando-se aqueles com danos mecânicos e sem padrão de qualidade para exportação, segundo descrição anterior. Após a seleção, receberam os tratamentos definidos de cada experimento. Para caracterizar os frutos no dia 0, foram realizadas análises físico-químicas, como acidez titulável, teor de sólidos solúveis, de ácido ascórbico, de acetaldeído, de etanol, de clorofila total e coloração da casca. Esta caracterização foi composta por 4 repetições de 10 frutos cada.

### 3.1 Primeiro Experimento: efeito da atmosfera modificada na conservação de limas ácidas ‘Tahiti’

O objetivo deste experimento foi selecionar dois filmes plásticos com melhor modificação da atmosfera que resultassem em maior conservação da coloração verde da casca e das características físico-químicas dos frutos.

Os frutos foram aleatoriamente acondicionados em 5 tipos de embalagens plásticas (Tabela 1) dentro de caixas de papelão do tipo exportação, com 4,5 kg de fruto por caixa. Primeiramente, os sacos plásticos PEBD, Vegetal Pack e Xtend foram colocados dentro das caixas (Figura 1 A) para depois receberem os frutos (Figura 1 B). O fechamento destas embalagens foi feito com elástico de forma a evitar ao máximo a entrada ou saída de ar (Figura 1 C). O filme plástico Cryovac D-955, por não ser fornecido na forma de sacos plásticos, foi dimensionado de acordo com o tamanho das caixas de papelão e, após os frutos serem acondicionados nas caixas, estas foram envolvidas pelo filme que depois foi selado e encolhido termicamente com auxílio de um secador (Figura 1 D).

Tabela 1 - Especificações físicas dos filmes plásticos

Filmes Plásticos	Espessura (µm)	Características	Taxa de permeabilidade	
			O <sub>2</sub> <sup>(1)</sup>	CO <sub>2</sub> <sup>(1)</sup>
Cryovac D-955	15	Filme plástico termoencolhível (40 x 60 cm)	9.760	35.331
PEBD	30	Saco plástico (40 x 60 cm)	7.489	27.988
PEBD	65	Saco plástico (40 x 60 cm)	4.650	16.139
Vegetal Pack	18	Saco plástico impregnato com zeolita (40 x 60 x 0,12 cm)	9.185	41.108
Xtend	18	Saco plástico com microfuros (40 x 60 x 0,12 cm)	48,21	127

<sup>(1)</sup> mL (CNTP). m<sup>-2</sup>.dia<sup>-1</sup> a 23°C e 1 atm



Figura 1 - Acondicionamento dos frutos em filmes plásticos do tipo PEBD e Vegetal Pack nas caixas de papelão (A, B); fechamento das embalagens (C) e preparo da embalagem termoencolhível com filme Cryovac D-955 (D)

O controle foi definido como frutos acondicionados na caixa de papelão sem embalagem plástica. Todos os tratamentos foram armazenados em câmara fria a  $10 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $75 \pm 5\%$  de umidade relativa durante 24 dias, mais 6 dias sem atmosfera modificada em condição ambiente ( $20 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $75 \pm 5\%$  de UR), simulando o período de comercialização. O monitoramento da composição gasosa no interior das embalagens ( $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}_2$  e etileno) foi realizado diariamente nos primeiros 4 dias, e depois, a cada 4 dias até o 24º dia (final do armazenamento refrigerado) e, a cada 8 dias, foram feitas análises físico-químicas (teores de acidez total titulável, ácido ascórbico, sólidos solúveis, acetaldeído, etanol, clorofila da casca e coloração da casca), sendo que, do 24º ao 30º dia, as análises foram a cada 3 dias (ver item 3.4 Metodologia das Análises).

### **3.2 Segundo Experimento: efeito do ácido giberélico isolado e combinado com filme plástico na conservação de lima ácida ‘Tahiti’**

O segundo experimento foi realizado para definir a melhor dose de GA em combinação com os filmes plásticos selecionados no experimento 1, visando manter a coloração verde da casca da lima ácida, por mais tempo.

Os frutos receberam duas concentrações de GA através da pulverização de solução com o produto comercial PROGIB<sup>®</sup> (10% de ingrediente ativo – GA<sub>3</sub>) na casa de beneficiamento, em Itajobi, antes do período de repouso de 24 horas. Quando os frutos chegaram em Piracicaba foram selecionados e separados de acordo com os tratamentos. Os frutos tratados com GA foram comparados com frutos acondicionados ou não nos dois filmes plásticos selecionados no primeiro experimento. As concentrações de GA testadas foram 20 e 100 mg L<sup>-1</sup>.

Assim, os frutos foram submetidos a um dos seguintes tratamentos:

- 1 - Frutos com 20 mg L<sup>-1</sup> de GA;
- 2 - Frutos com 100 mg L<sup>-1</sup> de GA;
- 3 - Frutos com 20 mg L<sup>-1</sup> de GA e filme plástico 1;
- 4 - Frutos com 100 mg L<sup>-1</sup> de GA e filme plástico 1;
- 5 - Frutos com 20 mg L<sup>-1</sup> GA e filme plástico 2;
- 6 - Frutos com 100 mg L<sup>-1</sup> de GA e filme plástico 2;
- 7 - Frutos com filme plástico 1;
- 8 - Frutos com filme plástico 2;
- 9 - Frutos controle (sem GA e sem filme plástico).

Assim como no primeiro experimento, todos os tratamentos foram armazenados em câmara fria a  $10 \pm 1^{\circ}\text{C}$  e  $75 \pm 5\%$  de umidade relativa durante 24 dias, mais 6 dias sem atmosfera modificada em condição ambiente ( $20 \pm 1^{\circ}\text{C}$  e  $75 \pm 5\%$  de UR), simulando o período de comercialização. O monitoramento da composição gasosa no interior das embalagens (O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> e etileno) foi realizado diariamente nos primeiros 4 dias, e depois, a cada 4 dias até o 24<sup>o</sup> dia (final do armazenamento refrigerado) e, a cada 8 dias, foram feitas análises físico-químicas (teores de acidez total titulável, ácido ascórbico, sólidos solúveis, acetaldeído, etanol, clorofila da casca e coloração da

casca), sendo que, do 24<sup>o</sup> ao 30<sup>o</sup> dia, as análises foram a cada 3 dias (ver item 3.4 Metodologia das Análises).

### **3.3 Terceiro Experimento: efeito do permanganato de potássio isolado e combinado com ácido giberélico e filme plástico na conservação de lima ácida 'Tahiti'**

Os tratamentos selecionados nos experimentos 1 e 2 (filme plástico e concentração de GA) foram combinados entre si e com permanganato de potássio visando selecionar a técnica ou a combinação de técnicas que proporcione a melhor conservação das limas ácidas 'Tahiti'.

Foram usados 3 saches absorvedores de etileno em cada caixa de 4,5 kg. Cada sache contém 9 gramas de permanganato de potássio impregnado em argila Zeolita (fabricante e fornecedor Aruá Comércio e Serviços Ltda) com capacidade de absorver 3 mL de etileno por g de produto. Os saches possuem 8 cm de comprimento e 4 cm de largura. Eles foram colocados dentro das caixas entre a primeira e a segunda camada dos frutos, nos dois cantos diagonais e no meio.

Frutos recebidos e caracterizados foram acondicionados em caixas de papelão tipo exportação de 4,5 kg com os seguintes tratamentos:

- 1 - Frutos com sache a base de permanganato de potássio;
- 2 - Frutos com filme plástico selecionado na etapa 2;
- 3 - Frutos tratados com a concentração de GA selecionada na etapa 2;
- 4 - Frutos no filme plástico selecionado da etapa 2 com sache a base de permanganato de potássio;
- 5 - Frutos tratados com a concentração de GA selecionada na etapa 2 e acondicionados com sache a base de permanganato de potássio;
- 6 - Frutos tratados com a concentração de GA e o filme plástico selecionados na etapa 2 e com sache a base de permanganato de potássio;
- 7 - Frutos no filme plástico selecionado da etapa 2 tratados com a concentração de GA selecionada da etapa 2;
- 8 - Frutos controle (sem GA, sem filme plástico e sem permanganato de potássio).

Todos os tratamentos foram armazenados em câmara fria a  $10 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $75 \pm 5\%$  de umidade relativa durante 24 dias, mais 6 dias sem atmosfera modificada em condição ambiente ( $20 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $75 \pm 5\%$  de UR), simulando o período de comercialização. O monitoramento da composição gasosa no interior das embalagens ( $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}_2$  e etileno) foi realizado diariamente nos primeiros 4 dias, e depois, a cada 4 dias até o 24º dia (final do armazenamento refrigerado) e, a cada 8 dias, foram feitas análises físico-químicas (teores de acidez total titulável, ácido ascórbico, sólidos solúveis, acetaldeído, etanol, clorofila da casca e coloração da casca), sendo que, do 24º ao 30º dia, as análises foram a cada 3 dias, totalizando, por fim, um período de 30 dias de armazenamento (ver item 3.4 Metodologia das Análises).

Nesta etapa, também foi realizada uma avaliação visual da coloração da casca de todos os frutos de cada repetição, com base numa escala de notas, no último dia de armazenamento. As notas variaram de 1 a 5 (1 = verde-oliva brilhante; 2 = verde escuro; 3 = verde claro; 4 = verde amarelado; 5 = amarelo) (ver item 3.4 Metodologia das Análises).

### **3.4 Metodologia das Análises**

#### ***Delineamento Experimental e Tamanho Amostral***

O delineamento de cada experimento foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial (tratamento x dias de análise), sendo que cada tratamento foi formado por 4 repetições para cada dia de análise. Cada repetição foi composta por uma caixa de 4,5 kg, contendo de 48 a 63 frutos, e a amostra foi formada por 10 frutos de cada caixa.

#### ***Análises físico-químicas***

Teor de sólidos solúveis: uma amostra do suco provenientes de 10 limas de cada repetição foi colocada em refratômetro digital (Atago PR-101), com correção automática de temperatura para  $20^\circ\text{C}$ . Os resultados foram expressos em  $^\circ\text{Brix}$ .

Acidez titulável: 10 mL de suco de 10 frutos de cada uma das repetições foram colocados em 90 mL de água destilada. Foi efetuada titulação potenciométrica com



hidróxido de sódio 1N até pH 8,10 (ponto de viragem da fenolftaleína). Os cálculos foram realizados segundo Carvalho et.al. (1990), e os resultados expressos em termos de porcentagem de ácido cítrico no suco.

Coloração da casca: foi determinada com colorímetro Minolta, modelo CR-300, que expressa a cor através de três parâmetros: luminosidade ( $L^*$ ), que oscila entre 0 (cores escuras ou opacas) a 100 (cores brancas ou de máximo brilho); cromaticidade ou pureza da cor ( $C^*$ ), cujos valores baixos representam cores impuras (acinzentadas) e os elevados representam cores puras; ângulo de tonalidade ou cor verdadeira ( $^{\circ}$ Hue), que varia entre  $0^{\circ}$  e  $360^{\circ}$ , sendo que o ângulo  $0^{\circ}$  corresponde à cor vermelha,  $90^{\circ}$  cor amarela,  $180^{\circ}$  cor verde,  $270^{\circ}$  cor azul. Foram tomadas duas leituras em lados opostos da região equatorial de 10 frutos por repetição.

Teor de ácido ascórbico: foi determinado de acordo com metodologia de Carvalho et al. (1990), a qual se baseia na redução do indicador 2,6-diclorofenol indolfenol-sódio (DCFI) pelo ácido ascórbico. Foram tomados 5 mL de suco de cada amostra, composta por 10 frutos, e colocados em erlenmeyer contendo 25 mL de solução de ácido oxálico 1%. A titulação foi efetuada com DCFI até atingir a coloração rosada persistente por 15 segundos. Os resultados foram expressos em miligramas de ácido ascórbico por grama de suco.

Perda de massa: calculada pela diferença, em porcentagem, entre a massa inicial de cada repetição (caixa com 4,5 kg), e a massa no momento da avaliação.

Clorofila Total: foi determinada segundo metodologia de Manfroi et al. (1996) adaptada. Foram retirados cerca de  $1 \text{ cm}^2$  da casca de cada lima ácida 'Tahiti', sendo a amostra de cada repetição formada por 10 frutos. As cascas foram pesadas e colocadas em frascos herméticos de vidro envoltos com papel alumínio contendo 20 mL de solução extratora de acetona 80%. Os frascos foram armazenados a  $4^{\circ}\text{C}$  por 72 horas, quando foi feita a leitura de absorvância da solução em espectrofotômetro nos comprimentos de

onda 646 e 663 nm. O teor de clorofila total (CT) foi obtido pela eq. (2). Os resultados foram expressos em  $\text{mg g}^{-1}$ .

$$\text{CT} = 7,15 \times (\text{Absorbância a } 663 \text{ nm}) + 18,71 \times (\text{Absorbância a } 645 \text{ nm}) \quad (2)$$

Avaliação visual: foi realizada com base numa escala de cor da casca variando de 1 a 5, sendo 1 = verde-oliva brilhante; 2 = verde escuro; 3 = verde claro; 4 = verde amarelado e 5 = amarelo (Figura 2). Esta avaliação foi feita apenas no terceiro experimento após 30 dias de armazenamento com todos os frutos de cada repetição. Frutos com nota 1 a 3 foram considerados aceitáveis para a comercialização.



Figura 2 – Escala de notas de cor da casca de limas ácidas 'Tahiti'

### ***Análises Fisiológicas***

#### Monitoramento da composição gasosa das embalagens ( $\text{CO}_2$ , $\text{O}_2$ e etileno)

- Medição de  $\text{CO}_2$  e de  $\text{O}_2$ : amostras de ar do espaço livre das embalagens foram coletadas com um analisador de gases marca PBI Dansensor, modelo Check Mate, o qual retira aproximadamente 2 mL de gás por amostragem. As amostras foram retiradas através de septos de silicone fixados nas embalagens. Os resultados foram expressos em termos de porcentagem de  $\text{O}_2$  e de  $\text{CO}_2$ .

- Medição de etileno: Foram retiradas amostras de ar do espaço livre do interior das embalagens com uma seringa modelo Gastight, marca Hamilton de 2,5 mL, e injetadas em cromatógrafo a gás (modelo GC Trace 2000, marca Thermofinnigan), com detector de ionização de chama (FID), utilizando-se uma coluna "Propak N". O gás de arraste foi o hidrogênio, a um fluxo de 30 mL/minuto. As temperaturas mantidas no aparelho foram de 80°C para a coluna, 100°C no injetor, 250°C no detector e 350°C no

metanador. Para o estabelecimento da curva padrão, alíquotas de 1 mL dos padrões 0,58 e 1,94 ppm de etileno da White Martins foram coletadas com seringa e injetadas no cromatógrafo a gás. Os teores de etileno foram expressos em ppm.

#### Teores de acetaldeído e de etanol

- Preparo das soluções padrões:

Etanol: foram pesados 0,01; 0,14 e 0,81 g de etanol em balões volumétricos de 200 mL com água deionizada gelada. A solução de cada balão volumétrico foi homogeneizada e transferida para frascos herméticos. De cada frasco foi transferido 1 mL da solução para frascos herméticos de 40 mL.

Acetaldeído: foram pesados 0,085 g de acetaldeído e adicionados a 400 mL de água deionizada. Desta solução retirou-se 2,5; 10 e 20,0 mL diretamente para balões volumétricos e completou-se o volume com 100 mL com água deionizada gelada. A solução foi homogeneizada e transferida para frascos herméticos. De cada frasco foi transferido 1 mL para frascos herméticos de 40 mL.

- Determinação: alíquotas de 1 mL de suco de lima ácida foram colocadas em frascos herméticos de 40 mL. Tanto os frascos com as amostras como aqueles com as soluções padrões de acetaldeído e etanol foram mantidos em banho-maria a 50°C por 30 minutos. Decorrido este tempo, 1 mL do espaço livre de cada frasco foi coletado com uma seringa e injetado no cromatógrafo a gás. Os teores de acetaldeído e de etanol foram calculados correlacionando as respectivas áreas cromatográficas com aquelas obtidas nas curvas padrões. Os resultados foram expressos em  $\text{g } 100\text{g}^{-1}$ .

#### ***Análise Estatística***

Para comparações inter e intra-grupos, os resultados foram primeiramente submetidos à Análise de Variância (ANOVA). Quando observadas diferenças pela ANOVA, duas médias foram comparadas pelo Teste de Tukey, em um nível de significância de 5% ( $P < 0,05$ ).



## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Primeiro Experimento: efeito da atmosfera modificada na conservação de lima ácida 'Tahiti'

A escolha dos melhores filmes para conservação da lima ácida 'Tahiti' a  $10 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $75 \pm 5\%$  de UR foi baseada na composição gasosa, nos resultados de coloração da casca e de teores de acetaldeído e etanol.

#### Teores de $\text{O}_2$ e $\text{CO}_2$

A composição gasosa no interior das embalagens com lima ácida 'Tahiti' variou de acordo com a permeabilidade dos filmes aos gases  $\text{CO}_2$  e  $\text{O}_2$ . A atmosfera de equilíbrio no interior dos filmes foi alcançada logo após o terceiro dia de armazenamento a  $10 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $75 \pm 5\%$  de UR, para a maioria dos filmes. Apenas nos filmes PEBD, das duas espessuras, é que este equilíbrio não ocorreu. De acordo com Chitarra e Chitarra (2005), o alcance rápido da atmosfera de equilíbrio no interior das embalagens é desejável, já que maximiza a durabilidade do produto, sem redução da sua qualidade.

A lima ácida 'Tahiti' tem uma atividade respiratória a  $10^\circ\text{C}$  em torno de 3 a 5 mL de  $\text{CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$  e a  $20^\circ\text{C}$  entre 6 e 10 mL de  $\text{CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$  (ARPAIA; KADER, 2009). A composição atmosférica ideal para redução desta atividade e, assim, dos processos metabólicos, a  $10^\circ\text{C}$ , segundo Kader (1992) é de 0 a 5% de  $\text{CO}_2$  e de 5 a 10% de  $\text{O}_2$ . Os filmes de polietileno de baixa densidade - PEBD nas espessuras de 30  $\mu\text{m}$  e 65  $\mu\text{m}$  alteraram drasticamente a composição gasosa no interior das embalagens, resultando em níveis de  $\text{O}_2$  menores que 2% e níveis de  $\text{CO}_2$  maiores que 10%, ou seja, fora dos níveis aceitáveis para as frutas cítricas. É importante, desta forma, considerar que o nível mínimo de  $\text{O}_2$  aceitável pelas frutas cítricas é de 5% e o máximo de  $\text{CO}_2$  é de 10%. O filme Xtend, devido à sua alta permeabilidade ao  $\text{O}_2$  (48,21 mL (CNTP)  $\text{cm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ ) e baixa ao  $\text{CO}_2$  (127 mL (CNTP)  $\text{cm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ ), manteve os níveis de  $\text{O}_2$  no interior das embalagens em torno de 15% e os níveis de  $\text{CO}_2$  em torno de 10%, já os filmes

Cryovac D-955 e Vegetal Pack resultaram em composição atmosférica desejável para a lima ácida, com cerca de 10% de O<sub>2</sub> e de 5% de CO<sub>2</sub> (Figura 3).

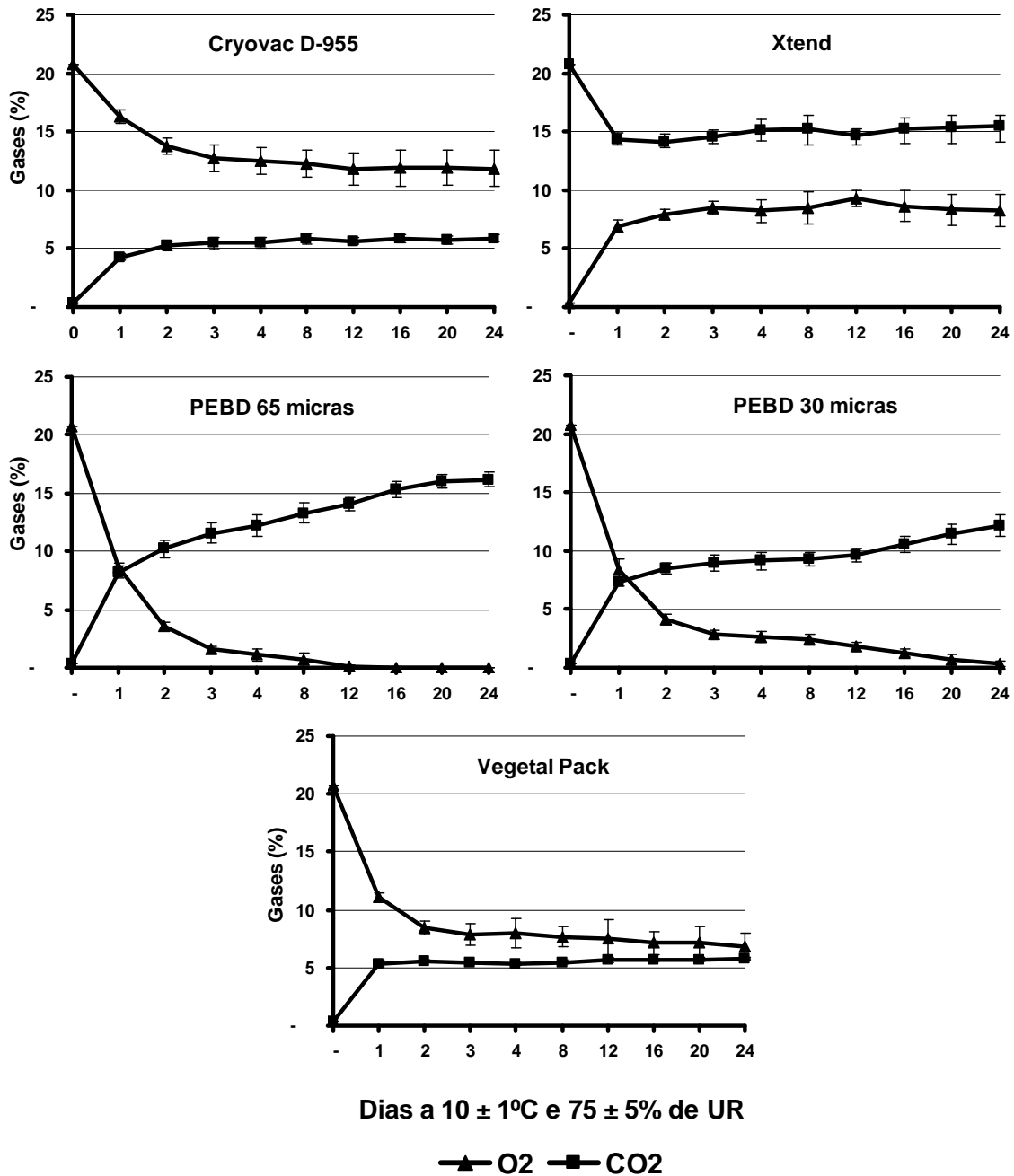


Figura 3 - Composição gasosa no interior das embalagens contendo 4,5 kg de limas ácidas 'Tahiti'. Barras verticais representam o desvio padrão da média

### Teores de etileno

O filme Xtend foi o que resultou em menores teores de etileno no interior da embalagem durante o armazenamento ( $P < 0,05$ ; Tabela 2). Este resultado deve-se, provavelmente, ao alto nível de  $\text{CO}_2$  no interior da embalagem, que funciona como um regulador da biossíntese do etileno através da inibição das enzimas ACC sintase e ACC oxidase, responsáveis pela síntese de ACC e de etileno, respectivamente (CHIATARRA; CHITARRA, 2005). Além disso, a presença de microfuros nestes filmes permite maior permeabilidade aos gases.

Tabela 2 – Teor de etileno no interior das embalagens com 4,5 kg de limas ácidas ‘Tahiti’ após 24 dias a  $10 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $75 \pm 5\%$  de UR

Filme Plástico	Etileno (ppm)
Xtend	0,101 a
Cryovac D-955	0,175 b
Vegetal Pack	0,245 c
PEBD 30 $\mu\text{m}$	0,359 d
PEBD 65 $\mu\text{m}$	0,482 e
<b>CV (%)</b>	<b>35,47</b>

Médias seguidas de distintas letras na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. CV = coeficiente de variação.

Apesar dos filmes PEBD também ocasionarem altos teores de  $\text{CO}_2$  no interior das embalagens, resultaram em elevados níveis de etileno após o 12º dia de armazenamento (Figura 4). Isso pode ser decorrente da alta incidência de podridão nos frutos acondicionados nesta embalagem, após este período de armazenamento. Ilag e Curtis (1968) afirmam que 58 das 228 espécies de fungos que examinaram produziram etileno. Terao et al. (2009) confirmaram este conceito quando mediram a emissão de etileno por melões após o 5º e o 10º dia de armazenamento em condição ambiente. Houve aumento dos níveis de etileno na mesma proporção do acréscimo da severidade de doenças fúngicas. Além disso, à medida que os frutos sofrem ataque por fungos, ocorre aumento da atividade respiratória por estresse e, por conseqüência, acréscimo da produção de etileno. Os frutos não climatéricos por possuírem apenas o sistema 1 de regulação da biossíntese de etileno, produzem somente o etileno basal e o etileno do ferimento, sendo este um dos responsáveis pelo aumento dos teores de etileno nestas embalagens, devido ao estresse decorrente da ação de fungos (CHITARRA;

CHITARRA, 2005). Ben-Yehoshua (1979) relatou que o uso de filmes de polietileno, por ter baixa permeabilidade ao vapor d'água, aumenta a ocorrência de podridões devido à condensação de água que ocorre no interior da embalagem. Romojaro et al. (1996) também demonstraram que o aumento da umidade no interior das embalagens promove maior incidência de agentes patógenos, devido à formação de uma película de água na superfície do filme plástico e do fruto, mas que esta incidência depende das condições de armazenamento que os produtos se encontram.

Com exceção do filme PEBD, os teores de etileno acumulados nas embalagens ao longo do armazenamento refrigerado mantiveram-se entre 0 e 0,4 ppm (Figura 4). Steffens e Brackmann (2006) quando estudaram a ação do etileno em limas ácidas verificaram que a produção deste gás por estes frutos foi de 0,055 a 0,48 ppm nas temperaturas de 10 e 20°C, respectivamente. Além disso, perceberam que a concentração de 0,1 ppm a 10°C já induz o amarelecimento da casca, assim como o desenvolvimento de podridão no pedúnculo. Isso indica que estes frutos, mesmo sendo não climatéricos, respondem positivamente ao etileno.

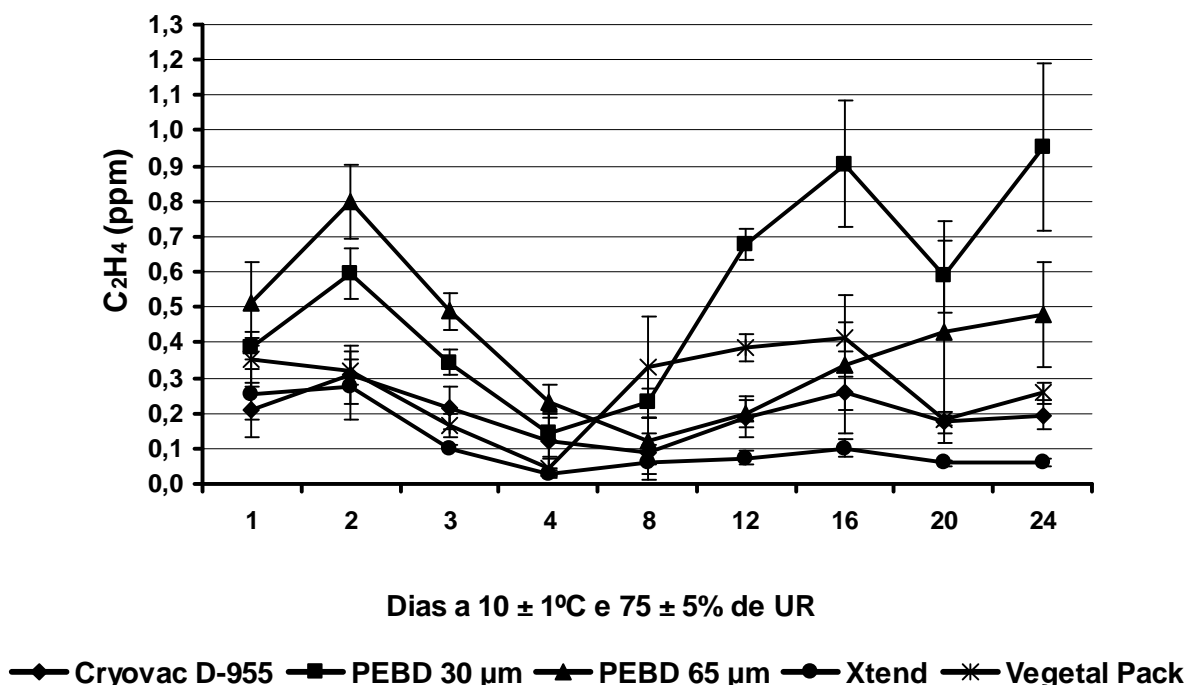


Figura 4 - Teor de etileno no interior de embalagens com 4,5 kg de lima ácida 'Tahiti'. Barras verticais representam o desvio padrão da média



## Análises Físico-químicas

### Coloração e teores de clorofila da casca

O uso dos filmes Xtend, Vegetal Pack e Cryovac D-955 possibilitou conservação da cor verde da casca ao longo do armazenamento, comportamento diferente do controle, que sofreu redução do ângulo de cor a partir do 24º dia de armazenamento (Tabela 3). Porém, estes tratamentos também sofreram redução dos teores de clorofila total ao longo do tempo (Figura 5). É provável que a atmosfera modificada associada com mais alguma outra técnica possa trazer maiores benefícios na conservação da cor verde da casca.

As limas ácidas sob os tratamentos com Xtend, Vegetal Pack, Cryovac D-955 e controle não apresentaram diferenças entre si em relação à coloração da casca ( $P>0,05$ ; Tabela 3). Esse resultado foi observado pelos valores obtidos de luminosidade e de ângulo de cor, e comprovado pela quantidade de clorofila presente na casca destes frutos, que não foi diferente ( $P>0,05$ ; Tabela 4) entre os tratamentos. Vieira et al. (2006) também não obtiveram diferença de coloração da casca de limas 'Tahiti' quando acondicionadas em filmes plásticos PEBD de 10 e 17  $\mu\text{m}$  de espessura e armazenadas a 10 e 20°C. Os autores verificaram apenas que o filme PEBD de 10  $\mu\text{m}$  de espessura resultou em frutos com menor perda de massa fresca que os demais tratamentos.

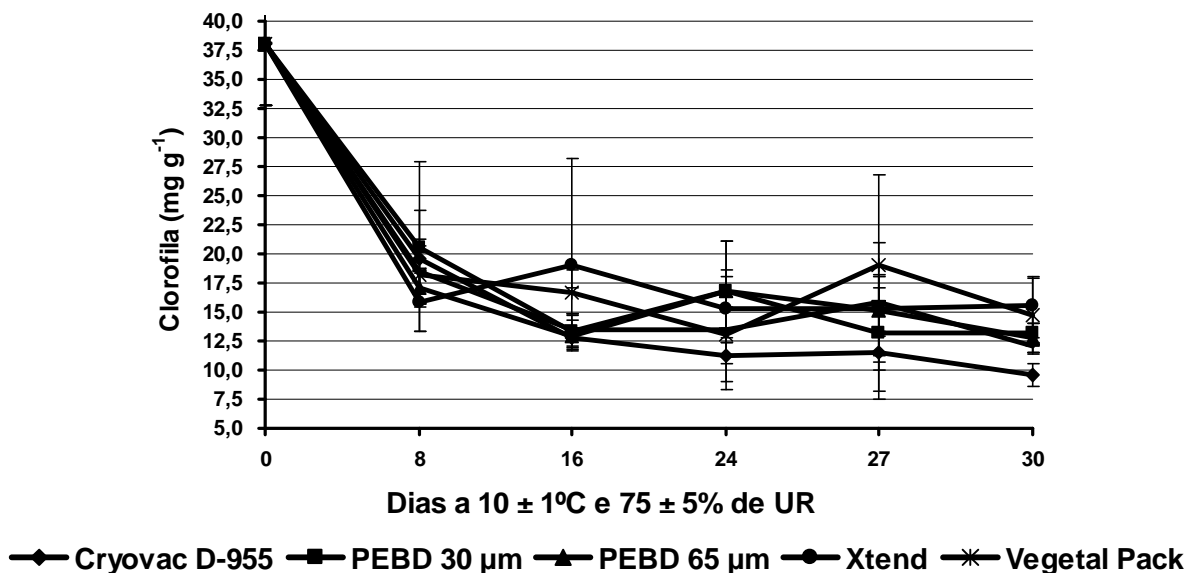


Figura 5 – Teor de clorofila da casca de limas ácidas 'Tahiti' acondicionadas em filmes plásticos durante 24 dias a  $10 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $75 \pm 5\%$  de UR e mais 6 dias a  $20 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $75 \pm 5\%$  de UR. Barras verticais representam o desvio padrão da média

Os frutos acondicionados em PEBD 30 e 65  $\mu\text{m}$  diferiram dos demais tratamentos no que se refere à luminosidade (L). Estes tratamentos apresentaram menores valores de L, indicando cores mais escuras. No caso da cor da casca das limas 'Tahiti', quanto maior a luminosidade, mais amarela é a casca. O ângulo de cor, neste caso, não resultou em diferença entre os tratamentos como os valores de luminosidade ( $P > 0,05$ ; Tabela 3), assim como os valores de clorofila total, que não diferiram entre os tratamentos ( $P > 0,05$ ; Tabela 4). Isso se deve, provavelmente, a pequena diferença observada na coloração dos frutos, que foi perceptível a olho nu, mas na leitura feita pelo colorímetro não foi constatada.

Tabela 3 - Cor da casca (luminosidade e ângulo de cor) de limas ácidas 'Tahiti' acondicionadas em filmes plásticos durante 24 dias a  $10 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $75 \pm 5\%$  de UR e mais 6 dias a  $20 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $75 \pm 5\%$  de UR

Tratamentos	Luminosidade (L)		Ângulo de cor ( $h^\circ$ )	
	0 dia	30 dias	0 dia	24 dias
Controle	45,36 a A	46,67 b B	117,23 a A	111,65 a B
Cryovac D-955	45,36 a A	46,25 b B	117,23 a A	112,55 a A
Vegetal Pack	45,36 a A	46,55 b B	117,23 a A	113,91 a A
Xtend	45,36 a A	46,69 b B	117,23 a A	113,72 a A
PEBD 65 $\mu\text{m}$	45,36 a A	45,01 a A	117,23 a A	115,26 a A
PEBD 30 $\mu\text{m}$	45,36 a A	45,26 a A	117,23 a A	115,26 a A
<b>CV (%)</b>	<b>2,29</b>		<b>2,29</b>	

Médias seguidas por letras distintas minúsculas na coluna e maiúsculas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. CV = coeficiente de variação

Tabela 4 - Teor de clorofila total da casca de limas ácidas 'Tahiti' acondicionadas em filmes plásticos após 24 dias a  $10 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $75 \pm 5\%$  de UR e mais 6 dias a  $20 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $75 \pm 5\%$  de UR

Filmes Plásticos	Clorofila total ( $\text{mg } 100\text{g}^{-1}$ )
Cryovac D-955	17,11 a
PEBD 30 $\mu\text{m}$	18,79 a
PEBD 65 $\mu\text{m}$	19,17 a
Xtend	19,84 a
Vegetal Pack	19,94 a
Controle	18,94 a
<b>CV (%)</b>	<b>21,13</b>

Médias seguidas por mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste de ANOVA a 5% de probabilidade de erro. CV = coeficiente de variação

Os efeitos do filme PEBD estão relacionados com os altos teores de CO<sub>2</sub> presentes no interior destas embalagens. Altos níveis de CO<sub>2</sub> promovem diminuição da atividade respiratória dos frutos devido à redução dos compostos piruvato, 2-oxoglutarato e malato no processo de glicólise, além de promover o acúmulo de citrato e succinato (LIU et al., 2004). Além disso, interferem na produção do etileno, inativando enzimas, como a ACC oxidase, e competem pelo mesmo sítio ativo do etileno, impedindo que as reações dependentes dele sejam desencadeadas (BEAUDRY, 1999). Esta inibição só é possível de ocorrer quando os níveis de etileno no ambiente são baixos (AWAD, 1993). Isso corresponde com o observado em frutos não climatéricos, como a lima ácida 'Tahiti', que têm produção de etileno muito baixa, de 0,11 a 0,17  $\mu\text{L.Kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$  (HULME, 1970 apud CHITARRA; CHITARRA, 2005). Esta concentração é suficiente para promover a atividade de algumas transformações metabólicas. Os citros respondem ao etileno com mudança de cor da casca. Isso porque o etileno induz a enzima clorofilase que degrada a clorofila e também as enzimas oxidativas que sintetizam carotenóides. Desta forma, a lima ácida, após a colheita, tem a senescência caracterizada pela perda da cor verde e o aparecimento da cor amarela (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

#### **Acidez titulável, ácido ascórbico e sólidos solúveis**

Os tratamentos não influenciaram o teor de ácido ascórbico ( $P>0,05$ ), porém observou-se efeito significativo do tempo de armazenamento ( $P<0,05$ ). O teor de ácido ascórbico foi de 41,35  $\text{mg g}^{-1}$  no início do armazenamento e reduziu para valores entre 27,78 e 31,16  $\text{mg g}^{-1}$  ao final de 30 dias (Figura 6). Com o amadurecimento e o armazenamento das frutas, este nutriente tende a diminuir devido à ação direta da enzima ácido ascórbico oxidase e de enzimas oxidantes como a peroxidase (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

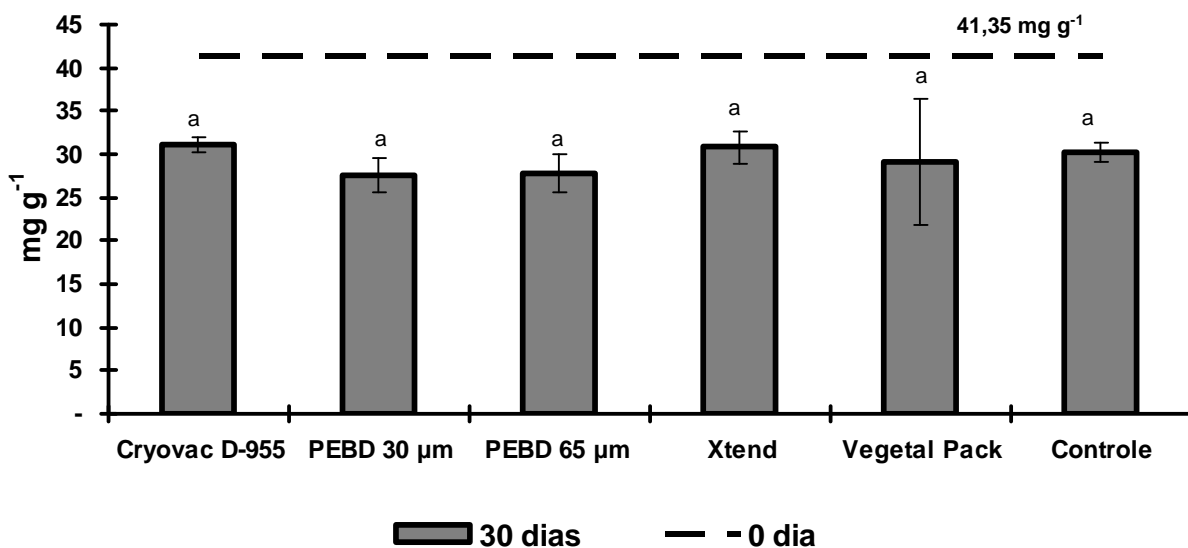


Figura 6 – Teor de ácido ascórbico presentes no suco de limas ácidas ‘Tahiti’ acondicionadas em filmes plásticos após armazenamento (24 dias a  $10 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $75 \pm 5\%$  UR mais 6 dias a  $20 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $75 \pm 5\%$  UR). Médias seguidas de mesmas letras não diferem entre si pelo teste de ANOVA a 5% de probabilidade de erro. Barras verticais representam o desvio padrão da média

No final do armazenamento (30 dias), o menor teor de acidez titulável foi encontrado nos frutos acondicionados em filme PEBD 65 µm, seguida pelos frutos acondicionados em filme de PEBD 30 µm e limas acondicionadas nos demais filmes e tratamento controle, respectivamente ( $P < 0,05$ ; Figura 7). Este efeito decorre possivelmente dos elevados níveis de  $\text{CO}_2$  encontrados no interior destas embalagens. Liu et al. (2004) verificaram que bananas tratadas com altos níveis de  $\text{CO}_2$  tiveram os teores de ácidos orgânicos menores que os frutos não tratados já no início do armazenamento. Altos teores de  $\text{CO}_2$  podem ser tóxicos para as células retardando ou até bloqueando certas transformações bioquímicas como a formação de ácidos pelo ciclo de Krebs, devido às desordens fisiológicas que promovem (KADER, 1992).

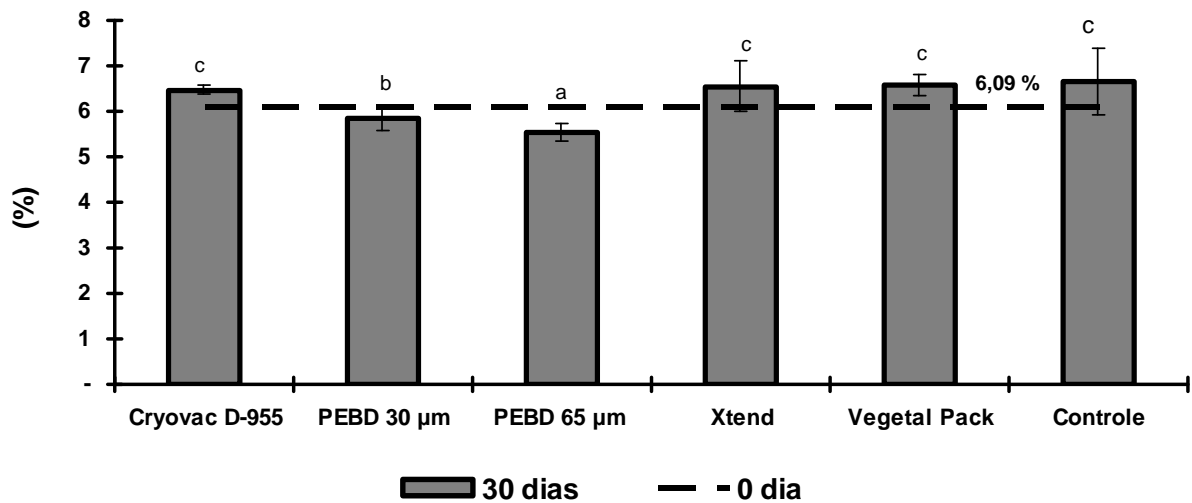


Figura 7 – Teor de ácido cítrico (%) no suco de limas ácidas ‘Tahiti’ acondicionadas em filmes plásticos após 24 dias a  $10 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $75 \pm 5\%$  UR mais 6 dias a  $20 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $75 \pm 5\%$  UR. Médias seguidas de distintas letras diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. Barras verticais representam o desvio padrão da média

O teor de sólidos solúveis não foi influenciado significativamente pelos tratamentos e nem pelo tempo de armazenamento, o teor inicial foi de  $7,75^\circ\text{Brix}$  e ao final do armazenamento foi em média  $7,47^\circ\text{Brix}$  ( $P > 0,05$ ; Figura 8). Carvalho et al. (1992) também verificaram ausência de variação dos teores de sólidos solúveis entre as limas ácidas ‘Tahiti’ acondicionadas em filmes de polietileno por 7 semanas a  $8^\circ\text{C}$  e  $80 \pm 10\%$  de UR. Limas ácidas tratadas com cera após 60 dias de armazenamento a  $10^\circ\text{C}$  e mais 3 dias a  $20^\circ\text{C}$  também não diferiram das limas sem cera quanto aos teores de sólidos solúveis (JOMORI et al., 2003). Em morangos ‘Oso Grande’ acondicionados em filmes plásticos e armazenados a  $0 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $90 \pm 5\%$  de UR os teores de sólidos solúveis também não diferiram e nem variaram ao longo do armazenamento, comportamento típico de frutos não climatéricos (VIEITES et al., 2006).

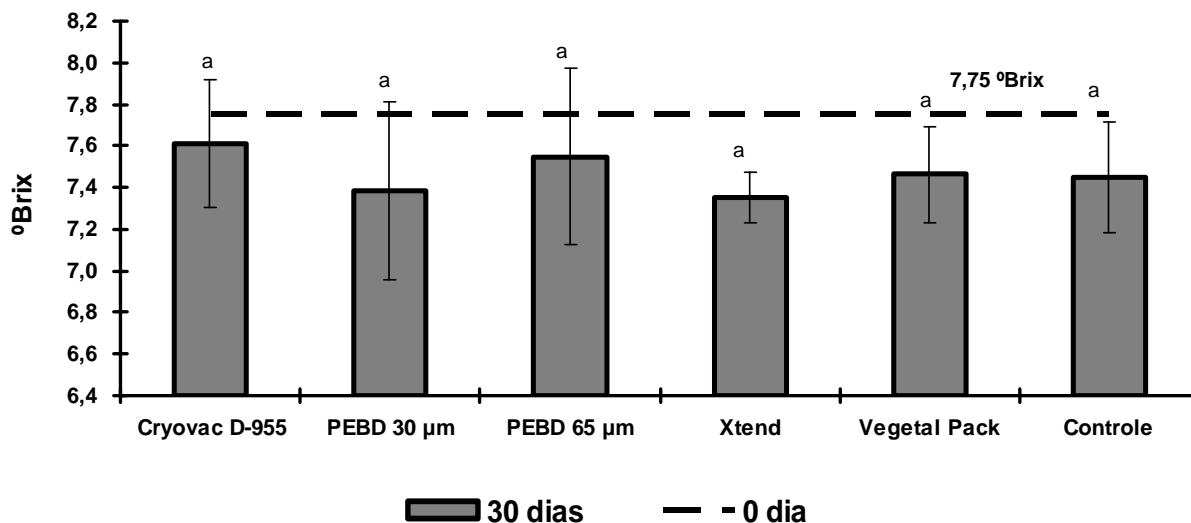


Figura 8 – Teor de sólidos solúveis no suco de limas ácidas ‘Tahiti’ acondicionadas em filmes plásticos após 24 dias a  $10 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $75 \pm 5\%$  de UR e mais 6 dias a  $20 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $75 \pm 5\%$  de UR. Médias seguidas de mesmas letras não diferem entre si pelo teste de ANOVA a 5% de probabilidade de erro. Barras verticais representam o desvio padrão da média

### Perda de massa

A maior perda de massa foi observada nos frutos do controle (6,33 %) diferindo dos demais tratamentos ( $P < 0,05$ ) e as menores perdas foram obtidas nos frutos acondicionados nos filmes PEBD (30  $\mu\text{m}$  e 65  $\mu\text{m}$ ), Vegetal Pack e Cryovac D-955 (2,85, 2,98, 2,98 e 3,45%, respectivamente) após 30 dias de armazenamento ( $10 \pm 1^\circ\text{C}$  por 24 dias e mais 6 dias a  $20 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $75 \pm 5\%$  de UR) (Figura 9). O uso de filmes plásticos associados com a refrigeração reduz a perda de água por transpiração dos frutos devido à menor diferença de pressões de vapor da fruta e o ambiente externo (BRACKMANN; DONAZZOLO, 1996). Carvalho et al. (1992) também observaram que limas ‘Tahiti’ sem filmes plásticos perderam 3,5 vezes mais massa fresca que aquelas acondicionadas em filmes de polietileno de 15 e 20  $\mu\text{m}$ . O filme Xtend resultou em frutos com perda em torno de 4% de massa (Figura 9), provavelmente devido aos microfuros que possui na sua estrutura. Cereta et al. (1999) verificaram perda de apenas 1% de massa fresca de laranjas ‘Valência’ após 42 dias a  $8^\circ\text{C}$  e 80% de UR quando usaram filme PVC associado ou não com cera, enquanto que os frutos controle perderam cerca de 7% de massa. Perdas entre 3 e 6% de água são suficientes para reduzir a qualidade de muitos produtos hortícolas, já que a redução do teor normal de umidade promove estresse hídrico, aumenta a suscetibilidade aos

danos pelo frio, ativa os processos de senescência e, ainda aumenta o ataque por patógenos (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Para os frutos cítricos a perda máxima aceitável de água é de 5% na pós-colheita (KAYS, 1991).

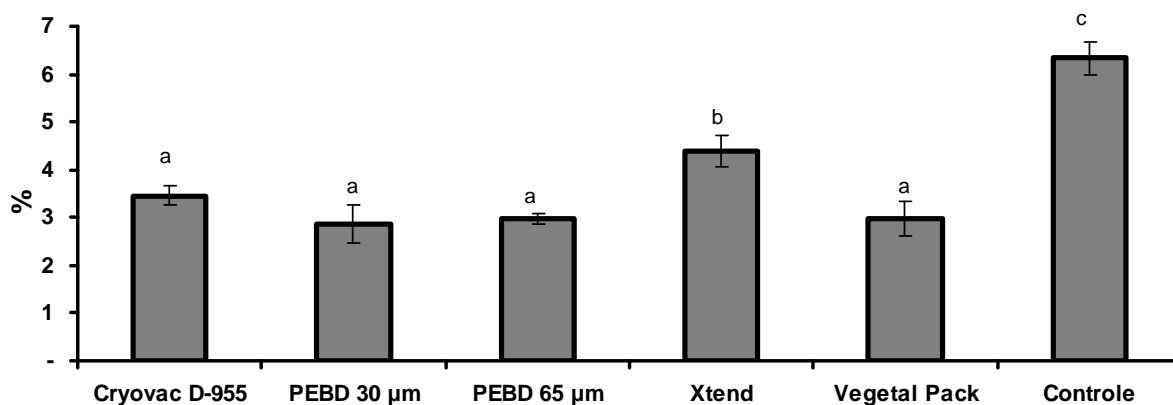


Figura 9 – Perda de massa de limas ácidas 'Tahiti' acondicionadas em filmes plásticos após 24 dias a  $10 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $75 \pm 5\%$  de UR e mais 6 dias a  $20 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $75 \pm 5\%$  de UR. Médias seguidas de distintas letras diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. Barras verticais representam o desvio padrão da média

### Teores de acetaldeído e de etanol

A mudança drástica da atmosfera interna das embalagens PEBD (30  $\mu\text{m}$  e 65  $\mu\text{m}$ ) resultou em alteração da coloração da polpa (Figura 10) e formação de altos teores de acetaldeído e etanol (Tabela 5), além de alteração do aroma, decréscimo da acidez e maior susceptibilidade a doenças. Estas duas últimas alterações são consideradas sintomas de desordens fisiológicas em limas ácidas e ocorrem quando os níveis de  $\text{CO}_2$  ultrapassam 10% (KADER, 1997 apud CHITARRA; CHITARRA, 2005). Em frutos cítricos, a presença de acetaldeído e etanol é aceitável em certos níveis, porém, quando resultam em alterações no sabor e/ou no aroma, depreciam a qualidade dos frutos (COHEN et al., 1990).

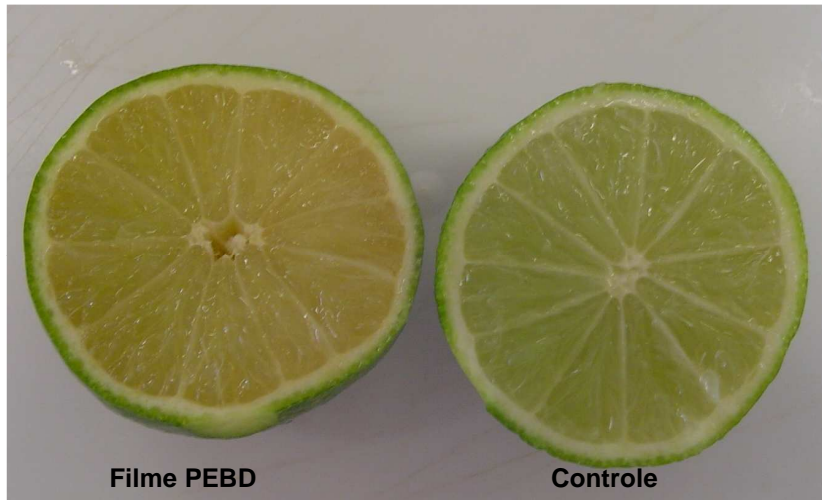


Figura 10 – Alteração da coloração da polpa de limas ácidas acondicionadas em filmes PEBD 65  $\mu\text{m}$  após 24 dias a  $10 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $75 \pm 5\%$  de UR mais 6 dias a  $20 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $75 \pm 5\%$  de UR

A modificação da atmosfera resultante do filme Xtend também ocasionou formação de etanol nos frutos (Tabela 5). Apesar do teor de  $\text{O}_2$  ser aceitável para conservação de limas ácidas, o de  $\text{CO}_2$ , em torno de 10%, foi suficiente para desencadear o metabolismo anaeróbico. Altos teores de  $\text{CO}_2$ , com ou sem a redução dos teores de  $\text{O}_2$  são suficientes para desregular os principais processos fisiológicos e bioquímicos dos vegetais. Kluge et al. (2001) relatam que distúrbios promovidos pelo excesso de  $\text{CO}_2$  são caracterizados pelo escurecimento dos tecidos da polpa e pela formação de etanol. A principal enzima afetada nestas condições é a succinato desidrogenase, presente no ciclo de Krebs, que com elevado nível de  $\text{CO}_2$  resulta em acúmulo de succinato, tóxico aos tecidos vegetais (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Além do succinato, também ocorre acúmulo de citrato nestas condições (LIU et al., 2004). Níveis baixos de  $\text{O}_2$  resultam em respiração anaeróbica em frutos, com conseqüente formação de acetaldeído e etanol (KLUGE et al., 2001), formação de sabores desagradáveis (ARTÉS-HERNÁNDEZ; ARTÉS-CALERO, 2008) e redução da produção de ácidos orgânicos pelo ciclo de Krebs (CHITARRA; CHITARRA, 2005).



Tabela 5 – Teores de acetaldeído e de etanol no suco de limas ácidas ‘Tahiti’ acondicionadas em filmes plásticos durante 24 dias a  $10 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $75 \pm 5\%$  UR e mais 6 dias a  $20 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $75 \pm 5\%$  UR

Tratamentos	Acetaldeído (g 100g <sup>-1</sup> )		Etanol (g 100g <sup>-1</sup> )	
	0 dia	30 dias	0 dia	30 dias
Controle	0,47 a A	0,61 a A	79,22 a A	82,80 a A
Cryovac D-955	0,47 a A	1,01 ab A	79,22 a A	98,09 ab A
Vegetal Pack	0,47 a A	1,34 bc B	79,22 a A	165,06 bc A
PEBD 30 µm	0,47 a A	1,48 bc B	79,22 a A	202,78 c B
Xtend	0,47 a A	1,06 ab A	79,22 a A	205,85 c B
PEBD 65 µm	0,47 a A	1,66 c B	79,22 a A	283,63 d B
<b>CV (%)</b>		<b>58,77</b>		<b>53,59</b>

Médias seguidas por letras distintas maiúsculas na linha e minúsculas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. CV = coeficiente de variação.

Os filmes plásticos Cryovac D-955 e Vegetal Pack foram selecionados para a segunda etapa por manterem a coloração da casca igual ao dia 0 ( $P > 0,05$ ), em termos de ângulo de cor, até o 24º dia de armazenamento, por conservarem os frutos sem alterações fisiológicas decorrentes da formação de acetaldeído e etanol que os outros filmes promoveram, por manterem as características químicas adequadas para comercialização (sólidos solúveis em torno de 7 °Brix, 20 a 40 mg L<sup>-1</sup> de ácido ascórbico e cerca de 6% de ácido cítrico (LUCHETTI et al., 2003)), além de proporcionarem menor perda de massa fresca ( $P < 0,05$ ).

#### 4.2 Segundo Experimento: efeito do ácido giberélico isolado e combinado com filme plástico na conservação de lima ácida ‘Tahiti’

Neste experimento, além do efeito isolado dos filmes selecionados, Cryovac D-955 e Vegetal Pack, o uso do GA isolado e em combinação com estes filmes também foi avaliado, quanto à conservação da coloração verde da casca de limas ácidas.

Devido à dificuldade de avaliação da cor da casca das limas ácidas no primeiro experimento, pela diferença dos valores encontrados nos parâmetros de luminosidade e ângulo de cor, a parcela para avaliação da cor da casca, neste segundo experimento, foi de 20 frutos por repetição.

### Teores de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub>

As composições gasosas obtidas nos filmes Cryovac D-955 e Vegetal Pack foram semelhantes as do primeiro experimento. No filme D-955, a atmosfera de equilíbrio foi em torno de 15% de O<sub>2</sub> e 5% de CO<sub>2</sub>, enquanto que no filme Vegetal Pack, foi em torno de 10% de O<sub>2</sub> e 5% de CO<sub>2</sub> (Figura 11). Este equilíbrio no interior das embalagens foi atingido mais uma vez logo no 3º dia de armazenamento, permitindo maximizar a durabilidade dos frutos.

O tratamento com o filme Cryovac D-955 associado a 100 mg L<sup>-1</sup> de GA resultou em maiores teores de O<sub>2</sub> e menores de CO<sub>2</sub> no interior da embalagem, porém aqueles com 20 mg L<sup>-1</sup> de GA resultaram em maiores teores de CO<sub>2</sub> e menores de O<sub>2</sub> (P<0,05; Tabela 6). O tratamento com o filme Vegetal Pack associado com GA, independente da dose, não resultou em diferença significativa em relação ao tratamento sem GA (P>0,05; Tabela 6). Desta forma, não é possível assumir que o uso de GA, nestas doses, interfere na modificação da atmosfera no interior de embalagens com limas ácidas (Tabela 6). Em concordância com esses resultados, Jomori et al. (2003) também constataram que não existe interferência do GA na atividade respiratória de limas 'Tahiti' tratadas com 10 mg L<sup>-1</sup> em pós-colheita, combinadas ou não com cera (0,1 mL por fruto) e 1-MCP (1 mg L<sup>-1</sup>).

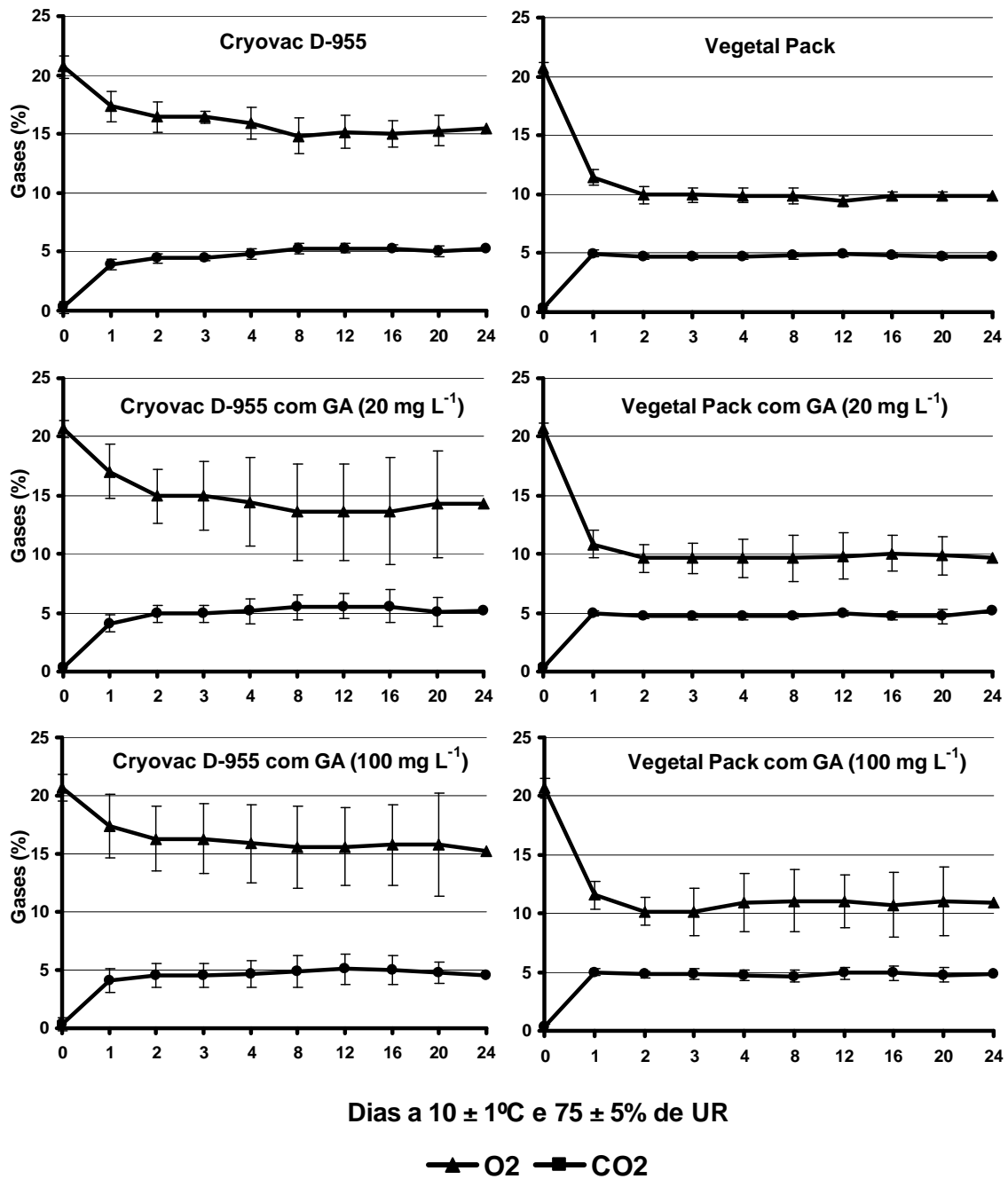


Figura 11 - Composição gasosa no interior das embalagens contendo 4,5 kg de limas ácidas 'Tahiti'. Barras verticais representam o desvio padrão da média

Tabela 6 – Composição gasosa no interior das embalagens com 4,5 kg de limas ácidas ‘Tahiti’ tratadas com GA após 24 dias de armazenamento a  $10 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $75 \pm 5\%$  de UR

(% CO <sub>2</sub> )		
GA (mg L <sup>-1</sup> )	Filmes Plásticos	
	Cryovac D-955	Vegetal Pack
0	4,82 ab A	4,80 a A
20	5,00 b A	4,83 a A
100	4,62 a A	4,84 a A
(% O <sub>2</sub> )		
GA (mg L <sup>-1</sup> )	Filmes Plásticos	
	Cryovac D-955	Vegetal Pack
0	15,87 ab A	10,18 a B
20	14,76 a A	10,01 a B
100	16,09 b A	10,99 a B

Médias seguidas de distintas letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.

### Teores de Etileno

O GA também não interferiu na concentração de etileno acumulado no interior das embalagens durante o armazenamento. Houve efeito apenas dos filmes plásticos ( $P < 0,05$ ; Tabela 7). O teor de etileno no interior das embalagens Cryovac D-955 foi menor que das embalagens Vegetal Pack ( $P < 0,05$ ), apesar dos dois filmes resultarem em teores de CO<sub>2</sub> em torno de 5%, independente da dose de GA que os frutos receberam (Tabela 7). Isso se deve, provavelmente, à maior permeabilidade ao gás etileno que o filme Cryovac D-955 possui, já que sua permeabilidade ao O<sub>2</sub> é de  $9.760 \text{ cm}^3 \text{ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ , maior que a do filme Vegetal Pack, que é de  $9.185 \text{ cm}^3 \text{ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ . O GA tem a propriedade de inibir a ação do etileno no metabolismo dos frutos e não a sua produção (BARROS et al., 1991). Desta forma, não é possível haver interferência do GA na redução dos níveis de etileno acumulados no interior das embalagens.

Tabela 7 – Teor de etileno no interior das embalagens com 4,5 kg de limas ácidas ‘Tahiti’ tratadas com ácido giberélico (GA) após 24 dias de armazenamento a  $10 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $75 \pm 5\%$  UR

Etileno (ppm)		
GA (mg L <sup>-1</sup> )	Filmes Plásticos	
	Cryovac D-955	Vegetal Pack
0	0,087 a A	0,145 a B
20	0,084 a A	0,169 a B
100	0,056 a A	0,154 a B
CV (%)	58,23	

Médias seguidas de distintas letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro. CV = coeficiente de variação.

### **Análises físico-químicas**

#### **Coloração e teor de clorofila na casca**

Os filmes plásticos Cryovac D-955 e Vegetal Pack promoveram maior conservação da cor verde da casca das limas ácidas em relação ao controle durante o armazenamento, na ausência de GA. Os frutos acondicionados nas embalagens Vegetal Pack resultaram em maior ângulo de cor que os frutos sem embalagem durante o armazenamento, porém, não diferiram, quanto a este parâmetro de cor, dos frutos acondicionados nos filmes Cryovac D-955 ( $P > 0,05$ ; Tabela 8) na presença de 20 e 100 mg L<sup>-1</sup>. Isso demonstra que o maior teor de etileno acumulado nas embalagens Vegetal Pack não interferiu na mudança de cor da casca das limas ácidas. O etileno, em citros, promove a mudança da cor da casca pelo aumento da atividade respiratória (GOLDSCHMIDT, 1998). Steffens e Brackmann (2006) verificaram que uma concentração de etileno de 0,1 ppm é suficiente para induzir o amarelecimento da casca de limas ácidas ‘Tahiti’. Porém, estudos que utilizam o etileno para induzir o amarelecimento da casca de citros, como laranja e limão ‘Siciliano’, demonstram que são necessárias concentrações acima de 1 ppm para estimular a degradação da clorofila (MAZZUZ, 1996). Jacomino et al. (2003) verificaram que com 3 ppm por 2 dias houve redução do ângulo de cor da casca de limões ‘Sicilianos’ e aumento do croma. Assim como Nascimento et al. (2006), aplicando 10 ppm de etileno em laranjas ‘Pêra’ armazenadas a  $10^\circ\text{C}$  e em condição ambiente, obtiveram redução do ângulo de cor de  $109,97^\circ$  para  $79,13^\circ$  e  $86,83^\circ$ , respectivamente, após a sexta semana de armazenamento. Como as concentrações de etileno encontradas no interior das duas

embalagens foram menores que 1 ppm, não foi possível verificar perda de cor da casca das limas ácidas.

O tratamento com GA não interferiu no resultado de ângulo de cor nos frutos acondicionados no filme Vegetal Pack e nem nos frutos sem embalagem. Nos frutos acondicionados no filme Cryovac D-955 observou-se que aqueles sem GA apresentaram maior valor de ângulo de cor ( $h^{\circ}$ ) que aqueles com GA ( $P < 0,05$ ; Tabela 8), nas avaliações realizadas no 16<sup>o</sup> e no 24<sup>o</sup> dia de armazenamento (Figura 12), o que refletiu também na média geral do tratamento (Tabela 8). É possível que esse resultado seja devido à diferença nos frutos amostrados e não ao efeito do GA. A maioria dos estudos com limas ácidas tratadas com GA indica que este hormônio tem eficiência na retenção da cor verde da casca destes frutos, devido à sua ação bloqueadora do etileno (CASTRO, 2001; SPÓSITO et al., 2000; JOMORI et al., 2003).

Tabela 8 – Coloração da casca de limas ácidas ‘Tahiti’ (ângulo de cor) durante 24 dias a  $10 \pm 1^{\circ}\text{C}$  e  $75 \pm 5\%$  de UR, mais 6 dias a  $20 \pm 1^{\circ}\text{C}$  e  $75 \pm 5\%$  de UR

GA ( $\text{mg L}^{-1}$ )	Ângulo de cor ( $h^{\circ}$ )		
	Cryovac D-955	Vegetal Pack	Sem Filme
0	114,74 b B	114,79 a B	113,61 a A
20	114,10 a A B	114,54 a B	113,97 a A
100	113,84 a A B	114,34 a B	113,79 a A
CV (%)	0,65		

Médias seguidas de distintas letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro. CV = coeficiente de variação.

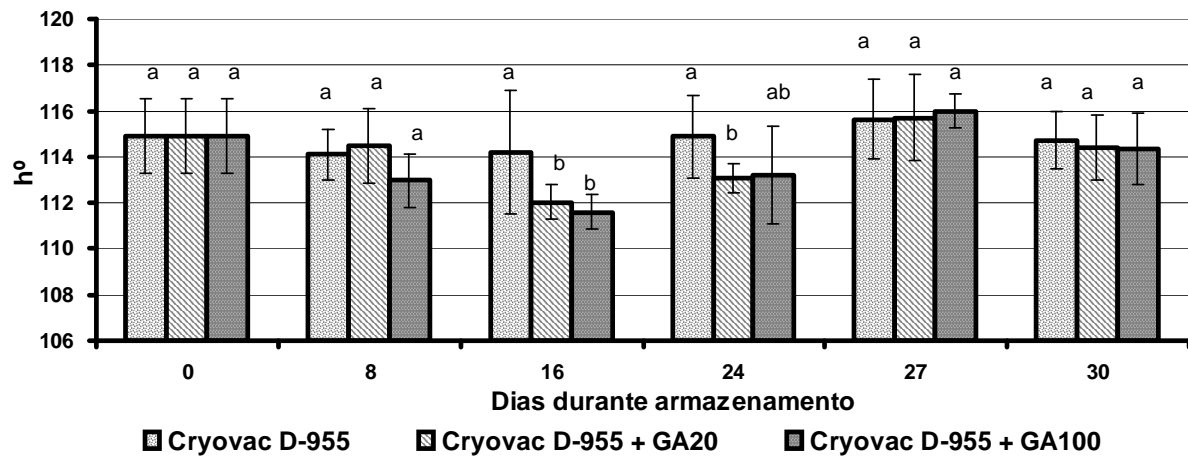


Figura 12 – Efeito das doses de 20 e 100 mg L<sup>-1</sup> de GA no ângulo de cor (h°) de limas ácidas ‘Tahiti’ acondicionadas nos filmes Cryovac D-955 durante 24 dias a 10 ± 1°C e 75 ± 5% de UR, mais 6 dias a 20 ± 1°C e 75 ± 5% de UR. Médias seguidas de distintas letras diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Barras verticais representam o desvio padrão da média

Os resultados de cromaticidade resultaram em diferença de coloração da casca entre os tratamentos ( $P < 0,05$ ). Neste caso, dentre os frutos acondicionados no filme Cryovac D-955, aqueles tratados com 100 mg L<sup>-1</sup> de GA resultaram em menor croma que os frutos sem GA ( $P < 0,05$ ; Tabela 9). As limas ‘Tahiti’ sem embalagem também tiveram conservação da cor verde da casca, durante o armazenamento, quando tratadas com GA, independente da dose, ficando com menor croma ( $P < 0,05$ ; Tabela 9). Com isso, o uso deste hormônio, mesmo na concentração de 20 mg L<sup>-1</sup>, mantém a cor verde da casca das limas, provavelmente, por interferir na degradação da clorofila pelo bloqueio da ação do etileno. O GA, ao bloquear a ação do etileno, interfere nas reações metabólicas dependentes deste hormônio e, portanto, pode retardar o processo de desverdecimento da casca de citros (LIEBERMAN, 1981). Respostas semelhantes foram obtidas por Tavares et al. (2004), quando usaram este biorregulador em limas ácidas, na concentração de 20 mg L<sup>-1</sup>. Houve conservação da cor verde após 40 dias de armazenamento a 9°C. Barros et al. (1991) também verificaram que limas ácidas ‘Tahiti’ tratadas com 40 mg L<sup>-1</sup> de GA mantiveram a cor verde da casca com 28 dias a mais que os frutos sem GA. O uso de apenas 10 mg L<sup>-1</sup> de GA nas limas ‘Tahiti’ também promoveu efeito no retardo da perda de cor da cascas, quando armazenadas a 10 ± 1°C (SPÓSITO et al., 2000; JOMORI et al., 2003).

Tabela 9 - Coloração da casca de limas ácidas 'Tahiti' (cromaticidade) durante 24 dias a  $10 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $75 \pm 5\%$  de UR e mais 6 dias a  $20 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $75 \pm 5\%$  de UR

GA (mg L <sup>-1</sup> )	Cromaticidade (C)		
	Cryovac D-955	Vegetal Pack	Sem Filme
0	30,92 b B	28,45 a A	30,20 b B
20	30,08 ab B	28,97 a A	29,05 a A B
100	29,50 a B	27,93 a A	28,50 a A B
CV (%)	5,49		

Médias seguidas de distintas letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro. CV = coeficiente de variação.

O teor de clorofila na casca foi mantido nos frutos acondicionados em filmes plásticos, reforçando os resultados da variável cromaticidade. As limas 'Tahiti' com os filmes Cryovac D-955 e tratadas com 20 mg L<sup>-1</sup> de GA ficaram com maior teor de clorofila que aquelas sem embalagem ( $P < 0,05$ ), porém não diferiram daquelas com o filme Vegetal Pack, com a mesma dose de GA ( $P > 0,05$ ; Tabela 10). Os frutos acondicionados no filme Cryovac D-955 resultaram em 18,27 mg g<sup>-1</sup> de clorofila enquanto os frutos sem filme e sem GA (controle) resultaram em 14,63 mg g<sup>-1</sup> após 24 dias sob refrigeração, mais 6 dias em condição ambiente. Como não existem estudos que comprovem, através dos teores de clorofila da casca, que o uso da atmosfera modificada pode diminuir a degradação deste composto em lima ácida 'Tahiti, trabalhos com outras frutas, como pitangas acondicionadas em filmes PVC, podem comprovar a retenção dos teores de clorofila total, independente do estágio de maturação (SANTOS et al., 2006). Desta forma, a modificação da atmosfera pode também retardar a degradação da clorofila para as limas ácidas, ou seja, o aumento dos níveis de CO<sub>2</sub> e a redução dos de O<sub>2</sub> podem afetar a biossíntese e a ação do etileno pelo retardo da atividade respiratória.

Limas ácidas sem filme plástico tratadas com GA, independente das doses, apesar de resultarem em teores, numericamente, maiores que os frutos sem GA, não diferiram dos frutos do controle ( $P > 0,05$ ; Tabela 10). Biasi e Zanette (2000) não observaram o mesmo quando trataram limas 'Tahiti' com 100, 200 e 400 mg L<sup>-1</sup> de GA. Eles obtiveram redução de 33% de degradação da clorofila total da casca de limas ácidas, enquanto que as limas sem GA perderam cerca de 60% aos 30 dias de



armazenamento a 7°C. Ao longo do armazenamento foi observado perda de clorofila para todos os tratamentos (Figura 13).

Tabela 10 – Teor de clorofila total na casca de limas ácidas ‘Tahiti’ após armazenamento a  $10 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $75 \pm 5\%$  de UR por 24 dias, mais 6 dias a  $20 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $75 \pm 5\%$  de UR

GA ( $\text{mg L}^{-1}$ )	Clorofila Total ( $\text{mg g}^{-1}$ )		
	Cryovac D-955	Vegetal Pack	Sem Filme
0	15,63 a A	16,45 ab A	14,63 a A
20	18,30 b A	17,75 b A	16,38 a A
100	17,33 ab A	15,41 a A	15,52 a A
<b>CV (%)</b>	<b>18,63</b>		

Médias seguidas de distintas letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro. CV = coeficiente de variação

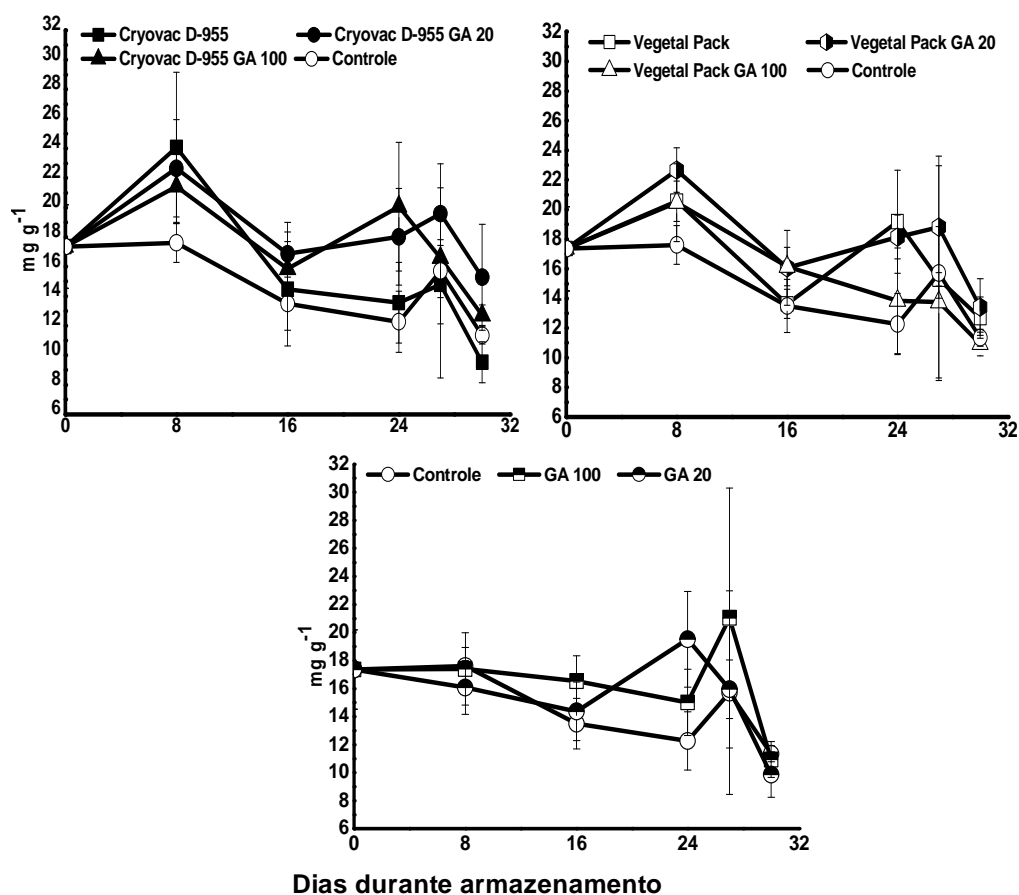


Figura 13 – Teor de clorofila total na casca de limas ácidas ‘Tahiti’ armazenadas por 24 dias a  $10 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $75 \pm 5\%$  de UR, mais 6 dias a  $20 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $75 \pm 5\%$  de UR. Barras verticais representam o desvio padrão da média

### Acidez titulável, ácido ascórbico e sólidos solúveis

Após 30 dias de armazenamento as limas ácidas sofreram ligeira perda dos teores de ácido ascórbico. Dentre os tratamentos, o filme Cryovac D-955 sem GA foi o que melhor conservou os níveis de vitamina C em relação ao dia 0, mas não diferiu das frutas do controle ( $P < 0,05$ ; Figura 14). Este comportamento é verificado na maioria dos frutos durante o período de pós-colheita, já que o ácido ascórbico sofre oxidação pelas enzimas ácido ascórbico oxidase e peroxidase (CHITARRA; CHITARRA, 2005)

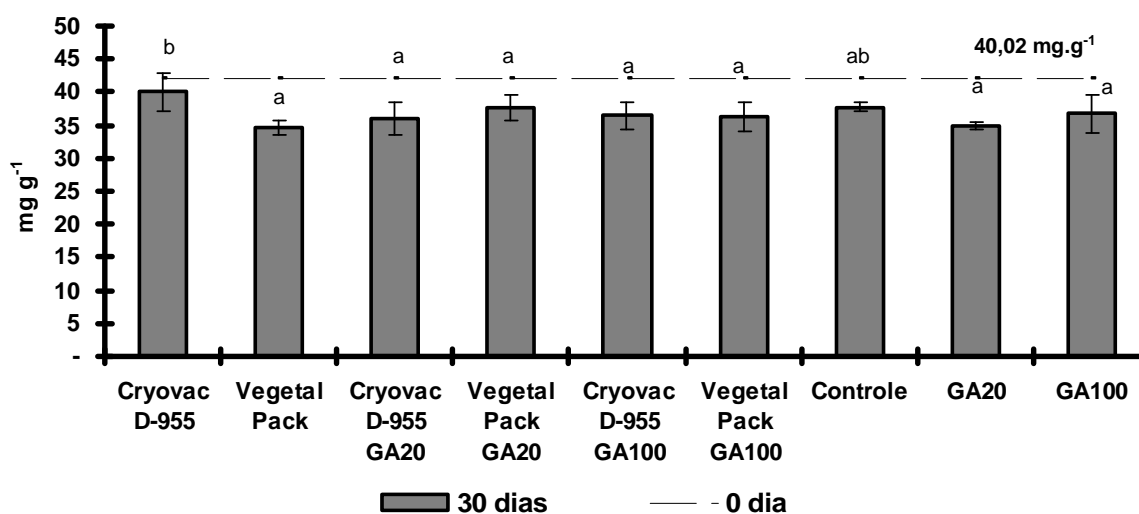


Figura 14 – Teor de ácido ascórbico no suco de limas ácidas ‘Tahiti’ após 24 dias a  $10 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $75 \pm 5\%$  de UR, mais 6 dias a  $20 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $75 \pm 5\%$  de UR. Médias seguidas de distintas letras diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro. Barras verticais representam o desvio padrão da média

A porcentagem de ácido cítrico nos frutos aumentou ao longo do armazenamento devido, provavelmente, à formação de ácidos orgânicos pelo ciclo de Krebs, em decorrência das transformações bioquímicas relacionadas com a atividade respiratória dos frutos. Esta variação foi baixa, em torno de 1% de ácido cítrico (Figura 15). O teor dos ácidos orgânicos não variou entre os frutos tratados e não tratados ( $P > 0,05$ ), reforçando que o uso de filmes e de GA não interfere no teor desses ácidos dos frutos.

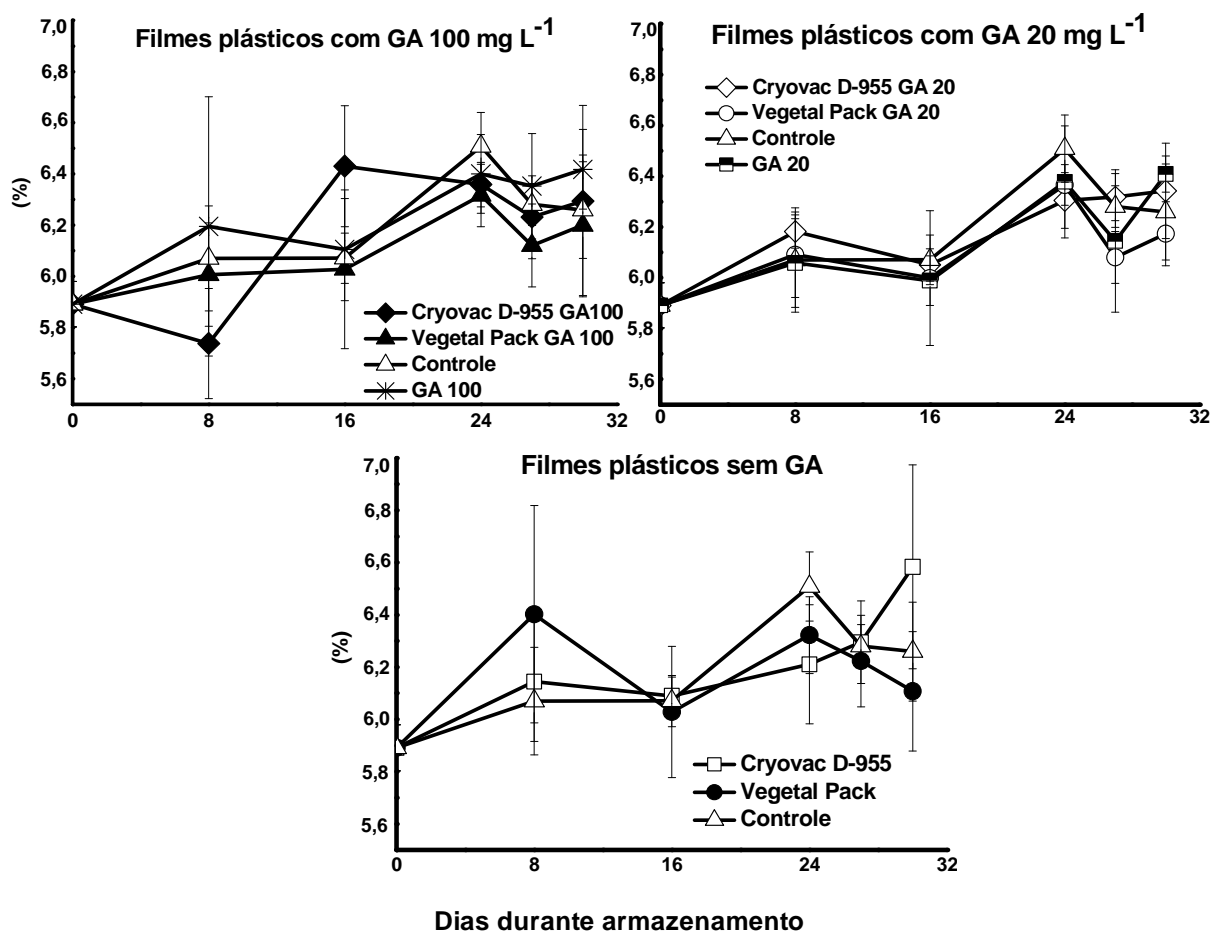


Figura 15 - Teor de ácido cítrico (%) no suco das limas ácidas 'Tahiti' após 24 dias a  $10 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $75 \pm 5\%$  de UR, mais 6 dias a  $20 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $75 \pm 5\%$  de UR. Barras verticais representam o desvio padrão da média

O teor de sólidos solúveis também foi mantido ao longo do armazenamento, não havendo diferença entre os tratamentos ( $P > 0,05$ ; Figura 16). Jomori et al. (2003) também observaram que não houve interferência do uso de  $10 \text{ mg L}^{-1}$  de GA e  $1 \text{ mg L}^{-1}$  de 1-MCP nos teores de ácido ascórbico, acidez total e teores de sólidos solúveis de limas ácidas 'Tahiti' após 60 dias de armazenamento a  $9^\circ\text{C}$  e mais 3 dias a  $20^\circ\text{C}$ .

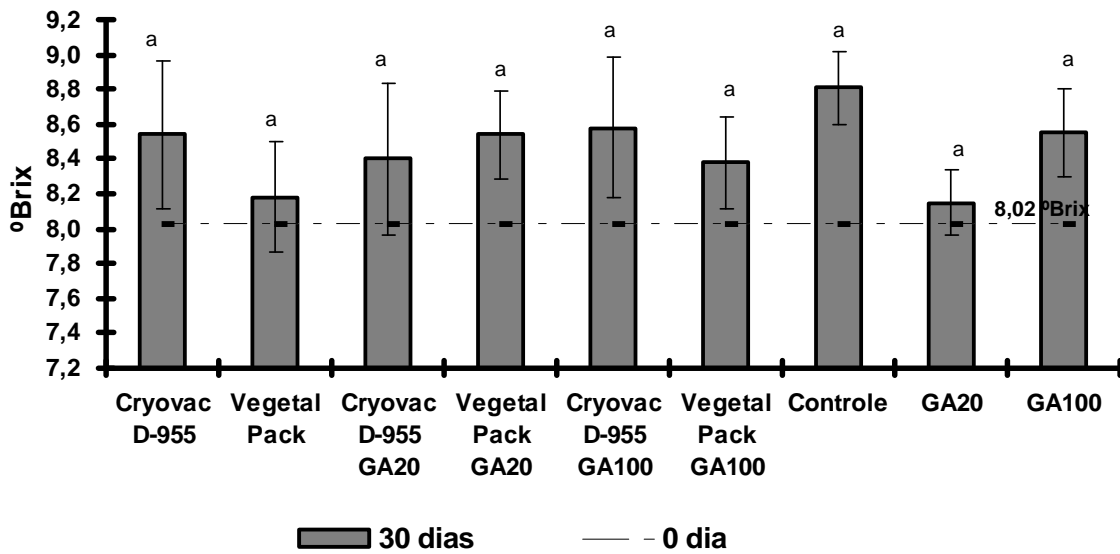


Figura 16 – Teor de sólidos solúveis no suco de limas ácidas ‘Tahiti’ após 24 dias a  $10 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $75 \pm 5\%$  mais 6 dias a  $20 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $75 \pm 5\%$ . Médias seguidas de distintas letras diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro. Barras verticais representam o desvio padrão da média

### Perda de massa

A maioria dos tratamentos com filmes plásticos reduziu a perda de massa dos frutos. As limas ‘Tahiti’ acondicionadas nos filmes plásticos Cryovac D-955 com  $100 \text{ mg L}^{-1}$  de GA e Vegetal Pack, com 100 e  $20 \text{ mg L}^{-1}$  promoveram menor perda de água nos frutos quando comparados com os outros tratamentos ( $P < 0,05$ ; Figura 17). A perda foi em torno de 3% para os frutos com filme plástico, independente das doses de GA, e em torno de 7% para aqueles sem embalagem (Figura 17). Isso demonstra, mais uma vez, que o uso de filmes plásticos, em associação com a aplicação de cera, permite maior conservação da massa fresca de limas ácidas do que quando estão apenas enceradas. Limões sem embalagens perderam cerca de 10 vezes mais massa fresca que aqueles embalados individualmente quando armazenados a  $13^\circ\text{C}$  por 5 meses (COHEN et al., 1990). Além disso, demonstra que o uso de GA, combinado com os filmes plásticos, proporciona menor perda de água pelos frutos, provavelmente, devido à menor atividade respiratória que este biorregulador promove no metabolismo dos frutos (LIEBERMAN, 1981).

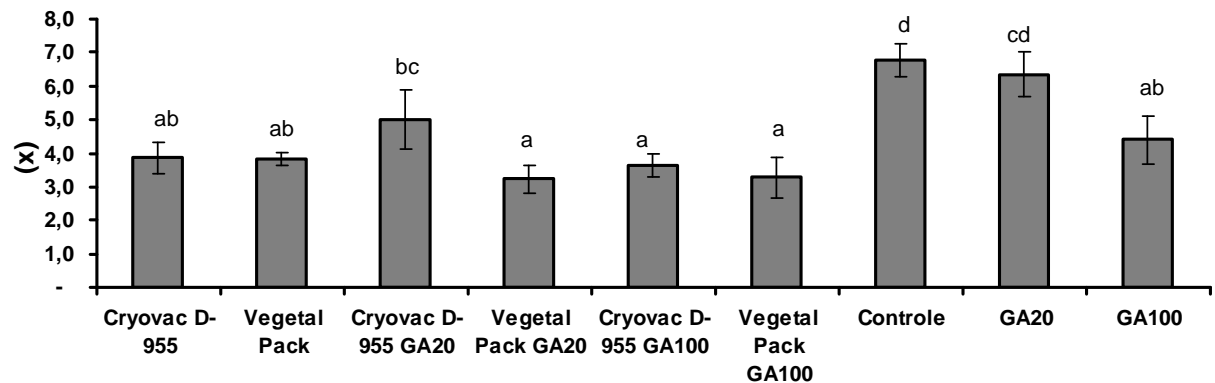


Figura 17 – Perda de massa de limas ácidas ‘Tahiti’ após 24 dias a  $10 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $75 \pm 5\%$  de UR mais 6 dias a  $20 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $75 \pm 5\%$  de UR. Médias seguidas de distintas letras diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro. Barras verticais representam o desvio padrão da média

### Teores de acetaldeído e de etanol

As limas ‘Tahiti’ acondicionadas em filmes plásticos apresentaram maiores teores de acetaldeído e etanol que os frutos sem embalagem, independente das doses de GA ( $P < 0,05$ ; Figura 18). Isso se deve à modificação da atmosfera no interior das embalagens. O filme Cryovac D-955 resultou em menores teores de acetaldeído e etanol que o filme Vegetal Pack ( $P < 0,05$ ; Figura 18), justificado pelos maiores teores de  $\text{O}_2$  acumulados no interior das embalagens ao longo do armazenamento. Os frutos tratados com GA, sem filme, resultaram em teores iguais de acetaldeído dos frutos do controle ( $P > 0,05$ ). Como esses frutos não sofreram modificação da atmosfera, os teores formados foram baixos e menores que nos frutos acondicionados nas embalagens.

Cohen et al. (1990) usando embalagens individuais de polietileno em limas ácidas ‘Tahiti’ verificaram teores de acetaldeído e etanol semelhantes aos formados pelos frutos sem embalagens após 3 meses de armazenamento a  $13^\circ\text{C}$  e aumento do nível de etanol após 4 meses para os frutos sem embalagem. Isso retrata que o aumento destes compostos em citros é normal na pós-colheita, pois reflete sua qualidade intrínseca e, ainda que este comportamento ocorre, especialmente, em frutos armazenados por um certo tempo, com ceras e atmosfera modificada (BEN-YEHOSHUA, 1985).

Independente do GA, a redução dos níveis de  $\text{O}_2$  e o aumento dos de  $\text{CO}_2$  no interior destas embalagens pode ter desencadeado o processo de respiração

anaeróbica. No entanto, não foi evidenciada nenhuma alteração de sabor, de aroma e nem de cor da polpa dos frutos. A aplicação de ceras à base de carnaúba ou polietileno nos citros também pode promover formação destes compostos voláteis, uma vez que também modifica a atmosfera interna. Jomori et al. (2003) verificaram produção de elevados teores de acetaldeído e etanol, devido à drástica modificação da atmosfera interna dos frutos, provocada pela aplicação de cera em limas ácidas 'Tahiti' armazenadas à 10°C por 30 dias. Neste caso houve alteração de aroma e de sabor.

Os frutos tratados com 100 mg L<sup>-1</sup> de GA, sem filme plástico, resultaram em menores teores de etanol que os demais tratamentos, inclusive do controle (P<0,05; Tabela 11). Este resultado se deve, provavelmente, à resposta do bloqueio da ação do etileno pelo GA. O etileno é responsável pela indução de diversas transformações bioquímicas nos frutos, uma delas é a formação de compostos de aroma dos frutos, como o acetaldeído e etanol (EDAGI; KLUGE; 2009).

Não houve interferência das doses de GA na produção de acetaldeído e etanol dos frutos acondicionados nas embalagens, porém houve diferença entre os frutos sem embalagem (P<0,05; Tabela 11).

Tabela 11 – Influência das doses de GA (20 e 100 mg L<sup>-1</sup>) nos teores de acetaldeído e de etanol no suco de limas ácidas 'Tahiti' acondicionadas ou não nos filmes plásticos após 24 dias a 10 ± 1°C e 75 ± 5% de UR, mais 6 dias a 20 ± 1°C e 75 ± 5% de UR

Acetaldeído (mg 100g <sup>-1</sup> )			
GA (mg L <sup>-1</sup> )	Filme Plástico		
	Cryovac D-955	Vegetal Pack	Sem filme
0	0,98 a A	1,35 a B	0,80 a A
20	1,08 a B	1,39 a C	0,87 a A
100	0,95 a A	1,24 a B	0,95 a A
CV (%)	25,76		
Etanol (mg 100g <sup>-1</sup> )			
GA (mg L <sup>-1</sup> )	Filme Plástico		
	Cryovac D-955	Vegetal Pack	Sem filme
0	22,51 a A	56,46 a C	38,01 b B
20	47,73 b B	57,97 a C	35,96 b A
100	45,88 b B	60,46 a C	19,42 a A
CV (%)	20,21		

Médias seguidas de distintas letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro. CV = coeficiente de variação.

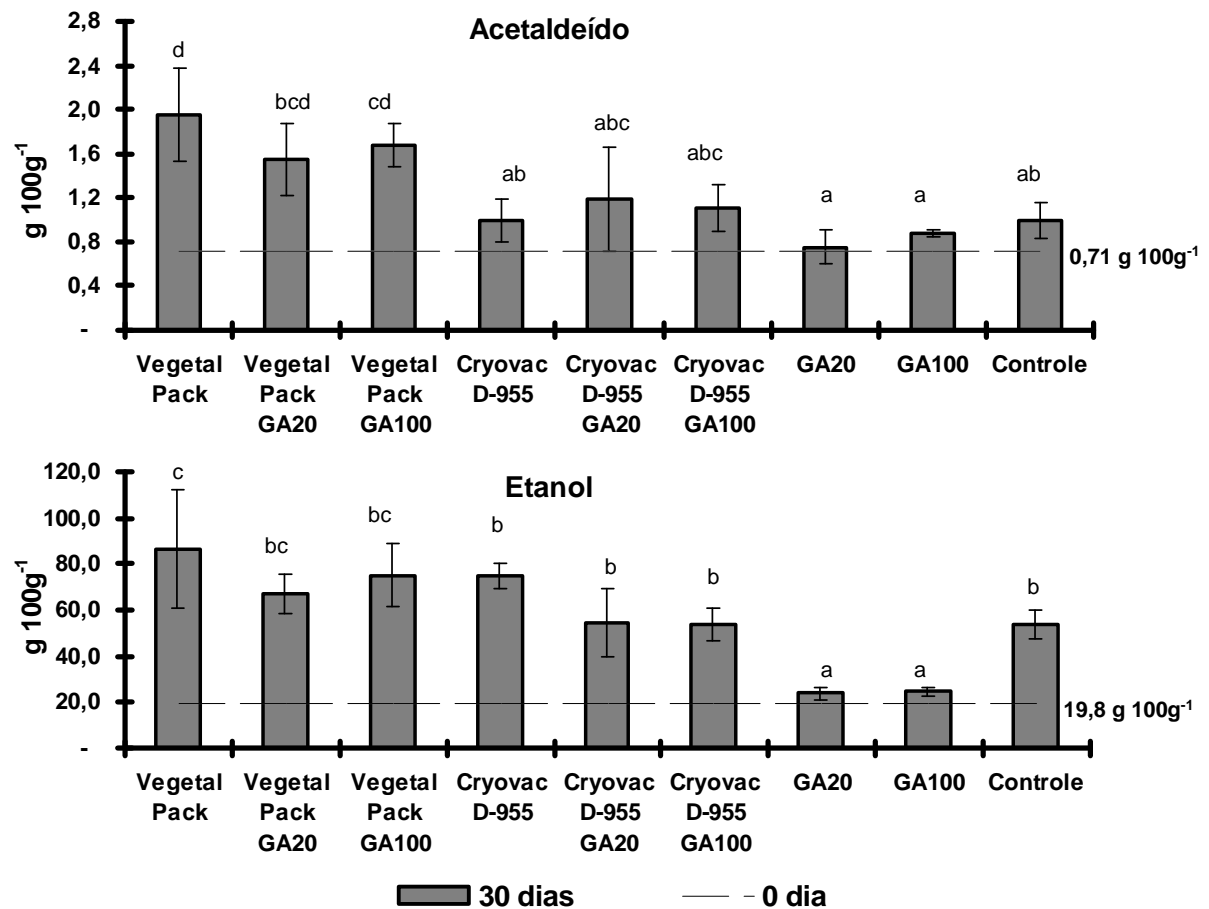


Figura 18 - Teor de acetaldeído e de etanol no suco de limas ácidas 'Tahiti' após 24 dias a  $10 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $75 \pm 5\%$  UR mais 6 dias a  $20 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $75 \pm 5\%$  UR. Médias seguidas de distintas letras diferem entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro. Barras verticais representam o desvio padrão da média

O filme plástico Cryovac D-955 foi selecionado como o melhor para conservação da lima ácida 'Tahiti'. Apesar de não diferir dos resultados obtidos pelo filme Vegetal Pack ( $P < 0,05$ ) em relação à coloração da casca, aos teores de clorofila e de compostos químicos, este filme, por ser termoencolhível, favorece o sistema de embalagem na casa de beneficiamento de limas ácidas e tem uma aparência melhor para o consumidor. Além disso, este tratamento resultou em frutos com menores teores de acetaldeído e etanol no suco, não diferindo dos frutos sem filme plástico ( $P < 0,05$ ).

Os frutos tratados com  $20 \text{ mg L}^{-1}$  de GA não diferiram, quanto à coloração da casca, teores de clorofila e compostos químicos daqueles com  $100 \text{ mg L}^{-1}$  de GA ( $P > 0,05$ ). Desta forma, a menor dose foi selecionada para fazer parte dos tratamentos

do terceiro experimento. Isso, ainda, pode possibilitar maior economia para as casas de embalagem que beneficiam limas ácidas para o mercado externo.

#### **4.3 Terceiro Experimento: efeito do permanganato de potássio isolado e combinado com ácido giberélico e filme plástico na conservação de lima ácida 'Tahiti'**

Neste experimento, o efeito de saches a base de permanganato de potássio foi avaliado isolado e em combinação com o filme Cryovac D-955 e com o ácido giberélico ( $20 \text{ mg L}^{-1}$ ). A seleção da melhor tecnologia ou da melhor combinação de tecnologias para conservação de limas ácidas foi baseada na manutenção, por mais tempo, da cor verde dos frutos e das características físico-químicas.

Nesta etapa foi incluída uma avaliação visual da coloração da casca baseada em escala de nota de 1 a 5, onde 1 corresponde a frutos com casca verde-oliva brilhante e 5 frutos amarelos (Figura 2) (Ver item 3.4 Metodologia das análises). Esta avaliação foi incluída com o objetivo de tornar a análise de cor da casca mais representativa, pois observou-se que diferenças visuais nem sempre foram detectadas na avaliação com o colorímetro e/ou teor de clorofila da casca.

#### **Teores de $\text{O}_2$ e $\text{CO}_2$**

Os níveis de  $\text{O}_2$  e  $\text{CO}_2$ , no interior das embalagens, ao longo do armazenamento, foram semelhantes aos encontrados no segundo experimento, para este mesmo filme (Cryovac D-955), entre 14 e 16% de  $\text{O}_2$  e entre 6 e 8% de  $\text{CO}_2$  (Figura 19). As embalagens com saches absorvedores de etileno resultaram em modificação da atmosfera, numericamente, maior que a encontrada no interior das embalagens sem saches. Os níveis de  $\text{O}_2$  foram entre 16 e 18% e de  $\text{CO}_2$ , entre 4 e 6%. Isso ocorreu, provavelmente, devido à influência dos saches na diminuição da concentração de etileno no interior das embalagens e, por consequência, na redução da atividade respiratória destes frutos, que provocou menor consumo de  $\text{O}_2$  e menor produção de  $\text{CO}_2$ . Porém, esta composição gasosa não diferiu estatisticamente das demais



embalagens ( $P>0,05$ ; Figura 19). Campos et al. (2007) também verificaram que o uso de sachês absorvedores de etileno em nêspersas não promoveu redução significativa dos teores de  $\text{CO}_2$  quando acondicionadas em filmes PVC. Apenas a baixa temperatura ( $6^\circ\text{C}$ ) resultou em menores teores de  $\text{CO}_2$ , independente do uso de sachê.

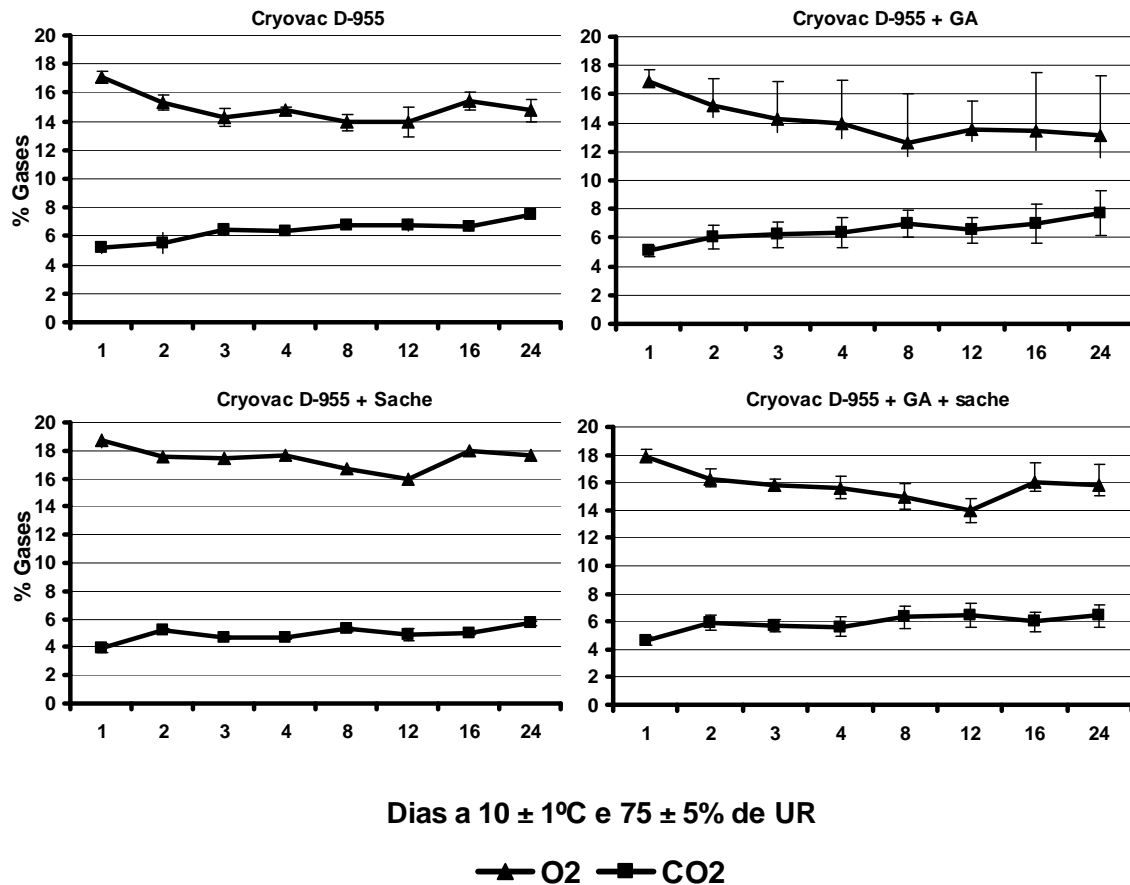


Figura 19 – Composição atmosférica no interior das embalagens com limas ácidas 'Tahiti'. Barras verticais representam o desvio padrão da média

Na figura 18 é possível observar que a composição gasosa formada nos tratamentos com filme plástico Cryovac D-955 não sofreu influência do tratamento com GA, assim como no segundo experimento, e nem do uso de sachês absorvedores de etileno, já que os níveis de  $\text{O}_2$  e  $\text{CO}_2$  foram iguais para os tratamentos a partir do 3º dia de armazenamento ( $P>0,05$ ).

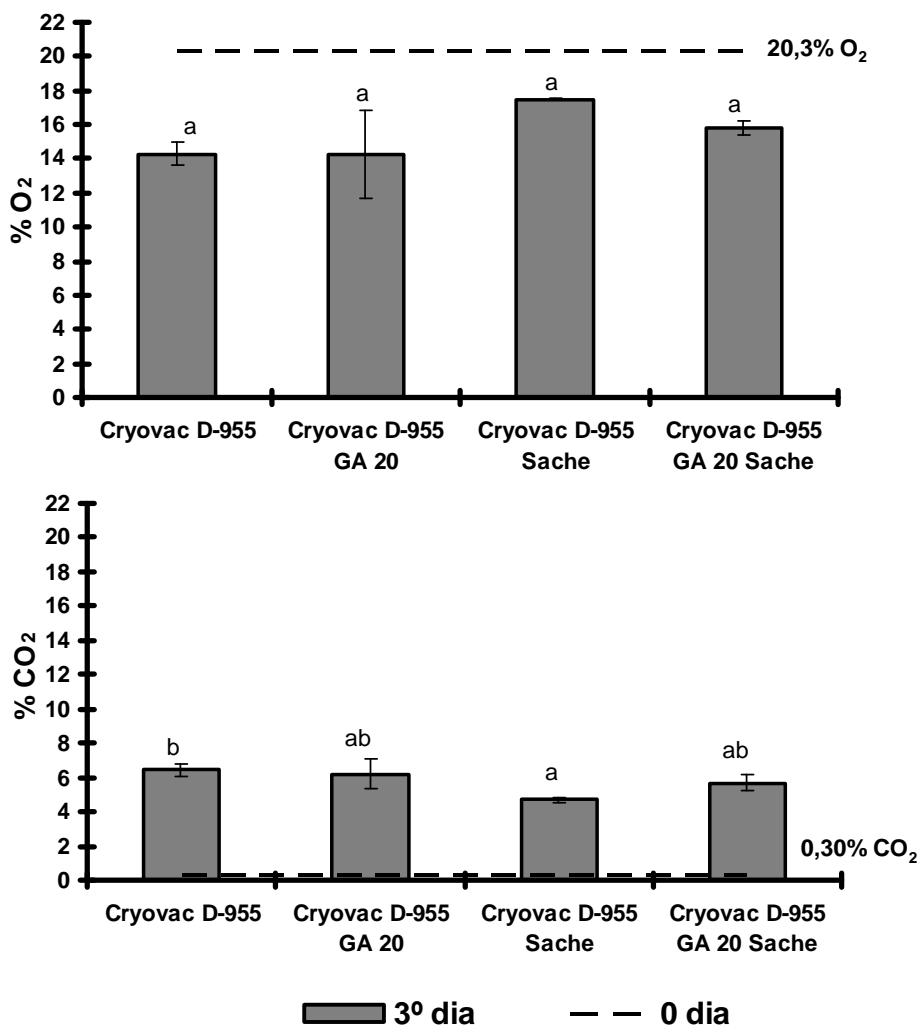


Figura 20 – Teores de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> no interior das embalagens com 4,5 kg de limas ácidas ‘Tahiti’ após 3 dias de armazenamento a 10 ± 1°C e 75 ± 5% de UR. Médias seguidas de distintas letras diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro. Barras verticais representam o desvio padrão da média

### Teores de Etileno

Os teores de etileno no interior das embalagens com limas ácidas foram menores naquelas com saches absorvedores de etileno, independente do tratamento com GA (20 mg L<sup>-1</sup>) (P<0,05). Esta diferença foi evidenciada já no segundo dia de armazenamento a 10 ± 1°C e 75 ± 5% de UR, confirmando a eficiência destes saches no controle da concentração de etileno no ambiente (Figura 21). Houve acréscimo do teor de etileno no interior das embalagens sem saches no 24º dia de armazenamento, chegando a acumular cerca de 1 ppm. Este maior acúmulo pode ser explicado pela

presença de alguns frutos com podridões, conseqüência da ausência de controle de etileno pelos saches.

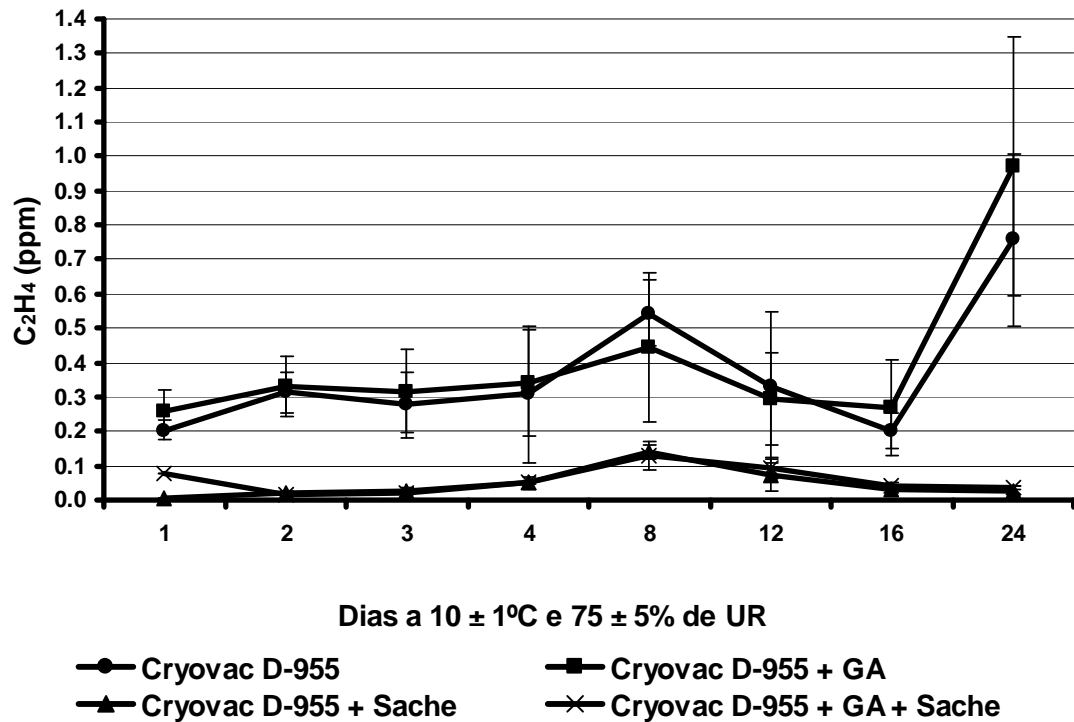


Figura 21 – Teor de etileno no interior das embalagens Cryovac D-955 com 4,5 kg de limas ácidas 'Tahiti', em combinação com GA (20 mg L<sup>-1</sup>) e saches absorvedores de etileno. Barras verticais representam o desvio padrão da média

Ao longo do armazenamento, os teores de etileno no interior das embalagens com sache e com GA mais sache não diferiram entre si ( $P > 0,05$ ; Tabela 12). Já os tratamentos sem sache resultaram em leve aumento do teor de etileno, principalmente após o 24º dia de armazenamento. Isso demonstra que os saches além de diminuir os teores de etileno no interior das embalagens, os mantêm em baixos níveis até o final do armazenamento. Ferri e Rombaldi (2004) também detectaram redução de quase 100% dos níveis de etileno no interior de embalagens PEBD 80  $\mu\text{m}$  com caquis após 30 dias armazenados a  $0 \pm 0,5^\circ\text{C}$  com absorvedores de etileno. Em nêsperas, o uso de saches absorvedores de etileno combinados com o filme PVC resultaram em redução de 92 e 99% de etileno a 18 e  $6^\circ\text{C}$ , respectivamente, logo após 12 horas de armazenamento (CAMPOS et al., 2007). No entanto, em pêssegos 'Chimarrita', armazenados em atmosfera controlada com absorvedores de etileno, o único efeito

positivo em relação aos frutos controle foi a menor incidência de doenças (BRACKMANN et al., 2003). Dentre os tratamentos sem saches não houve diferença nos níveis de etileno no interior das embalagens ( $P < 0,05$ ), destacando novamente que o tratamento com GA não interfere na mudança da atmosfera no interior das embalagens com limas ácidas.

Tabela 12 – Teor de etileno no interior das embalagens com 4,5 kg de limas ácidas ‘Tahiti’, em combinação com GA ( $20 \text{ mg L}^{-1}$ ) e saches absorvedores de etileno, ao longo do armazenamento a  $10 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $75 \pm 5\%$  de UR

Dia	Cryovac D-955 Sache	Cryovac D-955 GA Sache	Cryovac D-955	Cryovac D-955 GA
1	0,006 a A	0,078 a AB	0,204 a AB	0,259 a B
2	0,013 a A	0,019 a A	0,313 ab B	0,330 a B
3	0,028 a A	0,023 a A	0,277 a B	0,317 a B
4	0,049 a A	0,051 a A	0,307 ab B	0,340 a B
8	0,142 a A	0,129 a A	0,544 ab B	0,445 a B
12	0,071 a A	0,094 a AB	0,329 ab C	0,294 a BC
16	0,032 a A	0,042 a A	0,202 a AB	0,268 a B
24	0,023 a A	0,036 a A	0,759 c B	0,971 b B
CV (%)	53,22			

Médias seguidas de distintas letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.

### **Análises físico-químicas**

#### **Coloração e teores de clorofila da casca**

Nesta etapa, mais uma vez foi comprovado o efeito positivo da atmosfera modificada na conservação da cor verde da casca de limas ácidas quando embaladas com o filme plástico Cryovac D-955. Os frutos resultaram em maiores valores de ângulo de cor ( $h^\circ$ ), menores de luminosidade (L) e menores de croma em relação ao controle a partir do 16º dia de armazenamento a  $10 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $75 \pm 5\%$  de UR (Tabela 13).

Tabela 13 – Coloração da casca de limas ácidas ‘Tahiti’ (ângulo de cor, luminosidade e croma) após 24 dias a  $10 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $75 \pm 5\%$  de UR mais 6 dias a  $20 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $75 \pm 5\%$  de UR

Filme plástico	Ângulo de cor ( $h^\circ$ )	Luminosidade ( L )	Cromaticidade ( C )
<b>Cryovac D-955</b>	114,21 b	49,62 a	28,42 a
<b>Sem filme</b>	113,22 a	51,02 b	29,02 b
<b>CV (%)</b>	<b>0,90</b>	<b>3,22</b>	<b>7,11</b>

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. CV = coeficiente de variação

Ao longo de todo armazenamento (24 dias sob refrigeração mais 6 dias em condição ambiente) foi possível observar a perda da cor verde da casca de todos os tratamentos, pelo aumento da luminosidade (Figura 22). Este resultado demonstra que há ação do etileno na perda da cor verde da casca das limas ácidas, mas que o uso de filmes plásticos consegue manter por mais tempo a cor verde inicial. A modificação da atmosfera pelo filme Cryovac D-955 pode permitir que haja uma redução da atividade respiratória destes frutos e, por conseqüência, menor produção do etileno. Além disso, os níveis de  $\text{CO}_2$  acumulados podem impedir a ação do etileno, por ocupar os mesmos sítios ativos deste hormônio, resultando em retardo da ação das enzimas clorofilases (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

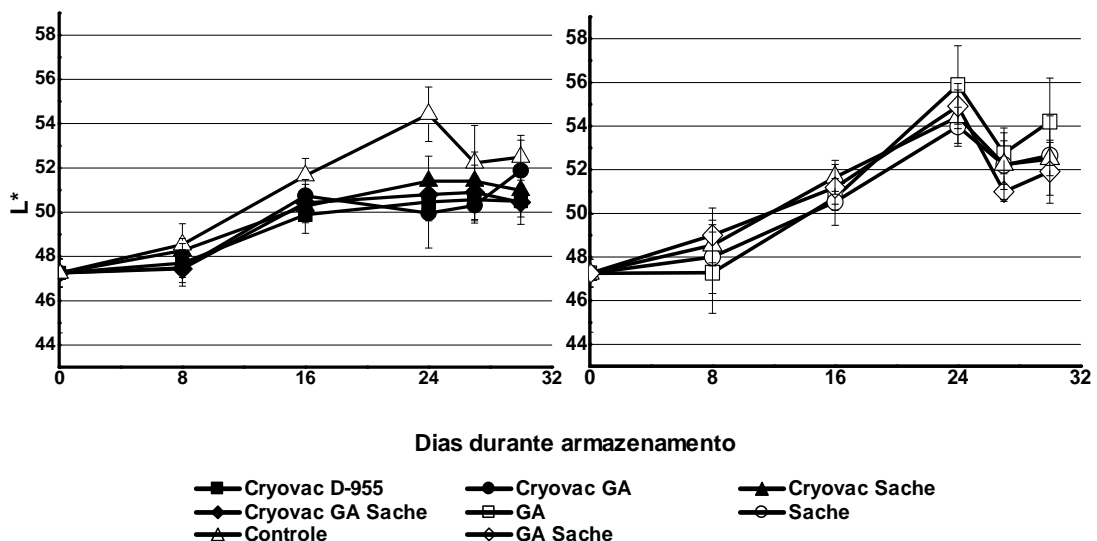


Figura 22 – Coloração da casca (luminosidade) de limas ácidas ‘Tahiti’ durante 24 dias a  $10 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $75 \pm 5\%$  de UR, mais 6 dias a  $20 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $75 \pm 5\%$  de UR. Barras verticais representam o desvio padrão da média

Limas ácidas tratados com GA ( $20 \text{ mg L}^{-1}$ ), sem filme plástico, não diferiram, em relação à coloração da casca, dos frutos não tratados ( $P>0,05$ ). Os valores de luminosidade destas limas, após o período de armazenamento, foram iguais aos encontrados naquelas sem GA ( $P>0,05$ ; Tabela 14). Já o ângulo de cor dos frutos com GA embalados foi menor que os frutos embalados sem GA ( $P<0,05$ ), provavelmente devido à interferência da própria qualidade dos frutos deste tratamento (Tabela 14). Este resultado de ângulo de cor foi semelhante ao encontrado no segundo experimento. Os valores de croma foram utilizados como mais uma variável representativa da cor dos frutos neste 3º experimento. Porém, diferente do que foi observado no experimento 2, não houve diferença entre os frutos tratados com GA e aqueles sem tratamento, independente do uso do filme plástico ( $P>0,05$ ; Tabela 14). Este hormônio também não interferiu nos resultados de luminosidade, ângulo de cor e cromaticidade obtidos para os frutos com filme Cryovac D-955 mais saches ( $P>0,05$ ; Tabela 14). A ausência de efeito do GA na conservação da cor verde da casca de limas ácidas também foi observada por Jomori et al. (2003), após 60 dias de armazenamento a  $10^\circ\text{C}$ , quando os frutos foram tratados com  $10 \text{ mg L}^{-1}$  de GA. O resultado só foi positivo associado com cera e 1-MCP. No entanto, num outro trabalho do primeiro autor, em 2006, e de outros autores, como Spósito et al. (2000) e Tavares et al. (2004), foi verificado efeito positivo do uso de GA na conservação da cor verde de limas 'Tahiti', mesmo em doses pequenas ( $20 \text{ mg L}^{-1}$ ). Além disso, deve-se considerar que, no experimento 2 deste trabalho, as duas doses de GA, 20 e  $100 \text{ mg L}^{-1}$ , conservaram a cor verde das limas ácidas por mais tempo que daquelas limas sem GA ( $P<0,05$ ). Este resultado foi observado pelos valores de luminosidade e cromaticidade das limas.

Uma possível explicação para esses resultados contraditórios entre os 2º e 3º experimentos pode ser a qualidade dos frutos colhidos na época do 3º experimento. Estes frutos foram colhidos no final da safra (Julho – Agosto) e, provavelmente, foram fornecidos por diferentes produtores, o que implica em mudanças na adubação, irrigação, entre outros, que influem diretamente na qualidade pós-colheita dos frutos. Isso pode ter resultado em frutos com estágio mais avançado, ou seja, maior diâmetro, com casca mais fina e coloração verde menos intensa. A coloração dos frutos na caracterização do 3º experimento foi de  $h^\circ = 114,40^\circ$ ,  $L = 47,25$  de luminosidade e  $C =$

27,52, enquanto que no 2º experimento os frutos estavam com 114,91º, 46,02 e 31,73 para ângulo de cor, luminosidade e cromaticidade, respectivamente. Apesar dos valores de coloração obtidos pelo colorímetro terem pequena diferença, de um experimento para outro, visualmente as limas ácidas do 3º experimento estavam menos verde e, ainda, com maior diâmetro que os do 2º experimento. Esta pequena diferença pode ter interferido na ação do GA nas limas desta última etapa. É provável que o GA tenha sido aplicado quando os frutos já estavam num estágio de maturação avançado, momento que o GA não tem mais efeito no retardo do amadurecimento e senescência dos frutos. Segundo Dilley (1969), a biossíntese e a ação do etileno se iniciam quando o nível de ácido abscísico é igual ao nível de giberelinas no interior dos frutos. Desta forma, num estágio mais avançado de maturação, essas mudanças já foram iniciadas e, portanto, o aumento do nível de GA no metabolismo dos frutos não tem capacidade de interferir neste processo. Castro et al. (2001) destacam que o GA consegue atrasar a degradação da clorofila apenas quando aplicado antes do fruto iniciar seus processos degradativos, desta forma, caso os frutos já estivessem em estágio avançado de maturação, o efeito deste hormônio não poderia ser significativo.

O uso dos saches absorvedores de etileno, apesar de promoverem um menor acúmulo de etileno no interior das embalagens durante 24 dias sob refrigeração, de acordo com os dados da Tabela 14, de luminosidade, ângulo de cor e cromaticidade, não resultaram em maior conservação da coloração verde da casca das limas ácidas ( $P > 0,05$ ). No entanto, considerando a variável cromaticidade, houve influência positiva do uso dos saches na conservação da coloração verde dos frutos tratados com GA (20 mg L<sup>-1</sup>) sem filme plástico e naqueles com o filme Cryovac D-955 e sem GA. Para estes tratamentos os valores de croma foram menores que nos frutos sem saches ( $P < 0,05$ ; Tabela 14). Como os resultados obtidos pelas variáveis ângulo de cor e luminosidade não representaram conservação da cor verde pelo uso dos saches, não é possível afirmar que existe interferência do sache absorvedor de etileno na mudança de cor das limas 'Tahiti' apenas com o resultado de cromaticidade. O efeito positivo na conservação da cor verde de limas 'Tahiti' foi observado por Silva et al. (2006) ao armazenarem estes frutos com filme PEBD e saches absorvedores de etileno. A combinação destas duas técnicas, neste estudo, foram capazes de conservar a cor

verde e o frescor dos frutos por mais tempo que os frutos controle. Steffens e Brackmann (2006) também observaram que a concentração de 0,1 ppm já é suficiente para desencadear o amarelecimento da casca de limas ácidas armazenadas a 10°C. Desta forma, as limas acondicionadas no filme Cryovac D-955, sem absorvedor de etileno, deveriam resultar em frutos com maior perda de cor verde daqueles com os saches, já que as concentrações de etileno, encontradas no interior das embalagens sem absorvedores de etileno, variaram de 0,2 a 0,5 ppm. No entanto, esse não foi o resultado obtido para todas as variáveis e sim, apenas para a cromaticidade. Novamente, um dos motivos da ineficiência dos absorvedores de etileno, neste experimento, pode ter sido a mudança da qualidade dos frutos da 2<sup>o</sup> para a 3<sup>o</sup> etapa. Porém, é importante ressaltar que existem diversos estudos com uso de etileno no ambiente para induzir o desverdecimento de citros, como laranjas doces e limão 'Siciliano', que relatam a necessidade de concentrações acima de 1 ppm para promover a perda da cor verde da casca destes frutos (NASCIMENTO et al., 2006; JACOMINO et al., 2003). Com isso, há necessidade de novos estudos com lima ácida 'Tahiti' em relação aos efeitos de diferentes concentrações de etileno na perda de cor verde da casca em diferentes épocas de colheita.



Tabela 14 – Efeito do GA e do absorvedor de etileno (sache) na coloração de limas ácidas ‘Tahiti’ com ou sem filme Cryovac D-955 armazenadas por 24 dias a  $10 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $75 \pm 5\%$  de UR mais 6 dias a  $20 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $75 \pm 5\%$  de UR

<b>Angulo de cor ( h° )</b>				
<b>Sache</b>	<b>Com filme plástico</b>		<b>Sem filme plástico</b>	
	<b>sem GA</b>	<b>com GA</b>	<b>sem GA</b>	<b>com GA</b>
<b>sem sache</b>	114,39 a B	114,13 a B	113,26 a A	113,19 a A
<b>com sache</b>	114,57 a C	113,75 a B	113,57 a B	112,85 a A
<b>CV (%)</b>	<b>1,03</b>			
<b>Luminosidade ( L )</b>				
<b>Sache</b>	<b>Com filme plástico</b>		<b>Sem filme plástico</b>	
	<b>sem GA</b>	<b>com GA</b>	<b>sem GA</b>	<b>com GA</b>
<b>sem sache</b>	49,93 a A	49,54 a A	50,77 a B	50,87 a B
<b>com sache</b>	49,39 a A	49,60 a A	51,10 a B	51,34 a B
<b>CV (%)</b>	<b>2,51</b>			
<b>Cromaticidade ( C )</b>				
<b>Sache</b>	<b>Com filme plástico</b>		<b>Sem filme plástico</b>	
	<b>sem GA</b>	<b>com GA</b>	<b>sem GA</b>	<b>com GA</b>
<b>sem sache</b>	29,17 b A	28,75 a A	29,01 a A	30,52 b A
<b>com sache</b>	27,19 a A	28,57 a A	28,25 a A	28,30 a B
<b>CV (%)</b>	<b>8,60</b>			

Médias seguidas de distintas letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro. CV = coeficiente de variação.

O teor de clorofila na casca de limas ‘Tahiti’ após 24 dias sob refrigeração mais 6 dias em condição ambiente, em média, para todos os tratamentos, teve redução de cerca de  $7 \text{ mg g}^{-1}$  (Figura 23). Os frutos acondicionados no filme Cryovac D-955 tratados com GA ( $20 \text{ mg L}^{-1}$ ) mais saches absorvedores de etileno perderam apenas  $3 \text{ mg g}^{-1}$  de clorofila total durante o armazenamento. Já os frutos do controle perderam cerca de  $10 \text{ mg g}^{-1}$ . O resultado obtido naquele tratamento diferiu do controle ( $P < 0,05$ ; Figura 23). Não houve diferença entre os demais tratamentos ( $P > 0,05$ ). Estes resultados reforçam aqueles obtidos para coloração da casca com base nas variáveis luminosidade e ângulo de cor, de que o uso apenas do filme Cryovac D-955 consegue conservar a cor verde das limas, sem necessidade de tratamento com ácido giberélico e saches absorvedores.

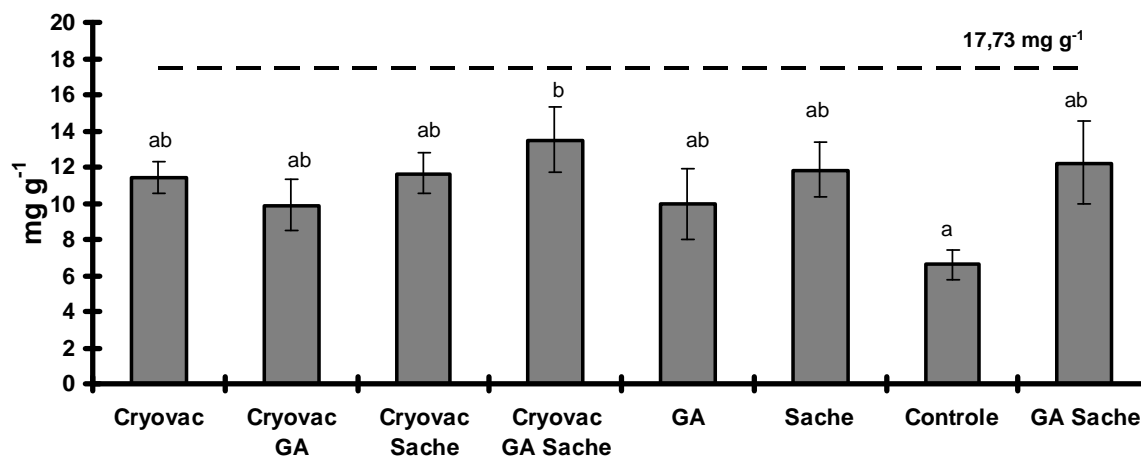


Figura 23 – Teor de clorofila total na casca de limas ácidas ‘Tahiti’ após 24 dias a  $10 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $75 \pm 5\%$  de UR, mais 6 dias a  $20 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $75 \pm 5\%$  de UR em relação ao teor inicial. Médias seguidas de distintas letras diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro. Barras verticais representam o desvio padrão da média

Nesta última etapa, além das avaliações objetivas de coloração da casca com uso de colorímetro, foi feita a avaliação visual com base numa escala de notas de 1 a 5, onde nota 1 representa limas de cor verde-oliva brilhante e nota 5 limas de cor amarela (Figura 2) (Ver item 3.4 Metodologia das análises). As notas dos frutos acondicionados no filme Cryovac D-955 demonstram que este filme permitiu uma maior conservação da coloração verde das limas após 30 dias de armazenamento (Figura 24). No início do armazenamento os frutos receberam nota 2, caracterizando frutos de coloração verde escuro. Os tratamentos sem filme plástico foram os que perderam mais a cor verde da casca (Figura 24). Os frutos acondicionados no filme Cryovac D-955 com saches absorvedores de etileno receberam notas menores e, portanto, estavam mais verdes que os demais tratamentos, porém não houve diferença para os frutos controle ( $P > 0,05$ ). Outros estudos (STEFFENS; BRACKMANN, 2006; SILVA et al., 2006) observaram o efeito do uso de absorvedores de etileno na conservação da coloração verde de limas ácidas, porém ainda existem poucos trabalhos com uso desta técnica pós-colheita em limas ‘Tahiti’. Para outros produtos hortícolas, como a couve-flor ‘Teresópolis gigante’, 80 g de absorvedores de etileno resultaram em folhas e cabeça mais verdes que o controle, quando armazenadas por 2 meses a  $0,5^\circ\text{C}$  e mais 5 dias a  $20^\circ\text{C}$  (BRACKMANN, 2005).

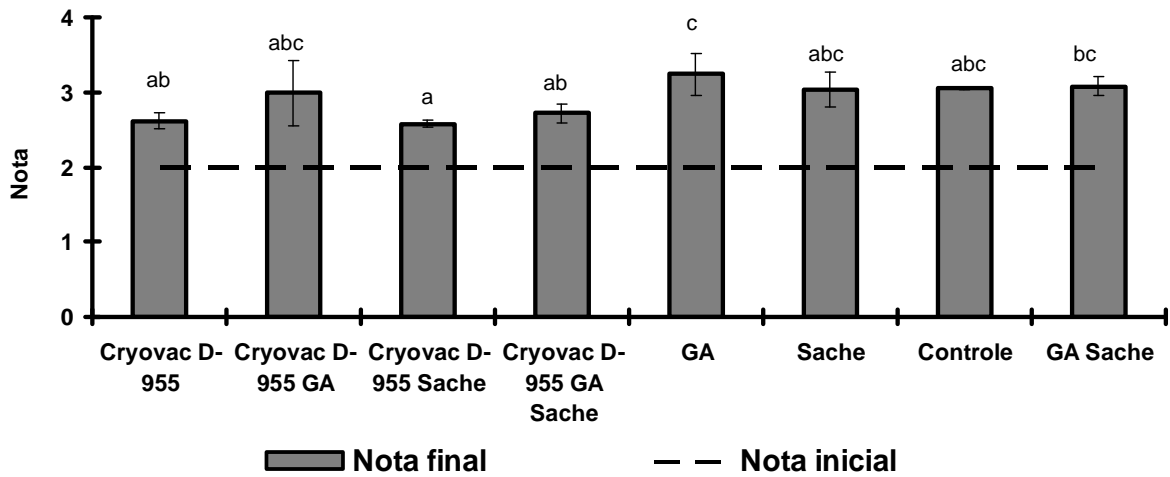


Figura 24 – Avaliação visual da coloração da casca de limas ácidas 'Tahiti' após 24 dias a  $10 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $75 \pm 5\%$  de UR mais 6 dias a  $20 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $75 \pm 5\%$  de UR. Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. Barras verticais representam o desvio padrão da média

Na figura 25 também é possível observar a maior conservação da coloração verde das limas acondicionadas no filme Cryovac D-955 com saches absorvedores de etileno em relação aos frutos do controle, após 30 dias de armazenamento.



**Controle**

**Filme Cryovac D-955 + Sache**

Figura 25 – Coloração das limas ácidas 'Tahiti' controle e acondicionadas no filme plástico com absorvedores de etileno após 24 dias a  $10 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $75 \pm 5\%$  de UR, mais 6 dias a  $20 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $75 \pm 5\%$  de UR

### Acidez titulável, ácido ascórbico e sólidos solúveis

Houve aumento dos teores de ácido cítrico no suco das limas ‘Tahiti’, durante o armazenamento, independente do tratamento (Figura 26). No entanto, os frutos com embalagem apresentam menor teor de ácido cítrico que os frutos sem embalagem ( $P < 0,05$ ; Tabela 15). Isso, possivelmente, demonstra que a redução dos teores de  $O_2$  e aumento de  $CO_2$  reduzem a atividade respiratória dos frutos ao ponto de retardar as transformações bioquímicas, como formação de ácidos pelo ciclo de Krebs, sistema dependente de oxigênio. Além disso, a redução dos teores de ácido cítrico nos frutos também pode ter ocorrido pelo consumo como substrato durante o processo respiratório.

Frutos tratados com GA ( $20 \text{ mg L}^{-1}$ ) não diferiram dos demais tratamentos quanto ao teor de ácidos orgânicos no suco das limas ácidas ( $P > 0,05$ ) e, da mesma forma, o uso de GA não interferiu nos resultados das limas com filme plástico e nem com saches absorvedores de etileno (Tabela 15). Os saches também não promoveram a retenção de acidez no suco dos frutos. Apesar de reduzirem os níveis de etileno no interior das embalagens, o permanganato de potássio não interfere na formação e consumo de ácidos orgânicos pelos frutos. Esses resultados foram observados após 30 dias de armazenamento, quando os teores de ácidos do suco dos frutos não diferiram entre si ( $P > 0,05$ ; Figura 26).

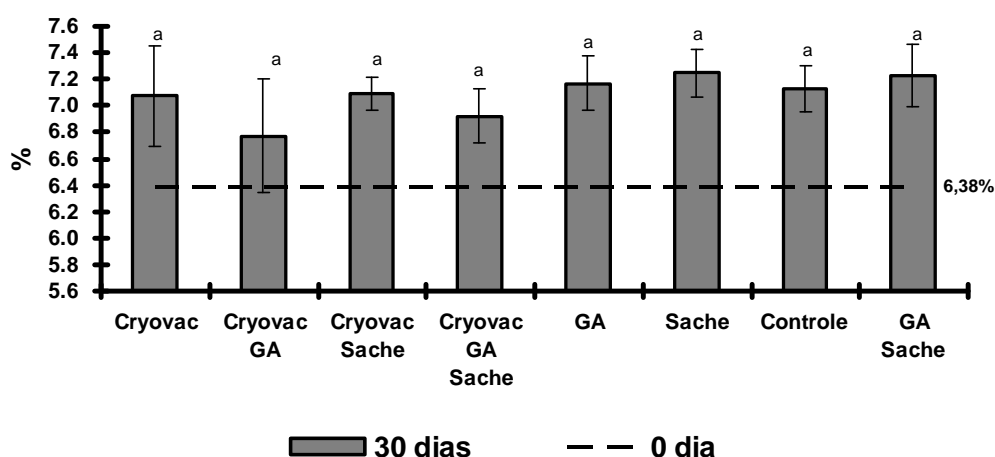


Figura 26 – Teor de ácido cítrico no suco de limas ácidas ‘Tahiti’ após 24 dias a  $10 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $75 \pm 5\%$  de UR, mais 6 dias a  $20 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $75 \pm 5\%$  de UR em relação ao teor inicial. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de ANOVA ao nível de 5% de probabilidade de erro. Barras verticais representam o desvio padrão da média

O teor de ácido ascórbico encontrado no suco das limas ácidas não diferiu entre os tratamentos ( $P>0,05$ ; Tabela 15). Apenas houve redução ao longo do armazenamento, comportamento comum do metabolismo pós-colheita de frutos, devido à ação das enzimas oxidativas do ácido ascórbico, como a ácido ascórbico oxidase e a peroxidase (CHITARRA; CHITARRA, 2005) (Figura 27).

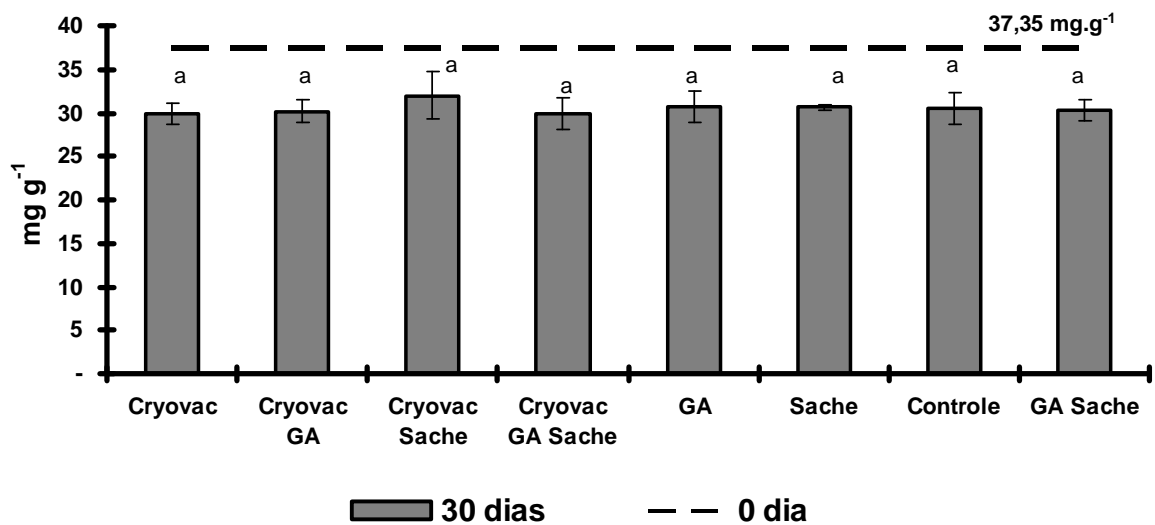


Figura 27 – Teor de ácido ascórbico no suco de limas ácidas ‘Tahiti’ após 24 dias a  $10 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $75 \pm 5\%$  de UR mais 6 dias a  $20 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $75 \pm 5\%$  de UR em relação ao teor inicial. Médias seguidas de mesmas letras não diferem entre si pelo teste de ANOVA ao nível de 5% de probabilidade de erro. Barras verticais representam o desvio padrão da média

O teor de sólidos solúveis apresentou comportamento semelhante ao teor do ácido cítrico, pois foi menor ( $P<0,05$ ) para os frutos acondicionados no filme plástico do que naqueles sem filme, devido, possivelmente, à menor quantidade de ácidos orgânicos presentes nestes frutos (Tabela 15). Porém, durante o armazenamento não teve variação significativa ( $P>0,05$ ; Tabela 16), característica comum de frutos não climatéricos, que tem baixa atividade respiratória pós-colheita e, portanto, pequenas alterações bioquímicas.

Silva et al. (2006) não encontraram alterações físico-químicas em limas ácidas ‘Tahiti’ tratadas com 100 e 250 mg L<sup>-1</sup> de GA e acondicionadas em filmes PEBD (70 µm) com absorvedores de etileno após 49 dias a 12°C.

A tabela 15 apresenta as comparações dos níveis de ácido cítrico, ácido ascórbico e sólidos solúveis separadamente para os tratamentos com ou sem sache, com ou sem GA (20 mg L<sup>-1</sup>) e com ou sem filme.

Tabela 15 – Características químicas de limas ácidas ‘Tahiti’ armazenadas a 10 ± 1°C e 75 ± 5% de UR por 24 dias e mais 6 dias a 20 ± 1°C e 75 ± 5% de UR

Tratamento	Ácido cítrico (%)	Ácido ascórbico (mg g <sup>-1</sup> )	Sólidos Solúveis (°Brix)
com sache	7,21 a	33,56 a	7,59 a
sem sache	7,19 a	33,85 a	7,57 a
com GA 20	7,18 a	33,73 a	7,59 a
sem GA	7,22 a	33,68 a	7,57 a
com filme	7,13 a	33,96 a	7,52 a
sem filme	7,28 b	33,46 a	7,64 b
CV (%)	3,45	8,63	2,70

Médias seguidas de distintas letras na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro. CV = coeficiente de variação.

Tabela 16 – Teor de sólidos solúveis no suco de limas ácidas ‘Tahiti’ durante 24 dias a 10 ± 1°C e 75 ± 5% de UR e mais 6 dias a 20 ± 1°C e 75 ± 5% de UR

Dia	Sólidos Solúveis (°Brix)
0	7,59 a
8	7,64 a
16	7,59 a
24	7,60 a
27	7,56 a
30	7,52 a
CV (%)	2,70

Médias seguidas de mesmas letras não diferem entre si pelo teste de ANOVA ao nível de 5% de probabilidade de erro. CV = Coeficiente de variação.

### Perda de massa

De maneira geral, a perda de massa das limas ácidas armazenadas durante 24 dias sob refrigeração mais 6 dias em condição ambiente, mais uma vez, foi menor para aquelas acondicionadas em filme plástico (P<0,05) isolado ou com algum tratamento adicional. As limas sem o filme perderam cerca de 6% de massa fresca, enquanto que aquelas acondicionadas em filmes plásticos perderam cerca de 2% (Figura 28). É interessante ressaltar que os frutos com filme mais saches absorvedores de etileno foram os que, numericamente, perderam menos massa durante o armazenamento.

Campos et al. (2007) verificaram que o uso de absorvedores de etileno com filme PVC, no armazenamento refrigerado de nêspera, reduz a perda de massa por cerca de 4 dias a mais que aqueles sem saches absorvedores de etileno. Isso, provavelmente, está relacionado com a redução da atividade respiratória dos frutos, em decorrência do menor acúmulo de etileno no interior das embalagens.

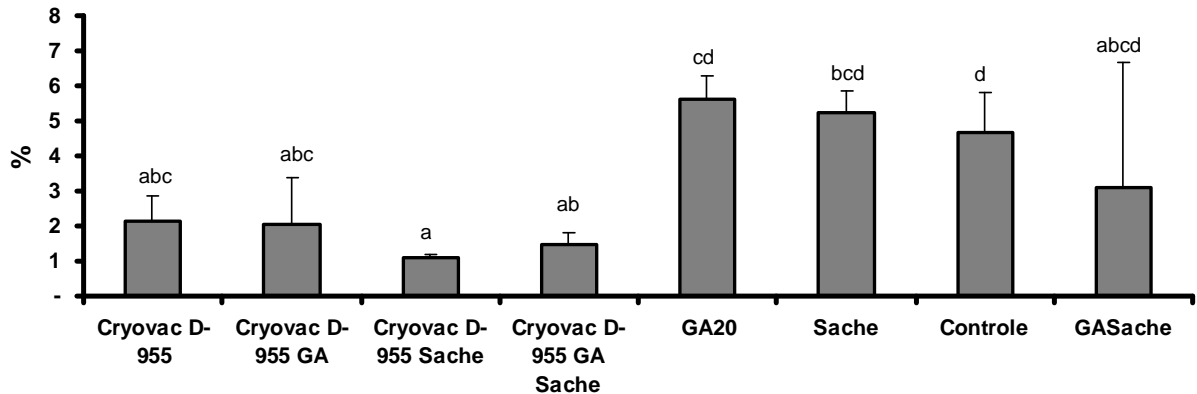


Figura 28 – Perda de massa de limas ácidas ‘Tahiti’ após 24 dias a  $10 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $75 \pm 5\%$  de UR mais 6 dias a  $20 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $75 \pm 5\%$  de UR. Médias seguidas de distintas letras diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro. Barras verticais representam o desvio padrão da média

### Teores de acetaldeído e etanol

O uso do filme Cryovac D-955 resultou em níveis de acetaldeído e etanol maiores que os frutos controle ( $P < 0,05$ ; Figura 29). Porém, a quantidade formada não foi suficiente para desencadear distúrbios decorrentes do processo fermentativo. A presença de acetaldeído e de etanol em frutos cítricos, segundo Cohen et al. (1991), é normal, pois fazem parte dos compostos voláteis que definem a qualidade do aroma do fruto.

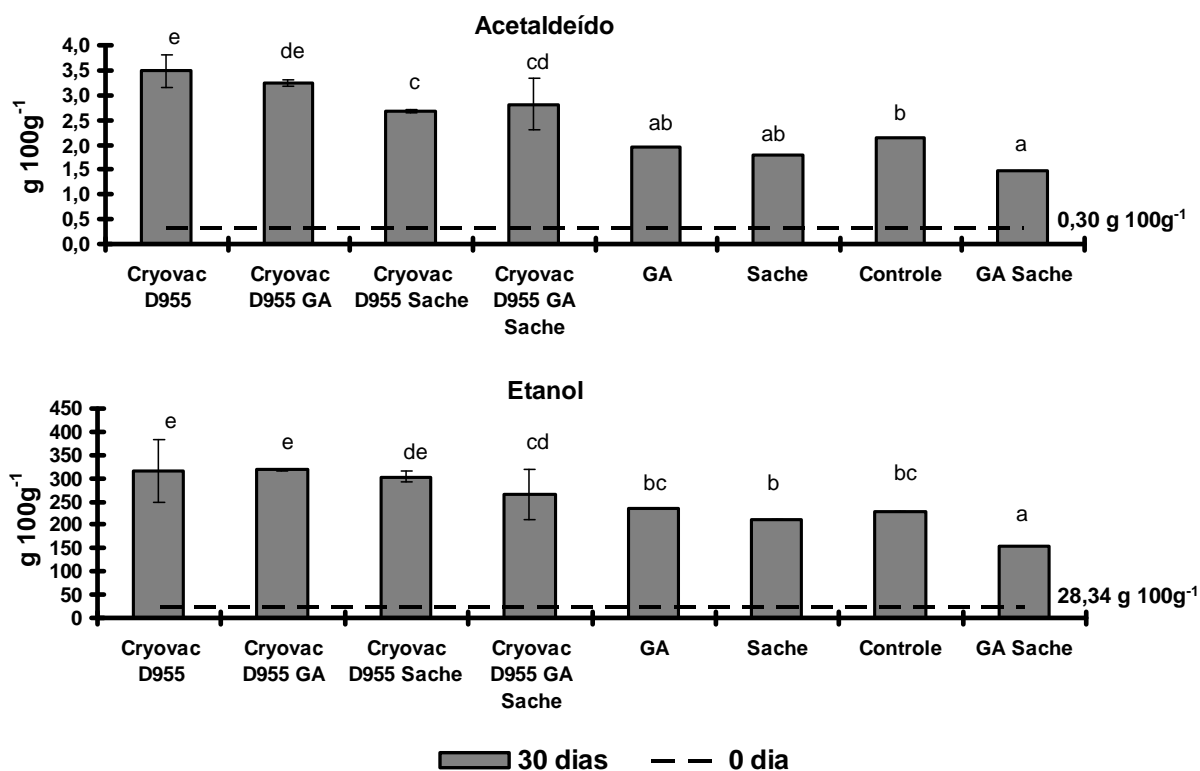


Figura 29 – Teor de acetaldeído e de etanol no suco de limas ácidas ‘Tahiti’ após 24 dias a  $10 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $75 \pm 5\%$  de UR, mais 6 dias a  $20 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $75 \pm 5\%$  de UR em relação ao teor inicial. Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro. Barras verticais representam o desvio padrão da média

O uso de GA e de saches absorvedores de etileno não interferiu nos resultados de acetaldeído e de etanol obtidos nos frutos acondicionados no filme plástico (Tabelas 17 e 18). Ben-Yehoshua (1985) destacou que a formação de acetaldeído e de etanol está relacionada com o tempo de estocagem dos produtos hortícolas, com o uso de ceras e de atmosfera modificada e com a maturidade dos frutos. Dentre os frutos sem filme plástico, aqueles com saches resultaram em menores teores de etanol que aqueles sem saches ( $P < 0,05$ ; Tabela 17). Diante disso, é possível que, a redução dos níveis de etileno no ambiente, pelo uso dos saches absorvedores, tenha promovido menor atividade respiratória e menor ação do etileno nas transformações bioquímicas, como a formação de compostos voláteis.



Tabela 17 – Efeito do GA nos teores de acetaldeído e etanol do suco de limas ácidas ‘Tahiti’ acondicionadas ou não no filme Cryovac D-955 durante 24 dias a  $10 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $75 \pm 5\%$  de UR mais 6 dias a  $20 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $75 \pm 5\%$  de UR

Filme	Etanol ( $\text{g } 100\text{g}^{-1}$ )		Acetaldeído ( $\text{g } 100\text{g}^{-1}$ )	
	com GA	sem GA	com GA	sem GA
com filme	130,15 b A	127,41 b A	1,71 b A	1,70 b A
sem filme	97,80 a A	95,30 a A	1,40 a A	1,33 a A
CV (%)	19,90		20,60	

Médias seguidas de distintas letras minúsculas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro. CV = coeficiente de variação.

Tabela 18 – Efeito da interação dos tratamentos nos teores de acetaldeído e etanol dos sucos de limas ácidas ‘Tahiti’ durante 24 dias a  $10 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $75 \pm 5\%$  de UR mais 6 dias a  $20 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $75 \pm 5\%$  de UR

Tratamento	Etanol ( $\text{g } 100\text{g}^{-1}$ )		Acetaldeído ( $\text{g } 100\text{g}^{-1}$ )	
	com sache	sem sache	com sache	sem sache
com filme	126,61 b A	130,96 b A	1,72 b A	1,68 b A
sem filme	86,63 a A	106,46 a B	1,31 a A	1,42 a A
sem GA	109,87 a A	118,08 a A	1,51 a A	1,59 a A
com GA	103,36 a A	119,35 a B	1,52 a A	1,51 a A
CV(%)	19,90		20,60	

Médias seguidas de distintas letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro. CV = coeficiente de variação.

O permanganato de potássio, apesar de reduzir os níveis de etileno no interior das embalagens com limas ácidas, não foi efetivo na conservação da coloração verde destes frutos. Porém, quando combinados com filme plástico tem vantagens na conservação de características iniciais das limas, como menor perda de massa fresca e, visualmente, maior conservação da cor verde

O uso isolado do filme plástico Cryovac D-955 também promoveu boa conservação da qualidade inicial dos frutos, incluindo a coloração verde da casca.

Neste experimento, pode ser verificado que o tratamento com GA exige uma qualidade inicial das limas equivalente a recomendada por Bleinroth (1995) para ser efetivo na conservação da coloração da casca.



## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Existe uma necessidade mercadológica de conservação da cor verde das limas ácidas 'Tahiti' durante o processo de comercialização. Diante disso, o trabalho contribui com as seguintes informações:

O uso da atmosfera modificada é eficiente na conservação da cor verde das limas ácidas, das qualidades físico-químicas e da massa fresca. O filme plástico Cryovac D-955 com 15  $\mu\text{m}$  de espessura é recomendado para uso em limas ácidas 'Tahiti', pois além de responder positivamente para todos os atributos mencionados acima, tem a característica de ser termoencolhível, o que favorece o processo de embalagem nos *packing house*.

O ácido giberélico é eficiente em doses de 20 mg L<sup>-1</sup> somente quando aplicado nos frutos antes de iniciarem seus processos degradativos. Desta forma, a qualidade inicial dos frutos, após a colheita, é essencial para se ter eficiência no uso deste biorregulador.

Os sachês absorvedores de etileno auxiliam na redução das concentrações de etileno do ambiente. Quando em combinação com filmes plásticos, contribui para a manutenção da cor verde das limas e de outras características de qualidade, como menor perda de massa e menores teores de acetaldeído.

O uso apenas do filme plástico Cryovac D-955 associado com refrigeração é suficiente para manter a coloração da casca das limas ácidas já beneficiadas com cera e fungicida. Porém, é importante destacar que o filme Vegetal Pack, assim como as combinações das técnicas de pós-colheita utilizadas nesta dissertação, também contribuem positivamente na conservação de outros atributos importantes de qualidade das limas ácidas, como a massa fresca, teor de clorofila, de ácido ascórbico, ácido cítrico, além da coloração da casca.

Há necessidade de se avaliar melhor o comportamento de limas ácidas 'Tahiti', colhidas em diferentes épocas do ano, quanto ao uso das tecnologias de pós-colheita já existentes.



## REFERÊNCIAS

ABELES, F.B.; MORGAN, P.W.; SALTVEIT, M.E. **Ethylene in plant biology**. 2<sup>nd</sup> ed. San Diego: Academic Press, 1997. 414 p.

AGUILAR-VILDOSO, C.I.; MÜLLER, G.W.; TARGON, M.L.P.N.; SCHINOR, E.H. Proteção integrada de doenças. In: MATTOS JUNIOR, D. de; DE NEGRI, J.D.; FIGUEIREDO, J.O. (Ed.). **Lima ácida Tahiti**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2003. p. 124-136.

ARPAIA, M.L.; KADER, A.A. **Lime**: recommendations for maintaining postharvest quality. Davis: University of California, Postharvest Technology: Research and Information Center. Disponível em: <<http://postharvest.ucdavis.edu/Produce/Producefacts/index.shtml>>. Acessado em: 16 nov. 2009.

AWAD, M. **Fisiologia pós-colheita de frutos**. São Paulo: Nobel, 1993. 114 p.

AWAD, M.; CASTRO, P.R.C. e. **Introdução à fisiologia vegetal**. São Paulo: Nobel, 1983. 177 p.

BALDWIN, E. A. Citrus fruit. In: SEYMOUR, G.B.; TAYLOR, J.E.; TUCKER, G.A. (Ed.). **Biochemistry of fruit ripening**. London: Chapman & Hall, 1994. chap. 8, p. 255-271.

BARROS, S.A. de; RODRIGUES, J.D.; RODRIGUES, S.D.; PEDRAS, J.F. Efeito do GA e do uniconazole na fisiologia pós-colheita do limão 'Tahiti' (*Citrus latifolia* Tanaka). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 13, n. 3, p. 223-226, 1991.

BEN-YEHOSHUA, S. Individual seal-packaging of fruit and vegetables in plastic film: a new postharvest technique. **Hortscience**, Alexandria, v.20, p.32-37, 1985.

BEN-YEHOSHUA, S.; KOBILER, I.; SHAPIRO, B. Some physiological effects of delaying deterioration of citrus by individual seal packaging in high density polyethylene film. **Journal of American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.104, n. 6, p. 868-873, 1979.

BERGER, H. Índice de madurez de cosecha em cítricos. Publicacion Tecnica Sociedad Agronomica de Chile: In: PRIMER SIMPÓSIO INTERNACIONAL CITRÍCOLA, 3, 1994, Santiago. Santiago: Cítricos: Bibliografias, 1994. p. 113-114.

BIASI, L.A.; ZANETTE, F. GA isolado ou associado com cera na conservação pós-colheita de lima ácida 'Tahiti'. **Scientia Agrária**, Curitiba, v. 1, n. 1/2, p. 39-44, 2000.

BLEINROTH, E.W. Ponto de colheita. In: GAYET, J.P.; BLEINROTH, E.W. **Lima ácida 'Tahiti' para exportação**: procedimentos de colheita e pós-colheita. Brasília: Brasília: EMBRAPA, SPI, 1995. p. 11-18. (Série Publicações Técnicas – FRUPEX; 12).

BOTEON, M. Exportações avançam: Tahiti é o destaque da citricultura exportadora *in natura*. **Hortifruti Brasil**, Piracicaba, ano 6, n. 63, p. 9, nov., 2007.

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

BRACKMANN, A.; STEFFENS, C.A.; GIEHL, R.F.H. Armazenamento de pêssogo 'Chimarrita' em atmosfera controlada e sob absorção de etileno. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 3, p. 431-435, 2003.

BRACKMANN, A.; TREVISAN, J.N.; MARTINS, G.A.K.; FRETAS, S.T.de; MELLO, A.M. de. Qualidade pós-colheita de couve-flor 'Teresópolis gigante' tratada com etileno, absorvedor de etileno e 1-metilciclopropeno. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 6, p. 1444-1447, 2005.

CAMPOS, J.T. de; HASEGAWA, P.N.; PURGATTO, E.; LAJOLO, F.; CORDENUNSI, B.R. Qualidade pós-colheita de nêspers submetidas ao armazenamento sob baixa temperatura e atmosfera modificada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 2, p. 787-792, 2007.

CARVALHO, C.R.L.; CARVALHO, P.R.N.; MANTOVANI, D.M.B.; MORAES, R.M. **Análise química de alimentos**. Campinas: ITAL, 1990. 121p.

CARVALHO, R.I.N.; FIORAVANÇO, J.C.; MANFROI, V.; LUCCHESI, O.A.; BENDER, R.J. Efeito de embalagens plásticas na frigoconservação do limão 'Tahiti' (*Citrus latifolia* Tanaka). **Agrárias**, Curitiba, v. 12, p. 31-38, 1992.

CASTRO, P.R.C. e. Biorreguladores em citrus. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 22, n. 2, p. 367-381, 2001.

CASTRO, P.R.C. e ; MEDINA, C.L.; PACHECO, A.C. Potencialidade para utilização de reguladores vegetais na planta cítrica. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 17, n. 1, p. 109-122, 1997.

CASTRO, P.R.C. e; MARINHO, C.S.; PAIVA, R.; MENEGUCCI, J.L.P. Fisiologia da produção de citros. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 209, p. 26-38, 2001.

CERETTA, M.; GONÇALVES, E.D.; DUTRA, L.F.; RINALDI, M.M.; ROMBALDI, C.V. Filme de polietileno e cera na qualidade da laranja 'Valência' frigoconservada. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 5, n. 1, p. 35-37, 1999.

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

COHEN, E.; BEN-YEHOSHUA, S.; ROSENBERGUER, I.; SHALON, Y.; SHAPIROARO, B. Quality of lemons sealed in high-density polyethylene film during long-term storage at different temperatures with intermittent warming. **Journal of Horticultural Science**, Ashford, v. 65, n. 5, p. 603-610, 1990.

EDAGI, F.K.; KLUGE, R.A. Remoção de adstringência de caqui: um enfoque bioquímico, fisiológico e tecnológico. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 2, p. 585-594, mar./abr. 2009

D'AQUINO, S.; PIGA, A.; AGABBIO, M.; McCOLLUM, T.G. Film wrapping delays ageing of 'Minneola' tangelos under shel-life conditions. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 20, p. 71-80, 2000.

DILLEY, D.R. Hormonal control of fruit ripening. **HortScience**, Alexandria, v. 4, p. 111-114, 1969.

DONG, L.; ZHOU, H.; LURIE, S. The role of ethylene in development of storage disorders in nectarine and plum. **Acta Horticulturae**, Leuven, n. 553, p. 285-287, 2001.

DONG, L.; ZHOU, H.; SONEGO, L.; LERS, A.; LURIE, S. Ethylene involvement in the cold storage disorder of 'Flavortop' nectarine. **Postharvest Biology Technology**, Amsterdam, v. 23, p. 105-115, 2001.

DURIGAN, M.F.B.; MATTIUZ, B.; DURIGAN, J.F. Injúrias mecânicas na qualidade pós-colheita de lima ácida 'Tahiti' armazenada sob ambiente. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 27, n. 3, p. 369-372, 2005

ETHYLENE CONTROL. **About ethyle gas: How ethylene gás effects your produce**. Disponível em: <<http://www.ethylenecontrol.com/about.php#How>>. Acesso em: 16 nov. 2009

EXPORT HELPDESK. **Estatísticas de comércio**. Disponível em: <<http://exporthelp.europa.eu/thdapp/comext/ComextServlet?languageId=PT>>. Acesso em: 12 nov. 2009.

FERRI, V.C.; ROMBALDI, C.V. Resfriamento rápido e armazenamento de caquis (*Diospyrus kaki*, L.), cv. Fuyu, em condições de atmosfera refrigerada e modificada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 36-39, abr. 2004.

FIORAVANÇO, J.C. **Efeito da aplicação de citocinina, cera e embalagem de polietileno na conservação de lima ácida 'Tahiti' (*Citrus latifolia* Tanaka) em temperatura controlada**. 1992. 159 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1992.

FNP CONSULTORIA & COMÉRCIO. Citros. In: \_\_\_\_\_. **Agrianual 2009**: anuário da agricultura brasileira. São Paulo, 2009. p. 286-291.

GAVA, A.J. **Princípios de tecnologia de alimentos**. São Paulo: Nobel, 2002. 284 p.

GAYET, J.P.; BLEINROTH, E.W. **Lima ácida Tahiti para exportação**: procedimentos de colheita e pós-colheita. Brasília: EMBRAPA, SPI, 1995. 36 p. (Série Publicações Técnicas FRUPEX, 12).

GAYET, J.P.; SALVO FILHO, A.de. Colheita e beneficiamento. In: MATTOS JUNIOR, D.de; DE NEGRI, J.D.; FIGUEIREDO, J.O. de. **Lima ácida Tahiti**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2003. p. 147-162.

GOLDSCHMIDT, E.E. Ripening of citrus and other non-climacteric fruits: a role for ethylene. **Acta Horticulturae**, The Hague, n. 463, p. 335-340, 1998. Apresentado no INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PLANT BIOREGULATION IN FRUIT PRODUCTION, 7., 1998, Valencia.

INSTITUTO BRASILEIRO DE FRUTAS. **Guia de técnicas de plantio e oportunidades comerciais para frutas**: limão Taiti. São Paulo, 1995. 82 p. (Coleção Soluções Fruta a Fruta, 3).

JACOMINO, A.P.; MENDONÇA, K.; KLUGE, R.A. Armazenamento refrigerado de limões 'Siciliano' tratados com etileno. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 45-48, abr. 2003

JOMORI, M.L.L.; SESTARI, I.; DEL AGUILA, J.S.; RAIMUNDO, L.M.B.; KLUGE, R.A. Recobrimentos protéicos influenciam a perda de massa em lima ácida 'Tahiti' armazenada a baixa temperatura. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PÓS-COLHEITA – FRUTAS, HORTALIÇAS E FLORES, 2., 2006, Viçosa. **Resumos...** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2006. p. 298.

JOMORI, M.L.L.; KLUGE, R.A.; JACOMINO, A.P.; TAVARES, S. Conservação refrigerada de lima ácida 'tahiti': uso de 1-metilciclopropeno, GA e cera. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 3, p. 406-409, dez. 2003.

KADER, A.A. Modified atmospheres during transport and storage. In: \_\_\_\_\_. **Postharvest technology of horticultural crops**. 2<sup>nd</sup> ed. Oakland, 1992. p. 85-92.

KADER, A.A.; WATKINS, C.B. Modified atmospheres packaging – toward 2000 and beyond. **HortTechnology**, Alexandria, v. 10, n. 3, p. 483-486, 2000.

KAPLAN, H.J. Washing, waxing, and color-adding. In: WARDOWSKI, W.F.; NAGY; GRIERSON, W. (Ed.). **Fresh citrus fruit**. New York: AVI, 1986. p. 379-395.

KAYS, J.S. **Postharvest physiology of perishable plant products**. New York: AVI, 1991. 532 p.



- KLUGE, R.A. **Distúrbios fisiológicos em frutos**. Piracicaba: FEALQ, 2001. 58 p.
- \_\_\_\_\_. **Métodos combinados de conservação de frutas cítricas**. 2006. 58 p. Tese (Livre Docência) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.
- KOLLER, O.C. **Citricultura: laranja, limão e tangerina**. Porto Alegre: Ed. Rígel, 1994. 446 p.
- LIEBERMAN, M. Hormonal regulation of senescence, ageing, fading and ripening. **Postharvest Physiology and Crop Preservation**, Sounion, v. 46, p. 141-163, 1981.
- LIU, S.; YANG, H.M.; TAIRA, S.; FUKUSHIMA, T. Effects of CO<sub>2</sub> on respiratory metabolism in ripening banana fruit. **Postharvest Biology and Technology**. Amsterdam, v. 33, p. 27-34, 2004.
- LUCHETTI, M.A.; MATTOS JUNIOR, D. de; DE NEGRI, J.D.; FIGUEIREDO, J.O. Aspectos gerais e distribuição de cultivo. In: MATTOS JUNIOR, D. de; DE NEGRI, J.D.; FIGUEIREDO, J.O. de. **Lima ácida Tahiti**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2003. p. 1-12.
- MAHAJAN, P.V.; GOSWANI, T.K. Enzyme kinetics based modeling of respiration rate of apple. **Journal of Agricultural Engineering Research**, Amsterdam, v. 79, n. 4, p. 399-406, 2001.
- MANFROI, V.; LUCCHESI, O.A.; CARVALHO, R.I.N.; FIORAVANÇO, J.C.; BENDER, R.J. Efeito do 2,4-D na frigoconservação de limão Tahiti (*Citrus latifolia* Tanaka). **Boletim Ceppa**, Curitiba, v. 14, p. 77-88, 1996.
- MAZZUZ, C.F. **Calidad de frutos cítricos: manual para su gestion desde la recoleccion hasta la expedicion**. Barcelona: Ediciones de Horticultura, 1996. 317 p.
- McGUIRE, R.G.; Reporting of objective colour measurements. **HortScience**, Alexandria, v. 27, p. 1254-1255, 1992.
- MEDINA, C.L. Fisiologia na produção. In: MATTOS JUNIOR, D. de; DE NEGRI, J.D.; FIGUEIREDO, J.O. de. **Lima ácida Tahiti**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2003. p. 13-30.
- METIVIER, J.R. Giberelinas. In: FERRI, M.G. **Fisiologia vegetal**. São Paulo: EPU; EDUSP, 1979. p. 163-192.
- MOSCA, J.L.; MUNOL, M.M; VIEITES, R.L. **Atmosfera modificada na pós-colheita de frutas e hortaliças**. Botucatu: FEPAF, 1999. 28 p.

NASCIMENTO, L.M. do; LEONEZI, A.L.; SANTOS, E.J.dos. **Utilização de absorvedor de etileno para a manutenção da coloração verde de lima ácida Tahiti.**

Cordeirópolis: Secretaria de Agricultura e Abastecimento; Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios; Instituto Agronômico; Centro APTA Citros Sylvio Moreira, 2004. 11 p. Relatório de atividades.

NASCIMENTO, L.M. do; CUZIM, J.; MARTINS, A.B.G.; Efeitos do etileno na qualidade de frutos de laranjeiras Pêra armazenados sob diferentes temperaturas. **Revista Iberoamericana de Tecnología e Postcosecha**, Hermosillo, v. 8, n. 1, p. 7-16, 2006.

NEVES, L.C.; BENEDETTE, R.M.; SILVA, V.X.da; LUCHETTA, L.; ZANUZZO, M.R.; ROMBALDI, C.V. Comportamento pós-colheita de caquis cv *Fuyu*, através da atmosfera modificada passiva e adsorção de etileno, armazenados sob refrigeração. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 3, p. 374-379, 2006.

ROMOJARO, F.; RIQUELME, F.; PRETEL, M.T.; MARTÍNEZ, G.; SERRANO, M.; MARTÍNEZ, C.; LOZANO, P.; SEGURA, P.; LUNA, P.A. **Principios del a atmósfera modificada.** Zapata; Segura: Nuevas Tecnologías de Conservación de Frutas y Hortalizas, 1996. p. 63-85.

SÁ, C.R.L.; SILVA, E.O.; TERAÓ, D.; SARAIVA, A.C.M. **Métodos de controle de etileno na qualidade e conservação pós-colheita de frutas.** Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2008. 36 p. (Embrapa Agroindústria Tropical, Documentos 111).

SANTOS, A.F. dos; SILVA, S.M.; ALVES, R.E. Armazenamento de pitanga sob atmosfera modificada e refrigeração: I – Transformações químicas em pós-colheita. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 1, p. 36-41, abr. 2006.

SARANTOPÓULOS, C.I.G.L.; ALVES, R.M.V.; OLIVEIRA, L.M. de; GOMES, T. **Embalagens com atmosfera modificada.** 2. ed. Campinas: ITAL, CETEA, 1996. 114 p.

SERCILOTO, C.M.; CASTRO, P.R.C e. Uso de biorreguladores em lima ácida 'Tahiti'. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 22, n. 2, p. 383-394, 2001.

SHIMOKAWA, K.; SHIMADA, S.; YAEÓ, K. Ethylene-enhanced chlorophyllase activity during degreening of *Citrus Unshiu* Marc. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 8, n. 2, p. 129-135, 1978.

SILVA, S.M. **Conservação pós-colheita de limão 'Tahiti' (*Citrus latifolia* Tanaka): uso de choque frio, atmosfera modificada e refrigeração:** aplicação de modelagem matemática. 1993. 125 p. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1993.

SILVA, E.L.A.; MIZOBUTSI, G.P.; DINIZ, R.S.; SANGUINETE, L.S.; MIZOBUTSI, E.H.; MOTA, W.F.; MAIA, V.M. Uso de permanganato de potássio, giberelina e atmosfera modificada na conservação pós-colheita de lima ácida 'tahiti'. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA - FRUTAS DO BRASIL: SAÚDE PARA O MUNDO, 9., 2006, Cabo Frio. **Resumos...** Viçosa: JARD, 2006. v. 19, p. 492, 2006.

SILVA, J.A.A.; DONADIO, L.C. **Reguladores vegetais em citricultura**. Jaboticabal: FUNEP, 1997. 38 p. (Boletim Citrícola, 3).

SORBENTSYSTEMS. **The problem:** ethylene gas. Disponível em: <<http://www.sorbentsystems.com/epaxtech.html>>. Acessado em: 14 nov. 2009.

SOUSA, J.P. de; PRAÇA, E.F.; ALVES, R.E.; BEZERRA NETO, F.; DANTAS, F.F. Influência do armazenamento refrigerado em associação com atmosfera modificada por filmes plásticos na qualidade de mangas 'Tommy Atkins'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 3, p. 665-668, 2002.

SPÓSITO, M.B.E.; MOURÃO, F.A.A.; KLUGE, R.A.; JACOMINO, A.P.; Armazenamento refrigerado de frutos de limeira-ácida 'Tahiti' tratados com GA. **Revista Brasileira e Fruticultura**, Jaboticabal, v. 22, n. 3, p. 345-348, 2000.

STEFFENS, C.A. **Respiração de frutos e permeabilidade de filmes poliméricos**. 2006. 88 p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

STEFFENS, C.A.; BRACKMANN, A. Etileno e a qualidade de lima ácida 'Tahiti'. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTUR - FRUTAS DO BRASIL: SAÚDE PARA O MUNDO, 9., 2006, Cabo Frio. **Resumos...** Viçosa: JARD, 2006. v. 19, p. 435.

STEWART, I.; WHEATON, T.A. Carotenoids in citrus: their accumulation induced by ethylene. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Washington, v. 20, n. 2, p. 448-449, 1972.

TAVARES, S.; CASTRO, P.R.C. e; KLUGE, R.A.; JACOMINO, A.P. Conservação pós-colheita em lima ácida 'tahiti' tratada com 1-metilciclopropeno. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, Hermosillo, v. 6, n. 1, p. 43-49, 2004.

VIEIRA, F.H.A.; MOTA, W.F. da; DIAS, M.S.C.; SANTOS, M.G.P.; DIAS, T.C.; OTONI, B.S.; DINIZ, R.S. Conservação pós-colheita de frutos de lima ácida 'Tahiti' com a utilização de atmosfera modificada e refrigeração. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA - FRUTAS DO BRASIL: SAÚDE PARA O MUNDO, 9., 2006, Cabo Frio. **Resumos...** Viçosa: JARD, 2006. v. 19, p. 475.

VIEITES, L.R.; EVANGELISTA, R.M.; SILVA, C.S.; MARTINS, M.L. Conservação do morango armazenado em atmosfera modificada. **Semina: Ciências Agrárias**. Londrina, v. 27, n. 2, p. 243-252, 2006.

VILELA, P. **Limão Tahiti**. Disponível em: <<http://www.sebrae.com.br/setor/fruticultura/o-setor/frutas/limao>>. Acesso em: 11 nov. 2009.

VITTI, A. **Análise da competitividade das exportações brasileiras de frutas selecionadas no mercado internacional**. 2009. 107 p. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. **Permanganato de potássio**. Disponível em: <[http://www.pt.wikipedia.org/wiki/Permanganato\\_de\\_potássio](http://www.pt.wikipedia.org/wiki/Permanganato_de_potássio)>. Acesso em: 12 nov.2009.

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)