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

**Pós-colheita de abiu, bacupari e camu-camu, nativos da Região
Amazônica, cultivados no Estado de São Paulo**

Patrícia Maria Pinto

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

**Piracicaba
2013**

Patrícia Maria Pinto
Engenheira Agrônoma

**Pós-colheita de abiu, bacupari e camu-camu, nativos da Região Amazônica,
cultivados no Estado de São Paulo**

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

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

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

**Piracicaba
2013**

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

Pinto, Patrícia Maria

Pós-colheita de abiu, bacupari e camu-camu, nativos da Região Amazônica, cultivados no Estado de São Paulo / Patrícia Maria Pinto.- - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2013.
145 p: il.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2013.

1. Abiu 2. Amazônia 3. Bacupari 4. Camu-camu 5. Fisiologia pós-colheita
6. Frutas tropicais 7. Estádio de maturação I. Título

CDD 634.43
P659p

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

Aos meus queridos avós,

*Décio José Pinto e Laís Bastos Passos Pinto;
Luiz Sacchetto e Catharina Meinberg Sacchetto (ambos em meu coração)*

Pelo amor, apoio e eterno exemplo de honestidade, sabedoria, bondade e carinho.
Amo-os aqui e em qualquer lugar!

Aos meus amados pais,

Roberto José Pinto e Célia Maria Sacchetto Pinto;

E queridas irmãs,

Letícia Maria Pinto e Paula Maria Pinto

Pelo que sou, minha formação e meu caráter... pela compreensão e apoio nas horas difíceis... pelo carinho, afeto, amizade e o grande amor de ontem, hoje e sempre....
Amo-os eternamente!

Ao meu amado noivo,

João Alberto Lelis Neto

Que, ao meu lado, compartilhou as alegrias e preocupações desta etapa com muito amor, carinho e companheirismo, tornando minha vida cada dia mais feliz e fazendo desta conquista, a nossa conquista!!! Eu te amo para sempre!

DEDICO ESTA TESE A VOCÊS, DE TODO O MEU CORAÇÃO!

AGRADECIMENTOS

A DEUS, pela vida! Obrigada por me abençoar com uma família maravilhosa, amigos queridos, saúde, luz e proteção, permitindo-me alcançar esta vitória!

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” e à Universidade de São Paulo, pela oportunidade e estrutura para a realização deste trabalho. Foram quase 7 anos de encantamento e admiração por esta Escola que, hoje, abraço como minha!

À coordenação e toda equipe do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da ESALQ-USP, pela oportunidade da realização dos cursos de Mestrado e Doutorado.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, FAPESP, pela concessão da bolsa de estudo e apoio financeiro a este trabalho.

Ao Prof. Dr. Angelo Pedro Jacomino, pela orientação, ensinamentos, apoio oportunidades e, principalmente, pela grande amizade desses anos todos. Muito obrigada por ser um exemplo e contribuir tanto para o meu crescimento profissional e pessoal! O sr., a Sandra, o Rafa e a Nati tornaram-se mais que grandes amigos... hoje, são parte da minha família! Obrigada, de coração, por tudo a todos vocês!

À Prof^a. Dr^a. Simone Rodrigues da Silva, por ter plantado a idéia deste trabalho, pelos ensinamentos, contribuições, oportunidades e pela amizade! Obrigada por tudo, sempre! Você é um exemplo para mim!

Ao Prof. Dr. João Alexio Scarpate Filho, por toda a ajuda e, principalmente, por ter aceito o convite de ser meu orientador por um tempo! Obrigada pela amizade e valiosa contribuição em minha formação!

Ao Prof. Dr. Ricardo Alfredo Kluge e todos os seus alunos, pela amizade, agradável convívio, apoio e disponibilização de seu laboratório.

Ao Dr. Steve A. Sargent, da *University of Florida*, por ter me recebido em seu laboratório e disponibilizado a estrutura para realização das análises de antocianinas dos camu-camus. Agradeço, também, ao Dr. Jeffrey K. Brecht, Dr. Donald J. Huber e toda equipe de técnicos e alunos. Foi uma época de muito aprendizado e enriquecimento profissional e pessoal. *Thank you all!!!*

Aos professores do Depto. de Agroindústria, Alimentos e Nutrição (LAN), Dr^a. Solange Guidolin C. Brazaca e Dr. Severino Matias de Alencar, pela liofilização das amostras de camu-camus.

À Estação Experimental de Citricultura de Bebedouro (EECB), pela parceria, colaboração e fornecimento da estrutura e dos frutos utilizados neste trabalho. Um agradecimento especial ao Dr. Eduardo Sanches Stuchi, Eng. Agr. Eduardo Toller Reiff, Tec. Agr. Luiz Gustavo Parolin e às secretárias Ana Lúcia E. Toledo, Marlene C. Zamariolo e Rosemeire Miquelin.

À empresa Frutas Luma, pelo fornecimento dos abius utilizados neste trabalho. Em especial, ao gerente Celso Oliveira, por toda ajuda em conseguir os frutos!

Às bibliotecárias Silvia Maria Zinsly e Eliana Maria Garcia e às Dr^{as}. Ana Carolina A. Miguel e Camilla Zanotti Gallon, pela revisão desta tese. Obrigada pela ajuda!

À secretária do PPG em Fitotecnia, Luciane Aparecida Lopes Toledo, pela amizade, eficiência e prontidão em ajudar. Querida Lu, muito obrigada por tudo!

Ao técnico do Laboratório de Pós-Colheita de Produtos Hortícolas do Depto. Produção Vegetal (LPV), Marcos José Trevisan, pelas conversas e ajudas! Marcos, muito obrigada pela sua amizade. Levarei comigo sempre!

Aos funcionários e professores do LPV, principalmente, ao Éder, David, Sr. Cido, Sr. Chico, Sr. Toninho, Paulo, Bete, Célia, Cleusa e Edileuza, que com um alegre “bom dia” já faziam meu dia começar bem!!! Obrigada por todo o suporte e amizade!

Aos queridos amigos que a ESALQ me proporcionou: Carol, Vanessa, Meire, Camilla, Ana Elisa, Jaqueline, Aninha, Ana Paula, Patrícia, Rafaella, Marina, Fabiana, Thales, Luis, Renan, Gabriel, Lúcio, Rafaela, Fran e muitos outros. Todos vocês contribuíram para que eu chegasse até aqui, tornando este período mais alegre e divertido! Obrigada pelas inúmeras ajudas e sugestões nos diversos momentos. A amizade de cada um de vocês é muito valiosa e levarei sempre em meu coração!

Às queridas *roommates*, amigas e irmãs que Deus colocou em meu caminho, Raquel Caserta e Julia Maria Baldrighi. Por tudo que passamos, compartilhamos, rimos e choramos.. muito obrigada! Vocês brilham demais em minha vida!!!

Aos amigos que fiz ao longo da minha “vida piracicabana”, Dininha, Andréa, André, Sr. João, Diogo e o fofinho que vi nascer, Nicholas! Levo cada um de vocês em meu coração, com muito carinho! Obrigada pela grande amizade!!!

Aos profissionais, voluntários e praticantes do Projeto Equoterapia da ESALQ. Com vocês aprendi que a deficiência está apenas aos olhos de quem vê. Vocês são maravilhosos! Obrigada por me ensinarem tanto...

Aos meus amados familiares (pais, irmãs, avós, cunhados, tios e primos) e queridos amigos, pelo carinho, força e eterna amizade em todos os momentos.. Vocês estão no meu coração.. sempre!!!

Aos familiares de meu noivo, em especial, minha sogra, Maria Alice, e meus cunhados, que sempre me apoiaram e, hoje, compartilham comigo esta conquista! Obrigada por fazerem parte da minha vida e, principalmente, da minha família!

À Faculdade Cantareira, professores e funcionários, pela minha formação e, hoje, pela oportunidade de exercer minha carreira como professora. Um agradecimento especial aos alunos do 10º semestre do curso de Agronomia (2012), que fizeram com que eu tivesse a certeza do caminho que escolhi para minha vida.. o caminho da docência. Obrigada a todos vocês!

E a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho, meu

MUITO OBRIGADA!

“Mais que ensinar, é amar a quem aprende”

*(Homenagem aos meus avós e meu tio-avô, Paulo Meinberg,
grandes mestres de minha vida)*

SUMÁRIO

RESUMO.....	11
ABSTRACT	13
1 INTRODUÇÃO.....	15
2 OBJETIVOS.....	19
2.1 Principal	19
2.2 Específicos.....	19
3 DESENVOLVIMENTO	21
3.1 Frutos nativos da Região Amazônica.....	21
3.2 Fisiologia pós-colheita	25
3.3 Desenvolvimento dos frutos	26
3.3.1 Respiração	28
3.3.2 Etileno	29
3.4 Manejo da conservação na pós-colheita de produtos hortícolas.....	30
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	33
4.1 Localização	33
4.2 Instalação dos experimentos	34
4.3 Metodologia das análises.....	37
4.4 Análise estatística dos dados.....	40
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
5.1 Abiu - Etapa 1: Caracterização de abius colhidos em diferentes estádios de maturação	41
5.2 Abiu - Etapa 2: Efeito da aplicação do 1-MCP e do etileno na fisiologia e na qualidade pós-colheita de abiu.....	50
5.3 Abiu - Etapa 3: Influência da temperatura no armazenamento de abius	62
5.4 Bacupari - Etapa 1: Caracterização de bacuparis colhidos em diferentes estádios de maturação	71
5.5 Bacupari - Etapa 2: Efeito da aplicação do 1-MCP e do etileno na fisiologia e na qualidade pós-colheita de bacupari.....	81
5.6 Bacupari - Etapa 3: Influência da temperatura no armazenamento de bacuparis....	89

5.7 Camu-camu - Etapa 1: Caracterização de camu-camus colhidos em diferentes estádios de maturação.....	99
5.8 Camu-camu - Etapa 2: Efeito da aplicação do 1-MCP e do etileno na fisiologia e na qualidade pós-colheita de camu-camu	110
5.9 Camu-camu - Etapa 3: Influência da temperatura no armazenamento de camu-camus	119
6 CONCLUSÕES	129
REFERÊNCIAS	131

RESUMO

Pós-colheita de abiu, bacupari e camu-camu, nativos da Região Amazônica, cultivados no Estado de São Paulo

No Brasil, existem diversas espécies frutíferas nativas com potencial de exploração comercial, especialmente na região da Amazônia, local de origem do abiu (*Pouteria caimito*), bacupari (*Rheedia gardneriana*) e camu-camu (*Myrciaria dubia*). Desta forma, o objetivo deste trabalho foi estudar a fisiologia e a conservação pós-colheita destes frutos, bem como o comportamento dos mesmos quando submetidos à técnicas de conservação. O projeto foi dividido em três etapas. A primeira etapa visou determinar a influência do estágio de maturação na qualidade e fisiologia pós-colheita dos frutos estudados. Na segunda etapa foram determinados os efeitos do 1-Metilciclopropeno (1-MCP) e do etileno (C_2H_4) na fisiologia e na conservação pós-colheita dos mesmos. A terceira etapa teve o objetivo de verificar a influência da temperatura de armazenamento na sua qualidade. Os frutos foram analisados quanto à incidência de podridões, atividade respiratória, produção de etileno e características físicas e químicas. Além de terem sido determinados os teores de clorofila, carotenóides totais e antocianinas totais. Verificou-se que os abius enquadram-se na classificação de frutos climatéricos, sendo que os mesmos devem ser colhidos no estágio de maturação 2, caracterizado pela cor da casca verde-amarela. Já nos bacuparis foi constatado padrão não-climatérico, sendo necessário colhê-los quando maduros, ou seja, com a casca na coloração laranja (estádio 3). Os camu-camus foram considerados frutos climatéricos e devem ser colhidos quando os frutos alcançarem o estágio de maturação 3, ou seja, com a casca na coloração vermelho-esverdeada. Em relação à aplicação do 1-MCP, este regulador influenciou a qualidade e fisiologia dos abius e camu-camus, aumentando a vida de prateleira dos frutos, como consequência da capacidade do 1-MCP em inibir a ação do etileno nos tecidos e retardar o amadurecimento. Já nos bacuparis, o 1-MCP apenas reduziu a incidência de podridões nos frutos. A temperatura de armazenamento influenciou a conservação de todos os frutos, sendo que, para os abius e bacuparis, recomenda-se o armazenamento a 10°C, enquanto que, para os camu-camus, a temperatura ideal é a de 5°C.

Palavras-chave: *Pouteria caimito*; *Rheedia gardneriana*; *Myrciaria dubia*; Estádio de maturação; Conservação pós-colheita

ABSTRACT

Postharvest of abiu, bacupari and camu-camu, native from Amazon Region, cultivated in São Paulo State

In Brazil, there are several native fruits with commercial potential, especially in the Amazon region, place of origin of abiu (*Pouteria caimito*), bacupari (*Rheedia gardneriana*) and camu-camu (*Myrciaria dubia*). Thus, the objective of this work was to study the physiology and postharvest conservation of fruits, as well as their behavior when subjected to conservation techniques. The project was divided into three steps. The first step was to determine the influence of maturation stage on quality and postharvest physiology of those fruits. The second step determined the effects of 1-methylcyclopropene (1-MCP) and ethylene (C_2H_4) on physiology and postharvest conservation of these fruits. The third step was to verify the influence of storage temperature on its quality. Fruits were analyzed for incidence of decay, respiration rate, ethylene production and physical and chemical characteristics. Was determined levels of total chlorophyll, carotenoids and anthocyanins. It was verified that classification abius are climacteric fruits and they must be harvested at maturation stage 2, characterized by skin color green-yellow. Bacuparis are non-climacteric, and should be harvested mature, as a orange skin color (stage 3). The camu-camus are climacteric fruits and should be harvested when the fruits reach the maturation stage 3 with skin color red-green. The application of 1-MCP influences the quality and physiology of abius and camu-camus, increasing the shelf life of these fruits, as a result of 1-MCP's ability to inhibit ethylene action in tissues and retarding ripening. In the bacupari, 1-MCP only reduced the incidence of decay in fruits. The storage temperature affect the conservation of all fruits, and for the abius and bacuparis are recommended storage at 10°C, while for camu-camus, the ideal temperature is 5 °C.

Keywords: *Pouteria caimito*; *Rheedia gardneriana*; *Myrciaria dubia*; Maturation stage; Postharvest conservation

1 INTRODUÇÃO

A Amazônia é reconhecida como a maior floresta tropical existente, correspondendo a 1/3 das reservas de florestas tropicais úmidas, além de ser o maior banco genético do planeta. Esta região abriga uma infinidade de espécies vegetais, cerca de 1,5 milhões de espécies vegetais catalogadas (INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS – IBAMA, 2012), dentre as quais se destacam muitas frutíferas, tais como abiu (*Pouteria caimito* Ruiz & Pav. Radlk.), bacupari (*Rheedia gardneriana* Miers ex Planch. & Triana) e camu-camu (*Myrciaria dubia* HBK McVaugh).

O abiu é um fruto bastante atrativo, com polpa doce e de grande aceitação popular (DONADIO et al., 2002). O bacupari, também conhecido como bacuripari, é um fruto muito saboroso e possui características antibacterianas e analgésicas, sendo muito estudado pela indústria química (SANTOS et al., 1999; CRUZ et al., 2006; ALMEIDA et al., 2008). Já o camu-camu se destaca em relação a outros frutos devido ao seu alto teor de ácido ascórbico, superior à maioria das plantas cultivadas (DONADIO et al., 1992).

O consumo de frutas e hortaliças sempre foi valorizado pelos benefícios que esses alimentos podem trazer à saúde, devido à grande quantidade de vitaminas, minerais e fibras que possuem. Pesquisas recentes apontam que outros compostos fitoquímicos possuem ação antioxidante, podendo prevenir ou retardar o aparecimento de doenças, como o câncer (SEGANTINI et al., 2012).

Perspectivas promissoras para exploração de frutos tropicais não tradicionais, como é o caso dos frutos nativos da Região Amazônica, se devem aos níveis consideráveis de compostos bioativos destes frutos (RUFINO et al., 2010). O interesse do consumidor nacional e internacional, pela alimentação saudável e natural, motivou a procura por frutas nativas e exóticas, que vem aumentando e se tornando um mercado interessante para produtores rurais que procuram alternativas de fonte de renda. Seu principal atrativo é o sabor característico, além das propriedades medicinais que possibilitam a criação de pratos e medicamentos em prol da saúde humana. Estas frutas podem ser aproveitadas não somente em seu estado natural, mas também no preparo de sucos, sorvetes, pasta, compotas, geléias,

conservas, doce cristalizados, licores, vinho, etc. Essas frutas também são fontes de vitaminas, minerais e fibras (LORENZI et. al., 2006).

No entanto, apesar do Brasil ser o terceiro maior produtor de frutas do mundo, com 43 milhões de toneladas ao ano, a fruticultura amazônica representa menos do que 7% deste total (ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA, 2012). No ecossistema amazônico são inúmeras as espécies frutíferas, sobre as quais não se dispõe de conhecimentos agrônômicos e, apesar da sua importância, pouco tem sido estudado no sentido de torná-las aptas ao cultivo fora do local de origem, bem como em relação à conservação e comercialização dos frutos. Ainda são escassos os estudos da fisiologia da planta, principalmente no que se refere à pós-colheita, apesar destes frutos apresentarem potencial comercial (DONADIO et al., 1992).

Dessa forma, o conhecimento da fisiologia pós-colheita destes frutos é de grande importância para gerar subsídios técnicos que visam a aplicação de tecnologias de conservação e a ampliação do tempo de armazenamento sem, contudo, alterar suas características físicas, sensoriais e nutricionais. O conhecimento do desenvolvimento dos frutos é necessário para definir técnicas de colheita, de manuseio e de conservação pós-colheita, assim como para definir índices de maturação e de qualidade (ARAÚJO NETO et al., 2001). Além disso, o conhecimento das características físicas, químicas e morfológicas dos frutos pode contribuir para a seleção de cultivares promissoras, cujos frutos, além de serem utilizados ao natural, sejam destinados também à industrialização (CARNEIRO, 1986).

Sabe-se que manejo inadequado na colheita e/ou na pós-colheita aceleram os processos de amadurecimento e senescência, afetando sensivelmente a qualidade e limitando ainda mais o período de comercialização. O estágio de maturação no qual os frutos são colhidos determina o seu potencial de conservação e a qualidade dos mesmos quando oferecidos ao consumidor (WILLS et al., 1998). Colheita realizada antes que os frutos atinjam a completa maturação fisiológica, prejudica o processo de amadurecimento, afetando a sua qualidade. Por outro lado, colheita tardia reduz a vida útil dos frutos, dificulta o manuseio e o transporte, devido à sua baixa resistência física, causando perdas quantitativas e qualitativas (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Como a maioria das frutas tropicais apresenta um curto período de comercialização após a colheita, são necessários estudos sobre técnicas de conservação visando estender sua vida útil sem afetar sua qualidade. De acordo com

Cortez et al. (2002), a qualidade inicial do produto, o tipo de manejo e o método de armazenamento utilizado influenciam a sua qualidade final.

O armazenamento refrigerado tem sido o método mais utilizado para reduzir as perdas pós-colheita, pois visa minimizar a intensidade do processo vital das frutas e hortaliças, por meio da utilização de condições adequadas que permitam reduzir o metabolismo normal, sem alterar a fisiologia do fruto, evitando, assim, a rápida deterioração (CHITARRA; CHITARRA, 2005). A refrigeração vem sendo estudada no armazenamento de frutos nativos, como o araçá-vermelho, butiá e bacuri, sendo observada a necessidade de se manejar a temperatura na pós-colheita desses frutos (FONTENELE, 2010).

Além disso, como a fisiologia pós-colheita de frutos nativos ainda é pouco explorada, há necessidade de mais estudos em relação ao comportamento dos mesmos quando expostos à reguladores vegetais, como o 1-Metilciclopropeno (1-MCP) e o Etileno (C_2H_4). O 1-MCP é um composto volátil que tem demonstrado ser um potente inibidor da ação do etileno na célula. Este produto se liga preferencialmente ao sítio de ligação do etileno, inibindo seu estímulo fisiológico sobre o amadurecimento e prolongando a vida útil dos frutos (SISLER; SEREK, 1997). Já, o tratamento com etileno acelera as transformações associadas ao amadurecimento, intensificando a pigmentação em uvas tratadas com o ácido 2-cloroetilfosfônico (ethephon), por exemplo. Em citros, há indução da síntese de carotenóides na casca, concomitantemente com a degradação da clorofila (LIMA et al., 2011).

O conhecimento da fisiologia do amadurecimento se faz necessário para entender como esses eventos são regulados, o que significa a possibilidade de manipulá-los visando a manutenção da qualidade e a redução de perdas após a colheita.

2 OBJETIVOS

2.1 Principal

Estudar a qualidade e a fisiologia pós-colheita de espécies frutíferas, nativas da Região Amazônica, como o abiu, o bacupari e o camu-camu, cultivadas no Estado de São Paulo.

2.2 Específicos

- ✓ Determinar a influência do ponto de colheita na qualidade e na fisiologia pós-colheita de abiu, bacupari e camu-camu colhidos em diferentes estádios de maturação;
- ✓ Verificar a qualidade e a fisiologia pós-colheita de abiu, bacupari e camu-camu quando tratados com 1-Metilciclopropeno (1-MCP) e Etileno (C₂H₄);
- ✓ Avaliar o efeito que a temperatura de armazenamento exerce na qualidade e na fisiologia pós-colheita de abiu, bacupari e camu-camu.

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 Frutos nativos da Região Amazônica

A maior floresta tropical do Planeta, a Amazônia sul-americana, corresponde a 2/5 da América do Sul e a metade do Brasil. A Amazônia é reconhecida como a maior floresta tropical existente, correspondendo a a 1/3 das reservas de florestas tropicais úmidas, além de ser o maior banco genético do planeta. Contém 1/5 da disponibilidade mundial de água doce e um patrimônio mineral não mensurado (IBAMA, 2012).

A Amazônia brasileira detém cerca de 65% da área da Amazônia continental, aproximadamente 4.000.000 km², que corresponde a praticamente 50% do território nacional e a 25% do continente americano (IBAMA, 2012). A Amazônia legal inclui os Estados do Pará, Amazonas, Acre, Amapá, Rondônia e Roraima, parte dos Estados do Maranhão, Tocantins e Mato Grosso. A Região Amazônica inclui aproximadamente 2 milhões de km² de florestas densas (38%), 1,8 milhão de florestas não-densas (36%) e 700 mil km² de vegetação aberta (14%). Os 12% restantes são ocupados por áreas antrópicas, de vegetação secundária e atividades agrícolas (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA, 1996).

A Região Amazônica possui grande variedade de ecossistemas, dentre os quais se destacam: matas de terra firme, florestas inundadas, várzeas, igapós, campos abertos e cerrados. Consequentemente, a Amazônia abriga uma infinidade de espécies vegetais, cerca de 1,5 milhões de espécies vegetais catalogadas (IBAMA, 2012), dentre as quais se destacam muitas frutíferas, tais como o abiu (*Pouteria caimito* Ruiz & Pav. Radlk.), bacupari (*Rheedia gardneriana* Miers ex Planch. & Triana) e camu-camu (*Myrciaria dubia* HBK McVaugh).

Nos últimos anos, houve um incremento da exploração econômica de produtos e subprodutos de algumas frutíferas específicas, devido à crescente preocupação do consumidor com a alimentação saudável (YAHIA, 2010). A população mundial vem se conscientizando de que os alimentos não são apenas para nutrir, mas também são fontes de compostos ou elementos biologicamente ativos, que proporcionam benefícios adicionais à saúde. Já é reconhecida a relação entre a ingestão de frutos e vegetais, e a diminuição do risco de desenvolvimento de diversas doenças crônico-

degenerativas mediadas pela ação de radicais livres. Essas espécies frutíferas da Amazônia contêm grande concentração de compostos bioativos que possuem como função fisiológica, a ação contra radicais livres (AVELLO; SUWALSKY, 2006).

Dentre os compostos com propriedades funcionais em alimentos, substâncias com atividade antioxidante têm recebido atenção especial, pois auxiliam na proteção do organismo humano contra o estresse oxidativo. Entre eles estão os carotenóides e as antocianinas, que além de serem corantes naturais dos alimentos, possuem também atividade antioxidante (SENTANIN; AMAYA, 2007).

Compostos antioxidantes são substâncias capazes de inibir a oxidação dos tecidos, diminuindo a concentração dos radicais livres no organismo e/ou quelando íons metálicos, prevenindo a peroxidação lipídica. Entre os antioxidantes não enzimáticos que têm recebido maior atenção por sua possível ação benéfica ao organismo, estão as vitaminas C e E (tocoferol), os carotenóides e os flavonóides, nos quais se enquadram as antocianinas (BARREIROS et al., 2006).

As espécies frutíferas nativas são um dos componentes da biodiversidade amazônica com grande aceitação para consumo *in natura* ou na forma industrializada. Utilizar-se dessas espécies em benefício das comunidades locais e regionais é tão importante quanto o desenvolvimento do seu cultivo, originando a geração de empregos, de serviços e de outras facilidades de cunho social, econômico e ambiental (SOUZA; SILVA, 2008).

Abiu (*Pouteria caimito*)

O abiu é uma planta da família Sapotaceae, originária da região amazônica, nos limites do Brasil, Colômbia, Peru e Venezuela (MANICA, 2000). Embora pouco explorado comercialmente, o abiu é um fruto bastante conhecido nos trópicos, ao lado de outras sapotáceas, como o sapoti (*Manilkara zapota* L. von Royen), o canistel (*Pouteria campechiana* Kunth Baehni), o caimito (*Chrysophyllum cainito* L.) e o mamey (*Pouteria sapota* (Jacq.) Moore & Stearn) (LEDERMAN et al., 2001).

É uma árvore de porte alto, alcançando até 10 m de altura, com folhas incompletas, pecioladas e glabras, flores hermafroditas, além de apresentar características medicinais. Possui características lactescentes, de copa densa e perenifólia (DONADIO et al., 2002).

Os frutos possuem forma elíptica ou esférica com casca amarela e lisa, quando maduros. A maioria dos tipos de abieiro produz frutos pequenos com peso em torno de 150 g. No entanto, algumas etnovariedades selecionadas pelos índios Ticunas, do alto Solimões, têm como principal característica o tamanho dos frutos que, não raro, ultrapassa a marca de 1000 g (KERR, 1993). O tamanho é de aproximadamente 10 cm de comprimento e 7 cm de diâmetro. A parte comestível do fruto é gelatinosa, translúcida ou ligeiramente branca, doce, com baixa acidez e representa 63,5% do peso do fruto. Possui de 1 a 4 sementes negras, lisas e oblongas, com 3 a 4 cm de comprimento e peso variando de 1,5 a 6,5 g (CALZAVARA, 1970; CARVALHO; MÜLLER, 2005).

O abiu possui grande aceitação popular, sendo utilizado em sua maioria na forma *in natura* (DONADIO et al., 1992). Nos últimos anos, com o maior interesse por frutas tropicais, essa espécie começou a despertar o interesse de especialistas em fruticultura e de fruticultores, o que já possibilitou o lançamento de uma variedade no Estado de São Paulo. Na região de Jaboticabal, o abiu adaptou-se bem, produzindo boas safras de maio a junho, com frutos de aproximadamente 400 g (DONADIO et al., 2002).

Bacupari (*Rheedia gardneriana*)

O bacupari, conhecido também como bacuripari ou bacoparé, é uma frutífera pertencente à família Clusiaceae. Embora esteja disperso até o Paraguai, tem origem na Amazônia, pois em estado silvestre, encontra-se nos igapós e capoeiras, e está distribuído por todo o Brasil. No Brasil, essa família está representada por 21 gêneros e 183 espécies, distribuídas nas diferentes regiões do país, das quais se destacam o abricó (*Mammea americana* L.) e o bacuri (*Platonia insignis* Mart) (BARROSO et al., 2002).

É uma planta arbórea com altura de 5 a 7 metros com tronco de 15 a 25 cm de largura e copa fechada. As folhas são simples, coriáceas e glabras e as flores hermafroditas. O período de floração ocorre entre junho e novembro, e o amadurecimento dos frutos, de agosto a fevereiro do ano subsequente (DONADIO et al., 2002).

Os frutos são comestíveis e muito saborosos (LORENZI, 2006). São bagas, de coloração variando de laranja a verde, com 3 a 4 cm de comprimento e 3 cm de

diâmetro. Possuem cascas lisas e grossas, polpas brancas e mucilaginosas, bastante ácidas, contendo até 4 sementes. O fruto é muito apreciado pela maioria da população da Amazônia e é consumido em seu estado natural (DONADIO et al., 2002). Na região de Jaboticabal as plantas se adaptaram bem, produzindo boas safras de agosto a janeiro.

Além disso, foram encontradas propriedades antibacterianas de compostos químicos extraídos dos frutos para *Pseudomonas* spp., *Streptococcus* spp. e *Clavibacter* spp. e propriedades analgésicas de compostos extraídos das folhas (SANTOS et al., 1999; CRUZ et al., 2006; ALMEIDA et al., 2008).

Camu-camu (*Myrciaria dubia*)

O camu-camu é uma planta nativa da Amazônia, pertencente à família Myrtaceae. Recentemente, foi distribuída em vários estados brasileiros para plantios comerciais pequenos, com o objetivo de produzir frutos como fonte de vitamina C. O camu-camu é o fruto que possui o maior teor de ácido ascórbico variando de 900 a 6000 mg 100 g⁻¹ de polpa (DONADIO et al., 1992; RODRIGUES et al., 2001; DONADIO et al., 2002; INOUE et al., 2008; ALBERTINO et al., 2009). Camu-camus produzidos em Manaus/AM, no Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia (INPA), possuem teores de vitamina C que variam entre 2400 a 3000 mg 100g⁻¹ de polpa, entretanto o camu-camu produzido no estado de Paraná possui de 1380 a 1500 mg 100 g⁻¹ de polpa (JUSTI et al., 2000). Esta ampla variação do teor de vitamina C entre as diferentes populações se deve, em grande parte, às diferenças genéticas (TEIXEIRA et al., 2004).

Vitamina C é um termo genérico para os compostos que exibem atividade biológica de ácido ascórbico (AA), o qual possui duas formas: a principal forma biologicamente ativa é o L-ácido ascórbico e a forma oxidada é o L-Ácido deidroascórbico (DHA), um produto de oxidação que também exibe atividade biológica e pode facilmente ser convertido em ácido ascórbico. Este componente nutricional é uma das principais vitaminas necessárias para o funcionamento adequado do organismo humano, participando de diversos processos metabólicos, dentre eles a formação do colágeno, processos de óxido-redução e fortalecimento de ossos e vasos sanguíneos (PADH, 1991).

Além disso, o camu-camu está entre as principais fontes de carotenóides e antocianinas de frutos típicos da Amazônia, com valores entre 355 a 1095 μg de carotenóides por 100 gramas de fruto (ZANATTA; MERCADANTE, 2007) e por volta de 54 mg de antocianinas totais por 100 gramas de fruto (RODRIGUES; MARX, 2006).

A planta é um arbusto de até 4 m de altura, muito ramificado, podendo ser cultivada em locais alagados ou não. O plantio do camu-camu em terra firme tem se mostrado promissor e economicamente viável, promovendo cultivo nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste. Suas folhas são incompletas, com formato ovado-elíptico. As flores do camu-camu são pequenas e hermafroditas e o período de florescimento é de novembro a março (DONADIO et al., 2002).

O fruto é uma baga globosa, com diâmetro de 1 a 3 cm e massa de aproximadamente 10 g. A casca é fina e apresenta coloração variando do vermelho ao roxo, sendo a antocianina o pigmento mais encontrado (ZANATA; MERCADANTE, 2007). A polpa do fruto é succulenta e ácida, perfazendo 55% do fruto, e o número de sementes é de aproximadamente 3 por fruto (EMBRAPA, 1996; DONADIO, 2002). A produção de frutos por planta pode chegar a mais de 20 kg. Na região de Jaboticabal as plantas produzem boas safras de março a junho.

3.2 Fisiologia pós-colheita

A fisiologia pós-colheita de produtos vegetais possui grande influência no processo de amadurecimento e conservação destes produtos, relacionados com a qualidade para consumo *in natura* ou industrial. Dados fisiológicos sobre o comportamento pós-colheita de frutos nativos da Região Amazônica são relativamente escassos. Apesar da importância destas espécies, pouco tem sido estudado no sentido de torná-las aptas ao cultivo fora do local de origem, bem como em relação à conservação e comercialização dos frutos. Dessa forma, o estudo da fisiologia pós-colheita destes frutos é de grande importância para o fornecimento de subsídios técnicos que visem à ampliação do tempo de armazenamento sem, contudo, alterar suas características físicas, sensoriais e nutricionais.

A qualidade de um produto vegetal engloba uma série de atributos físicos, químicos e sensoriais, bem como associações ou relações entre medidas objetivas e subjetivas. Estes atributos e relações são necessários para que se obtenha um

melhor entendimento das transformações que ocorrem após a colheita de frutas e hortaliças, afetando ou não a qualidade destes produtos (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Desta forma, a qualidade de um fruto é dependente da adoção de um conjunto de medidas que se iniciam na formação do pomar e terminam com a distribuição do fruto no mercado consumidor.

Após a colheita, as perdas da qualidade aumentam com os danos causados principalmente pelo transporte e armazenamento inadequados. A falta de conhecimento dos processos fisiológicos dos frutos e de infra-estrutura e logística de distribuição adequadas são os principais fatores responsáveis pelo elevado nível de perdas pós-colheita observados no Brasil (AZZOLINI, 2002). Em muitos casos a taxa de deterioração da qualidade está relacionada com a modificação do sabor, com a perda de firmeza, mudança da textura e da aparência (KADER, 1992). O potencial de conservação de um fruto está diretamente relacionado, não só com o manejo adequado após a colheita, mas também, com fatores genéticos (seleção de variedades); fatores ambientais pré-colheita (condições climáticas e práticas culturais); estágio de maturação na colheita; método de colheita e manuseio pós-colheita (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

3.3 Desenvolvimento dos frutos

O desenvolvimento de um fruto pode ser dividido em fases como: crescimento, maturação, amadurecimento e senescência, e ocorrem seguindo uma série de processos fisiológicos e bioquímicos geneticamente programados (CHITARRA; CHITARRA, 2005). O crescimento é definido como a fase de desenvolvimento na qual ocorre o incremento dos atributos físicos; a maturação é a fase do desenvolvimento que leva à maturação fisiológica. Esta por sua vez é definida como o estágio do desenvolvimento em que um fruto continuará sua ontogenia, mesmo que destacado da planta (WILLS et al., 1998). O amadurecimento é, dentro da fisiologia pós-colheita, uma fase importante do desenvolvimento dos frutos, pois torna-os atraentes e aptos ao consumo em função das transformações bioquímicas que ocorrem nesta fase. O amadurecimento é um processo coordenado de eventos bioquímicos e reorganizações metabólicas, sendo considerado um processo irreversível, levando o fruto à senescência, fase final do processo de desenvolvimento (RHODES, 1980).

O ponto de colheita dos frutos determina o seu potencial de conservação pós-colheita e a qualidade quando oferecidos ao consumidor. O estágio de maturação de um fruto tem como base os índices de maturação, os quais compreendem medidas físicas ou químicas que sofrem mudanças perceptíveis ao longo da maturação da fruta. Os índices de maturação devem assegurar a obtenção de frutos de boa qualidade, no que se refere às características sensoriais, além de um comportamento adequado durante o armazenamento. As principais transformações bioquímicas que ocorrem durante a maturação se refletem nos atributos de qualidade dos produtos hortícolas (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Quando os frutos são colhidos imaturos, além de pouca qualidade, têm alto índice de perda de massa. Por outro lado, quando colhidos muito maduros deterioram-se rapidamente, entrando em senescência (BLEINROTH et al., 1996; KAYS, 1997). Portanto, a fase do desenvolvimento em que o fruto é colhido é o ponto inicial, dentro da cadeia de pós-colheita, para a manutenção da qualidade.

As mudanças físicas e químicas durante o desenvolvimento e maturação dos órgãos vegetais são utilizados como critérios importantes para determinar padrões de maturidade, ponto de colheita e qualidade. Normalmente, com a evolução da maturação dos tecidos, há mudanças na coloração da casca e polpa dos mesmos, como a degradação da clorofila, tornando visíveis pigmentos pré-existent e/ou a síntese de novos pigmentos responsáveis pela coloração característica de cada espécie, e de cada órgão específico (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

Dentre os principais pigmentos presentes nos frutos estudados, os carotenóides e as antocianinas têm importante papel na aceitação do produto pelo consumidor. A principal função dos pigmentos carotenóides nas plantas é captar a energia da luz, que será transferida para as clorofilas e posteriormente processada durante a fotossíntese. Devido à presença de um cromóforo em sua molécula constituído exclusivamente ou principalmente de uma cadeia de ligações duplas conjugadas, as frutas e flores apresentam coloração amarela, laranja e vermelha. Os carotenóides estão presentes em todos os tecidos fotossintéticos, juntamente com a clorofila, assim como os tecidos da planta não fotossintéticos como componentes de cromoplastos, que pode ser considerado como cloroplastos degenerados. Geralmente, durante o amadurecimento, a clorofila é rapidamente degradada, enquanto os carotenóides e as antocianinas se acumulam (RIBEIRO et al., 2012).

As antocianinas são os pigmentos vegetais responsáveis pela maioria das cores azul, roxa e todas as tonalidades de vermelho encontradas em flores, frutos, algumas folhas, caules e raízes de plantas (MARKAKIS, 1982). São compostos solúveis em água e altamente instáveis em temperaturas elevadas (SHAHIDI; NACZK, 1995). Estes pigmentos fazem parte do grupo dos flavonóides, compostos fenólicos caracterizados pelo núcleo básico flavílio. Além de contribuírem para a cor de flores e frutas, as antocianinas atuam como filtro das radiações ultravioletas nas folhas. Em certas espécies de plantas estão associadas com a resistência à patógenos e atuam melhorando e regulando a fotossíntese (MAZZA; MINIATI, 1993).

Após a maturação dos frutos, inicia-se o amadurecimento, o qual é um processo bastante complexo, pois envolve inúmeras transformações metabólicas, reguladas principalmente pela respiração e por hormônios vegetais.

3.3.1 Respiração

A respiração consiste no processo vital para frutas e hortaliças, pois é na respiração que o vegetal recebe a energia necessária para a sua sobrevivência, constituindo um dos principais fatores determinantes do potencial de longevidade das frutas na fase pós-colheita (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Resumidamente, a respiração é o processo pelo qual os materiais orgânicos de reserva, como carboidratos, proteínas e gorduras, são oxidados em moléculas mais simples (CO_2 e O_2) com produção de energia e esqueletos carbônicos (TAIZ; ZEIGER, 2006). Dessa forma, a atividade respiratória é fundamental no processo de amadurecimento dos frutos, pois várias reações acopladas à respiração são responsáveis pela síntese de compostos, tais como pigmentos e fitohormônios (PURVIS, 1997).

O padrão de atividade respiratória dos frutos pode ser dividido em climatérico e não-climatérico. Frutos climatéricos, como maçãs, bananas, pêssegos, nectarinas, ameixas e tomates, são caracterizados por apresentarem aumento na produção de CO_2 acompanhado de produção de etileno. Já nos frutos não-climatéricos, como uvas, morangos, abacaxis e os citros em geral, este comportamento não é observado (LELIÈVRE et al., 1997; CHITARRA; CHITARRA, 2005). O aumento da concentração de etileno em frutos climatéricos pode ocorrer antes do aumento da concentração interna de CO_2 , concomitante com o aumento de CO_2 e, em alguns fruto, a concentração de etileno aumenta depois do aumento da respiração. Após o pico do

climatério há uma aceleração do amadurecimento do fruto, levando-o à senescência (RHODES, 1980).

A atividade respiratória é afetada por diversos fatores, portanto, é de grande relevância o conhecimento dos fatores internos e externos aos frutos. Com relação aos fatores internos, o estágio de maturação e a composição química dos frutos exercem grande influência na respiração dos mesmos. Já em relação aos fatores externos estão a temperatura, composição atmosférica e danos causados durante o manuseio e o armazenamento (PANTASTICO, 1975). Como os fatores inerentes ao fruto são mais difíceis de serem controlados, pode-se interferir nos fatores externos, possibilitando o desenvolvimento de técnicas de manejo e armazenamento que favoreçam a manutenção da qualidade dos produtos durante a comercialização

3.3.2 Etileno

Considerado o principal fitohormônio no processo de amadurecimento, o etileno (C_2H_4) não é o único a atuar nesta fase (ABELES et al., 1992). Segundo Vendrell e Palomer (1997), o etileno e o ácido abscísico podem ser considerados promotores, enquanto que as giberelinas e as citocininas são possíveis inibidores do amadurecimento. Contudo, o etileno regula muitos aspectos fisiológicos do crescimento, desenvolvimento, maturação e senescência de plantas (CHITARRA; CHITARRA, 2005) e, mesmo em concentrações muito baixas, pode provocar diferentes respostas fisiológicas nos tecidos. A interação entre os fitohormônios promotores e inibidores é o fator controlador do amadurecimento.

O etileno é um simples hidrocarboneto capaz de difundir-se nos tecidos vegetais a partir de fontes endógenas e exógenas (SALTVEIT, 1999). Sua biossíntese e seu modo de ação têm sido objetos de pesquisa (LELIÈVRE et al., 1997). A síntese do etileno pode ser induzida por fatores externos como elevação da temperatura e injúrias mecânicas, promovendo sua atuação em sítios específicos nas células, usualmente ativando ou inibindo enzimas do ciclo metabólico dos tecidos (YANG; HOFFMAN, 1985).

O efeito do etileno produzido naturalmente pelas plantas pode ser substituído pelo suprimento exógeno para iniciar a respiração climatérica e desencadear o amadurecimento, já que ambos induzem o processo de autocatálise da síntese deste hormônio pelos frutos. Comercialmente, é bastante difundido o uso do etileno gasoso

na indução do amadurecimento ou climatização de frutos, o qual é adquirido na forma de gás comprimido, em mistura com nitrogênio (SILVA et al., 2009).

O etileno exógeno aplicado no pré-climatério e em frutos do tipo climatérico, antecipa o amadurecimento e, por consequência, a senescência. Contudo, em frutos não climatéricos ocorre aumento na atividade respiratória, seguida de queda imediata, o que não reflete em amadurecimento. Um dos efeitos mais marcantes da aplicação exógena deste fitohormônio em frutas não climatéricas é a elevação na taxa respiratória (ABELES et al., 1992). O efeito prático do etileno em citros se evidencia na coloração da epiderme, que passa mais rapidamente de verde para amarela ou laranja, como resposta à aplicação exógena do regulador vegetal. O etileno promove aumento na atividade das enzimas clorofilase e oxidases, responsáveis pela degradação da clorofila e desaparecimento da cor verde, e, ao mesmo tempo, estimula a carotenogênese, levando ao aparecimento da cor amarela ou laranja (STEWART; WHEATON, 1972; SHIMOKAWA et al., 1978; YAMAUCHI et al., 1997).

A maioria das alterações fisiológicas pós-colheita de frutos é influenciada, direta ou indiretamente, pelo etileno. Em vários casos tem sido demonstrado que a redução da sua produção, assim como da sua ação pode prolongar o período de conservação dos frutos (LELIÈVRE, et al., 1997). Desse modo, técnicas de armazenamento que promovam uma menor produção de etileno e uma menor atividade respiratória aumentam o período de vida do fruto após a colheita (BIALE; YOUNG, 1962)

3.4 Manejo da conservação na pós-colheita de produtos hortícolas

As frutas e hortaliças apresentam alta perecibilidade, devido, principalmente, à intensa atividade metabólica que ocorre mesmo depois de colhidas, o que dificulta seu armazenamento e comercialização por longos períodos. A perecibilidade das frutas é proporcional à intensidade e ao padrão respiratório de cada espécie (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

As práticas de manejo pós-colheita são tão importantes quanto as práticas culturais no campo. Muitos problemas relacionados com a perda acentuada de qualidade e deterioração dos alimentos são o resultado de danos sucessivos e cumulativos que estes sofrem ao longo de toda a cadeia produtiva (CORTEZ et al., 2002).

O armazenamento refrigerado é o principal método utilizado para conservação de frutas e hortaliças, pois visa minimizar a intensidade do processo vital desses produtos por meio da utilização de condições adequadas que permitam uma redução no metabolismo normal, reduzindo a incidência de doenças pela inibição do crescimento de microrganismos, restringindo as atividades enzimáticas e respiratórias, inibindo as perdas de água e de frescor, sem alterar a fisiologia do fruto, evitando, assim, a rápida deterioração (DAMIANI et al., 2008).

O uso de refrigeração, quando bem aplicado, é um dos meios mais eficazes para a manutenção da qualidade e extensão do período de comercialização dos produtos hortícolas, cuja função é retardar os processos metabólicos, porém sem ocasionar distúrbios fisiológicos (AWAD, 1993). Entretanto, em alguns casos, somente a baixa temperatura pode ser insuficiente para retardar as mudanças na qualidade da fruta. Além disso, a baixa temperatura por períodos prolongados pode conduzir ao aparecimento de injúrias fisiológicas (KLUGE et al., 1996).

O estágio de desenvolvimento em que o fruto é colhido tem influência pronunciada na atividade respiratória e, conseqüentemente, no período de armazenamento. De acordo com Moura et al. (1999), frutos amadurecidos na planta são os preferidos pelos consumidores, devido ao seu sabor e cor após a colheita, porém eles são muito suscetíveis a perdas durante o armazenamento. Estes autores ainda citam que o ideal seria armazená-los em um estágio de maturação que não compromettesse o amadurecimento dos mesmos e que, ao mesmo tempo, garantisse a manutenção da qualidade durante o período de comercialização. Contudo, o período e a temperatura de armazenamento podem variar em função do estágio de maturação ou de espécie para espécie (CHITARRA; CHITARRA, 2005). De acordo com Pantastico et al. (1975) a temperatura de armazenamento da banana 'Cavendish' variou de acordo com o estágio de maturação em que foi colhida. Bananas verdes podem ser armazenadas a 14,4 °C durante 3 a 4 semanas, sendo que bananas maduras suportam a temperatura de 12,8 °C por apenas 1,5 semana.

Além do armazenamento refrigerado, uma estratégia para o controle da produção de etileno e, portanto, do amadurecimento e da senescência dos frutos, principalmente aqueles considerados climatéricos, surgiu com a descoberta e comercialização de um inibidor da ação do etileno, o 1-Metilciclopropeno (1-MCP) (WATKINS, 2000).

O 1-MCP é um composto gasoso que bloqueia a ação do etileno, através de competição pelos sítios de ligação com os receptores nas membranas celulares, impedindo seu estímulo fisiológico (BLANKENSHIP; DOLE, 2003). O 1-MCP possui diferentes efeitos sobre o amadurecimento e qualidade de frutos e hortaliças, de comportamento climatérico ou não, porém a concentração de 1-MCP necessária para apresentar efeito no bloqueio da ação do etileno varia conforme a espécie, cultivar, estágio de maturação, interação concentração x tempo de exposição e produção de novos receptores de etileno (WATKINS et al., 2000).

Embora o 1-MCP seja um gás, ele tem sido formulado como pó, com o nome comercial de SmartFresh[®], o qual libera o 1-MCP quando misturado a uma solução básica ou a água (BASSETTO, 2002).

O 1-MCP tem demonstrado ação de estender a vida útil de diversas frutas, hortaliças e flores, devido à sua capacidade de inibir a ação do etileno em vários tecidos de plantas. Os efeitos benéficos do 1-MCP em frutos incluem a redução da atividade respiratória e da produção de etileno, manutenção da firmeza e da coloração da casca e o prolongamento da vida pós-colheita (BLANKENSHIP; DOLE, 2003). O tratamento com 1-MCP também tem sido usado na redução dos sintomas de injúria pelo frio e podridões em frutos tropicais durante o armazenamento refrigerado (SELVARAJAH et al., 2001). Bassetto et al. (2005) e Singh e Pal (2008) observaram efeitos positivos do tratamento com 1-MCP em goiabas 'Pedro Sato' e 'Allahabad Safeda', respectivamente, armazenadas em baixas temperaturas (10°C), expressos pelo retardo do amadurecimento e pela ausência dos sintomas de injúria pelo frio.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Localização

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Pós-Colheita de Frutas e Hortaliças do Departamento de Produção Vegetal da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo, em Piracicaba/SP.

Os frutos utilizados em todas as etapas foram provenientes do Estado de São Paulo. Os abius foram colhidos de plantas de pomares comerciais da região de Mirandópolis (21°08' S e 51°06' W), e os bacuparis e os camu-camus foram colhidos de plantas da Coleção de Frutas Tropicais da Estação Experimental de Citricultura de Bebedouro, localizada no município de Bebedouro (20° 56' S e 48° 28' W) (Figura 1).

Figura 1 - Mapa do Estado de São Paulo, destacando os municípios de São Paulo (capital), Piracicaba, Bebedouro e Mirandópolis, envolvidos na pesquisa

4.2 Instalação dos experimentos

Após os abius serem colhidos em Mirandópolis, os frutos foram transportados, em caixas de papelão ondulado, imediatamente para São Paulo, capital, onde ficaram armazenados na Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo (CEAGESP) até o transporte para o Laboratório de Pós-Colheita de Frutas e Hortaliças (LPV-ESALQ-USP). Já, os bacuparis e os camu-camus, foram transportados diretamente ao Laboratório de Pós-Colheita de Frutas e Hortaliças, em caixas de plástico, forradas com espuma, logo após terem sido colhidos em Bebedouro.

Assim que as três espécies frutíferas chegaram em Piracicaba, foram selecionadas novamente, com o objetivo de descartar frutos fora do padrão (presença de injúrias, defeitos e com coloração desuniforme). Após essa seleção, os frutos foram armazenados em condições específicas para cada experimento, sendo o trabalho dividido em três etapas.

Etapas 1

O objetivo desta primeira etapa foi definir o melhor ponto de colheita do abiu, bacupari e camu-camu com base na evolução da qualidade e da fisiologia dos mesmos, após a colheita.

Frutos das três espécies foram colhidos em diferentes estádios de maturação tomando-se como base, a coloração da casca. Cada estágio de maturação foi considerado um tratamento, dentro de cada experimento. Após a seleção quanto à padronização e ausência de defeitos, os frutos foram armazenados em câmaras frias, a 22 ± 1 °C e $85 \pm 5\%$ UR, até o completo amadurecimento e/ou senescência.

Durante o armazenamento, os frutos foram analisados diariamente quanto à incidência de podridões, perda de massa, atividade respiratória e produção de etileno; e, a cada três dias, quanto às características físicas e químicas (coloração da casca, firmeza da polpa, teores de sólidos solúveis, acidez titulável, ácido ascórbico, clorofilas totais, carotenóides totais – para os abius e bacuparis – e antocianinas totais – para os camu-camus).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial, para cada espécie. Os fatores foram compostos pelos períodos de

armazenamento (dias) e pelos estádios de maturação em que os frutos foram colhidos. Foram avaliadas, em cada dia de análise, cinco repetições de cada tratamento, sendo que cada repetição foi constituída por cinco frutos, no caso do abiu, e por dez frutos, no caso do bacupari e do camu-camu.

Etapas 2

O objetivo desta etapa foi avaliar o comportamento fisiológico do abiu, do bacupari e do camu-camu, em resposta à aplicação do 1-MCP e do etileno. Frutos colhidos no estágio de maturação definido na etapa 1, foram selecionados, tratados com 1-MCP ou com etileno e armazenados em câmaras frias a 22 ± 1 °C e 85 ± 5 % UR.

O 1-MCP é comercializado na formulação pó molhável, contendo 0,14% de ingrediente ativo. A aplicação deste produto constou da colocação dos frutos em câmaras herméticas, com capacidade para 186 L, onde os mesmos permaneceram expostos ao 1-MCP durante 12 horas à temperatura ambiente. Para produzir a concentração desejada de 1-MCP no interior da câmara, 900 nL L⁻¹ (0,267 g) de Smartfresh®, foram colocados em um frasco com tampa, sendo adicionado, em seguida, 3 mL de água deionizada, com posterior agitação do frasco para completa dissociação do produto. Esse frasco foi aberto no interior da câmara, a qual foi fechada imediatamente para evitar a perda do gás.

A aplicação de etileno foi realizada com exposição dos frutos ao gás Azetil®, que contém 5% de etileno e 95% de nitrogênio. No caso do abiu, os frutos foram expostos a 500 µL L⁻¹ de C₂H₄ durante 12 horas, e no caso do bacupari e do camu-camu, os frutos foram expostos a 1000 µL L⁻¹ C₂H₄ durante 24 horas. Para as três espécies, os frutos foram dispostos em caixas herméticas, com capacidade para 186L. A cada 12 horas, essas caixas eram abertas durante 5 minutos, permitindo a ventilação e troca dos gases, seguido da reaplicação do etileno na mesma concentração. Frutos sem tratamento foram armazenados nas mesmas condições e utilizados como controle.

Os frutos foram analisados logo após os tratamentos com 1-MCP e etileno e, durante o armazenamento, diariamente quanto à incidência de podridões, perda de massa, atividade respiratória e produção de etileno; e a cada três dias quanto às características físicas e químicas (coloração da casca, firmeza da polpa, teores de

sólidos solúveis, acidez titulável, ácido ascórbico, clorofilas totais, carotenóides totais – para os abius e bacuparis – e antocianinas totais – para os camu-camu).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial, para cada uma das espécies. Os fatores foram constituídos pelos reguladores vegetais (1-MCP, C_2H_4 e controle) e pelos períodos de armazenamento (dias). Foram avaliadas, em cada dia de análise, cinco repetições de cada tratamento, sendo que cada repetição foi constituída por cinco frutos, no caso do abiu, e por dez frutos, no caso do bacupari e do camu-camu.

Etapa 3

O objetivo desta etapa foi estudar a influência da temperatura de armazenamento na qualidade e na fisiologia pós-colheita dos frutos colhidos no estágio de maturação definido na primeira etapa. Após a seleção, quanto à padronização e ausência de defeitos, os frutos foram armazenados em câmaras de refrigeração reguladas a 5, 10, 15, 20 e 25 ± 1 °C, e umidade relativa de 85 ± 5 %.

Os frutos das três espécies foram analisados no início do experimento visando à caracterização do lote e, durante o armazenamento, avaliados diariamente quanto à incidência de podridões, perda de massa, atividade respiratória e produção de etileno; e a cada três dias quanto às características físicas e químicas (coloração da casca, firmeza da polpa, teores de sólidos solúveis, acidez titulável, ácido ascórbico, clorofilas totais, carotenóides totais – para os abius e bacuparis – e antocianinas totais – para os camu-camu).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial, para cada espécie. Os fatores foram compostos pelos períodos (dias) e pelas temperaturas (5, 10, 15, 20 e 25 °C) de armazenamento. Foram avaliadas cinco repetições de cada tratamento, sendo que cada repetição foi constituída por cinco frutos, no caso do abiu, e por dez frutos, no caso do bacupari e do camu-camu, em cada dia de análise.

4.3 Metodologia das análises

Análises fisiológicas:

Atividade respiratória e produção de etileno: ambas as análises foram determinadas em sistema fechado, por cromatografia gasosa. Inicialmente, os frutos foram acondicionados em frascos de vidro, herméticos, com capacidade de 600 mL, previamente expostos às condições de temperatura e umidade de cada experimento. Os frascos foram fechados periodicamente e ao final de 60 minutos foram coletadas amostras de 1 mL de gás do interior dos mesmos, através de um septo de silicone presente na tampa de cada frasco, com auxílio de uma seringa de vidro, marca Hamilton, modelo Gastight, com capacidade de 2,5 mL. Essas amostras foram injetadas em cromatógrafo a gás, marca Thermo Finnigan, modelo Trace 2000 GC, equipado com dois detectores de ionização de chama (FID) regulados para 250 °C, dois injetores regulados para 120 °C, duas colunas Porapack N (coluna CO₂ – 4m; coluna C₂H₄ – 1,8 m) reguladas para 120 °C e um metanador regulado para 350 °C. O tempo de corrida para CO₂ foi de 2,5 minutos e para etileno, de 1 minuto. A atividade respiratória e a produção de etileno foram calculadas com base nos resultados obtidos nas determinações cromatográficas, nas massas dos frutos contidos no interior dos frascos, no volume dos frascos e no tempo que os frascos permaneceram fechados (aproximadamente 60 minutos). A concentração inicial de CO₂ no interior dos frascos foi medida assim que os mesmos foram fechados, e o resultado foi descontado da concentração final para o cálculo da atividade respiratória, sendo expressa em mL de CO₂ kg⁻¹ h⁻¹. Os resultados referentes à produção de etileno foram expressos em µL de C₂H₄ kg⁻¹ h⁻¹.

Análises físicas e químicas:

Coloração da Casca: foi determinada com colorímetro Minolta, modelo CR-300, com a seguinte configuração: sistema de cor L^* a^* b^* , iluminante D65 e observador padrão 2°. Foram tomadas duas leituras por fruto, em lados opostos de sua região equatorial (região de maior diâmetro), no caso do abiu, e uma leitura por fruto, também na região equatorial, para os bacuparis e camu-camus. Os resultados foram expressos em ângulo de cor (h°) e coordenadas de cromaticidade a^* e b^* . Os

valores de h° expressam a mudança da tonalidade dos frutos em graus: 0° = vermelho, 90° = amarelo, 180° = verde, 360° = azul). A coordenada a^* expressa a variação entre o vermelho e o verde (a^* negativo = verde; a^* positivo = vermelho) e a coordenada b^* , a variação entre o azul e o amarelo (b^* negativo = azul; b^* positivo = amarelo).

Firmeza da Polpa: foi determinada com auxílio de penetrômetro digital (53200 Sammar Tr – Turoni, Forli, Itália), aplicado na região equatorial de cada fruto, sendo utilizada ponteira de 6 mm de diâmetro para os abius e, ponteira pontiaguda para os bacuparis e camu-camu. Tomou-se uma leitura de cada fruto e os resultados foram expressos em Newton (N).

Perda de Massa: foi determinada através da diferença entre a massa inicial e a massa final da amostra em balança semi-analítica, com precisão de 0,01 g, sendo os resultados expressos em porcentagem (%).

Teor de Sólidos Solúveis: após trituração de cada amostra em centrífuga doméstica, uma gota do suco foi colocada em refratômetro digital Atago, modelo Palete 101, sendo realizadas duas leituras por repetição. Os resultados expressos em $^\circ\text{Brix}$.

Acidez Titulável: foi determinada de acordo com metodologia descrita por Carvalho et al. (1990), na qual 5 g de polpa foram homogeneizadas em 45 mL de água destilada. A solução foi titulada com NaOH a 0,1 N para o abiu e NaOH a 1 N para o bacuripari e o camu-camu, até alcançar pH 8,10 (ponto de viragem da fenolftaleína) em pHmetro digital (Tecnal, Tec 03 MP). Os resultados foram expressos em porcentagem (%) de ácido cítrico.

Ácido Ascórbico: foi determinado por titulometria, de acordo com metodologia descrita por Carvalho et al. (1990), na qual 5 g da polpa foram diluídas em 25 mL de ácido oxálico a 1%, no caso do abiu e do bacupari. Para o camu-camu, 0,5 g da polpa foi diluída em 2,5 mL de ácido oxálico a 1%. A titulação foi feita com solução de 2,6-diclorofenol-indofenol (DCFI) a 0,02%. Os resultados expressos em mg de ácido ascórbico por 100 g de polpa.

Análises de pigmentos:

Clorofilas e Carotenóides totais: foram determinados por espectrofotometria, a partir da metodologia descrita por Lichtenthaler (1987) na qual 0,5 g da amostra da polpa homogeneizada foi pesada em recipientes revestidos com papel alumínio, contendo 5 mL de acetona (80%). Em seguida, as amostras foram centrifugadas por 5 minutos na velocidade de 3000 rpm. Logo após, foi feita a leitura do sobrenadante em espectrofotômetro a 646 nm (clorofila b) e 663 nm (clorofila a). Os resultados foram expressos em mg de clorofila total por g de polpa. O teor de carotenóides foi determinado através da leitura do mesmo sobrenadante, alterando-se o comprimento de onda no espectrofotômetro para 470 nm, sendo os resultados expressos em mg de carotenóide total por g de polpa. Os teores de clorofilas e de carotenóides totais foram calculados pelas equações (1), (2), (3) e (4).

$$\text{Clorofila a (Ca)} = 12,25 * A_{663} - 2,79 * A_{646} \quad (1)$$

$$\text{Clorofila b (Cb)} = 21,50 * A_{646} - 5,10 * A_{663} \quad (2)$$

$$\text{Clorofila total (Ct)} = 7,15 * A_{663} + 18,71 * A_{646} \quad (3)$$

$$\text{Carotenóides totais (Cc)} = \frac{1000 * A_{470} - (1,82 * Ca + 85,02 * Cb)}{198} \quad (4)$$

Onde,

A_{646} = absorbância a 646 nm;

A_{663} = absorbância a 663 nm;

A_{470} = absorbância a 470 nm

Antocianinas Totais: foram determinadas para os camu-camus por espectrofotometria, de acordo com adaptação da metodologia descrita por Lee et al. (2005) e realizadas no Laboratório de Pós-colheita da Universidade da Flórida (*University of Florida*) em Gainesville, Flórida/EUA. Após a trituração dos frutos, parte da polpa homogeneizada de cada repetição foi congelada imediatamente. Posteriormente, as amostras foram transferidas para um congelador a -80 °C, permanecendo por, aproximadamente, 72 horas, para que as mesmas fossem

submetidas ao processo de liofilização. Após as amostras terem sido liofilizadas, foram lacradas e acondicionadas em uma caixa de isopor para serem enviadas ao Laboratório de Pós-colheita da Universidade da Flórida e analisadas, posteriormente. Para a análise, 0,5 g de polpas liofilizadas de camu-camus foram diluídas em 4,5 mL de solução de HCl em Metanol a 0,5% (v/v), em recipientes revestidos com papel alumínio. A solução foi homogeneizada e, em seguida, deixada a 4 ± 1 °C durante uma hora, na ausência de luz. Na sequência, as amostras foram filtradas e foi realizada a leitura do sobrenadante em espectrofotômetro a 520 nm. Os resultados foram expressos em mg de antocianinas por 100 g de polpa liofilizada. Os teores de antocianinas totais foram calculados pela equação (5).

$$\text{Antocianinas totais (At)} = A_{520} * f \quad (5)$$

Onde;

A_{520} = absorbância a 520 nm;

f = fator de diluição (10)

Análise de Podridões:

Incidência de podridão: foi avaliada visualmente contando-se o número de frutas com presença de podridão, que continham lesões com diâmetro superior a 0,5 cm. Os resultados foram expressos em porcentagem (%) de frutos com podridão.

4.4 Análise estatística dos dados

O software SISVAR (FERREIRA, 2011) foi utilizado para a análise estatística dos resultados. A interpretação dos dados foi realizada com base nas análises de variância, utilizando-se o teste F e respeitando-se o delineamento experimental adotado, sendo as médias comparadas utilizando o teste de Tukey, ao nível de significância de 5%.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Abiu - Etapa 1: Caracterização de abius colhidos em diferentes estádios de maturação

Após a colheita dos abius, os mesmos foram classificados em 3 estádios de maturação: estágio 1 – verde (frutos de coloração predominantemente verde); estágio 2 – verde-amarelo (frutos de coloração verde-amarelada); estágio 3 – amarelo (frutos de coloração predominantemente amarela) (Figura 2).

Figura 2 - Aspecto de abius colhidos em três estádios de maturação: estágio 1 (verde), estágio 2 (verde-amarelo) e estágio 3 (amarelo)

O ângulo de cor indica a localização da cor em um diagrama de cores, onde cada ângulo, entre 0 e 360°, representa uma coloração diferente. Os ângulos 0° ou 360° representam o vermelho puro, o 90° representa o amarelo puro, o 180° o verde puro e o 270° o azul puro. Desta forma, na caracterização, os frutos colhidos no estágio 1 apresentaram ângulo de cor (h°) de 113,10°, já os frutos colhidos nos estádios 2 e 3, apresentaram valores de 90,76° e 78,88°, respectivamente. A avaliação da coloração da casca permitiu expressar as diferenças significativas ($P < 0,05$) entre os frutos dos três estádios no momento da colheita. Com o decorrer do período de armazenamento, os frutos colhidos ainda verdes (estádio 1) sofreram modificações no ângulo de cor, havendo um decréscimo significativo na coloração ao longo do armazenamento, chegando a 87° no nono dia. As mudanças de coloração

para os frutos do estágio verde-amarelo (estádio 2) ocorreram com menor intensidade e, se restringiram aos três primeiros dias. Já nos frutos do estágio amarelo (estádio 3), não foram observadas alterações na coloração da casca durante os nove dias de armazenamento (Tabela 1).

Tabela 1 - Valores médios da coloração da casca de abius colhidos em três estádios de maturação (estádio 1 = verde, estágio 2 = verde-amarelo, estágio 3 = amarelo) e armazenados a $22\pm1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $85\pm5\text{ \% UR}$, durante nove dias¹

Estádios	Dias de armazenamento							
	0 ²		3		6		9	
	-----Hue (h°)-----							
1	113,09	Aa	103,29	Ab	101,13	Ab	87,19	Ac
2	90,76	Ba	80,75	Bb	79,69	Bb	78,69	Bb
3	78,88	Ca	77,66	Ba	76,75	Ba	75,64	Ba
	-----a*-----							
1	-8,49	Cd	-4,74	Cc	-2,97	Bb	3,34	Ba
2	-0,59	Bb	8,96	Ba	10,28	Aa	10,77	Aa
3	11,09	Aa	11,97	Aa	12,78	Aa	13,61	Aa
	-----b*-----							
1	20,12	Cc	32,48	Bb	35,18	Bb	51,63	Aa
2	48,77	Bb	53,81	Aa	54,62	Aa	54,16	Aa
3	57,72	Aa	55,16	Aa	54,88	Aa	53,32	Aa

¹ Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, em relação a cada variável, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P=0,05).

² O dia zero representa o dia da recepção dos abius no Laboratório de Pós-colheita de Frutas e Hortaliças (LPV-ESALQ-USP), caracterizado, no presente trabalho, como dia da colheita.

No sistema $L^* a^* b^*$ de colorimetria, utilizado no presente trabalho, além do ângulo de cor, as cores são definidas pelo brilho e pelas coordenadas de cromaticidade (a^* e b^*), em que valores positivos de a^* estão relacionados à cor vermelha, valores negativos de a^* , à cor verde, valores positivos de b^* , à cor amarela e valores negativos de b^* , à cor azul. Desta forma, ao observar os valores dessas coordenadas na Tabela 1, pode-se constatar que os frutos colhidos no estágio 3 apresentaram os maiores valores de a^* (11,09) no momento da colheita, diferentemente dos valores encontrados para os abius do estágio 1 (-8,49), indicando que estes frutos apresentavam casca de coloração verde. Durante o armazenamento,

verificou-se aumento nos valores da coordenada a^* , nos estádios 1 e 2, sinalizando perda da cor verde na epiderme destes frutos.

Concomitantemente, os valores de b^* (Tabela 1) indicaram que os frutos colhidos nos estádios 1 e 2 tiveram intensificação da cor amarela na casca, devido ao aumento nesses valores. Os abius colhidos mais maduros (estádio 3) apresentaram, inicialmente, maior intensidade da cor amarela, no entanto, ao final do armazenamento, todos os frutos possuíam casca de coloração amarela de tonalidade semelhante. Desta forma, os dados de cor confirmam que há diferença na coloração da casca dos frutos em relação ao estágio de maturação em que os mesmos são colhidos e, também indicam que ocorrem mudanças na coloração da casca após a colheita.

O uso da cor da casca, como um índice de maturidade, mostrou-se viável, uma vez que permitiu a diferenciação entre os estádios de maturação, assim como Mercado-Silva et al. (1998) e Azzolini et al. (2004) que consideraram a cor da casca como o melhor índice na determinação do estágio de maturação para a colheita de goiabas 'Media China' e 'Pedro Sato', respectivamente. Além disso, a cor é um importante parâmetro de qualidade, uma vez que ela interfere na aceitação do produto pelo consumidor e na percepção de doçura e de sabor (CRISOSTO et al., 2003).

As mudanças de coloração de verde para amarelo, evidenciadas nos diferentes estádios de maturação do abiu, estão associadas, à degradação da clorofila e à síntese/aparecimento de carotenóides na casca dos frutos no decorrer da sua maturação. Este comportamento foi confirmado com os resultados obtidos no presente trabalho. Os teores de clorofilas totais foram maiores nos frutos colhidos no estágio 1, seguidos dos colhidos nos estádios 2 e 3 (Figura 3A) e, diminuíram ao longo do armazenamento. As clorofilas são os pigmentos naturais verdes mais abundantes presentes nas plantas e ocorrem nos cloroplastos das folhas e em outros tecidos vegetais (VOLP et al., 2009).

Os carotenóides se encontram em frutas e vegetais amarelos e nos cloroplastos de tecidos verdes, onde podem estar mascarados pela clorofila até que o tecido envelheça. Os teores de carotenóides (Figura 3B) aumentaram após a colheita, cujo comportamento foi coincidente com o relatado por Meléndez-Martínez et al. (2004), sendo que os frutos colhidos no estágio 3 apresentaram teores mais elevados que os do estágio 1. Segundo Chitarra e Chitarra (2005), o teor de carotenóides tende

a aumentar durante o amadurecimento, embora parte da intensificação da cor é devido à perda de clorofila. Os processos de deterioração ocorridos no amadurecimento relacionam-se, de modo geral, com a degradação dos carboidratos de reserva, com a redução nos conteúdos de ácidos orgânicos e polifenóis, e com as mudanças na pigmentação (LIMA, 2003).

Figura 3 - Teores de clorofilas totais (A) e carotenóides totais (B) em abius colhidos em três estádios de maturação (estádio 1 = verde, estágio 2 = verde-amarelo, estágio 3 = amarelo) e armazenados a 22 ± 1 °C e 85 ± 5 % UR, durante nove dias. Barras verticais representam o erro padrão da média (n = 5)

Depois da alteração da cor, o amolecimento do fruto representa a mudança mais importante que ocorre no seu processo de maturação (AWAD, 1993). Os frutos colhidos no estágio de maturação 1 apresentaram-se mais firmes durante todo período de armazenamento, sendo que na ocasião da colheita, a firmeza da polpa foi de 41,60 N. Os abius colhidos nos estádios 2 e 3 apresentaram valores de 17,40 N e 13,60 N, respectivamente. Geralmente, frutos colhidos em estádios de maturação mais avançados possuem baixa firmeza da polpa quando comparados aos colhidos em estádios de maturação mais precoce. Ao longo do período de armazenamento observou-se redução nos valores de firmeza, independentemente do estágio de maturação, com os colhidos nos estádios 1, 2 e 3 atingindo, no 9º dia, valores de 23,30 N, 14,60 N e 10,50 N, respectivamente (Figura 4). Dinus e Mackey (1974) afirmam que a firmeza da polpa de frutas é determinada principalmente pelo tipo e quantidade de constituintes da parede celular, principalmente, o conteúdo de pectina solúvel e as estruturas das hemiceluloses. Esta característica é um dos recursos mais utilizados no acompanhamento do amolecimento dos frutos, uma vez que sofre alterações durante esse processo (TUCKER, 1993).

Figura 4 - Firmeza da polpa de abius colhidos em três estádios de maturação (estádio 1 = verde, estágio 2 = verde-amarelo, estágio 3 = amarelo) e armazenados a 22 ± 1 °C e 85 ± 5 % UR, durante nove dias. Barras verticais representam o erro padrão da média ($n = 5$)

A perda de massa em todos os estádios foi semelhante durante todo o armazenamento (Figura 5). A perda de massa fresca em frutos armazenados ocorre em decorrência da água eliminada por transpiração, devido à diferença de pressão de vapor entre o fruto e o ar no ambiente, e pela respiração (SOUZA et al., 2000). Esta também causa prejuízos à qualidade, principalmente pelas alterações na textura (VICENTINI et al., 1999).

Figura 5 - Perda de massa de abius colhidos em três estádios de maturação (estádio 1 = verde, estágio 2 = verde-amarelo, estágio 3 = amarelo) e armazenados a 22 ± 1 °C e 85 ± 5 % UR, durante nove dias. Barras verticais representam o erro padrão da média ($n = 5$)

Em relação ao teor de sólidos solúveis houve diferença significativa ($P > 0,05$) entre os frutos dos três estádios (Figura 6). No momento da colheita observou-se que

os frutos do estágio 3 apresentaram os maiores teores de sólidos solúveis (14,25° Brix), enquanto os colhidos nos estádios 1 e 2, os menores (11,70° Brix e 11,85° Brix, respectivamente). Após a colheita, os frutos do estágio verde não sofreram alterações nos valores durante o período de armazenamento, no entanto os colhidos nos estádios mais maduros tiveram aumento nos valores, com destaque para os abius do estágio 3, que apresentaram, no 9º dia, os maiores teores de sólidos solúveis. Segundo Chitarra e Chitarra (2005) o teor de açúcares atinge o valor máximo no final da maturação corroborando, assim, com o observado. No entanto, Canuto et al. (2010) encontraram teores próximos a 4° Brix para abius colhidos no estágio semi-maduro, o que é inferior aos obtidos neste trabalho. Esta diferença pode ser devido ao local de produção e clima da região, pois de acordo com Bleinroth et al. (1992) os teores de sólidos solúveis podem variar em uma mesma espécie em função do local de produção e manejos hortícolas.

Figura 6 - Teor de sólidos solúveis de abius colhidos em três estádios de maturação (estádio 1 = verde, estágio 2 = verde-amarelo, estágio 3 = amarelo) e armazenados a 22±1 °C e 85±5 % UR, durante nove dias. Barras verticais representam o erro padrão da média (n = 5)

A porcentagem de ácido cítrico nos abius é muito baixa. Observou-se que, durante todo o armazenamento, os valores foram inferiores a 0,1% de ácido cítrico. Ainda assim, a acidez titulável, no momento da colheita, foi maior no estágio 1 que nos demais estádios (Figura 7). A acidez dos abius apresentou comportamento semelhante ao que se observa na maioria dos frutos, sendo que os valores maiores correspondem aos frutos colhidos nos estádios mais verdes. Após a colheita, para a maioria das frutas tropicais, o teor de ácidos orgânicos diminui (ULRICH, 1970). No entanto, foi observado um aumento na acidez titulável dos abius. Esse aumento pode ser atribuído à formação do ácido galacturônico no processo de degradação da

parede celular, processo que ocorre durante o amadurecimento da maioria dos frutos, em pequena ou grande escala (COSTA; BALBINO, 2002).

Figura 7 - Acidez titulável de abius colhidos em três estádios de maturação (estádio 1 = verde, estágio 2 = verde-amarelo, estágio 3 = amarelo) e armazenados a 22 ± 1 °C e 85 ± 5 % UR, durante nove dias. Barras verticais representam o erro padrão da média ($n = 5$)

Em relação ao comportamento dos teores de ácido ascórbico foi verificado os maiores valores nos frutos mais maduros ($8,32 \text{ mg de ácido ascórbico} \cdot 100\text{g}^{-1}$ de polpa) (Figura 8). Durante o armazenamento, o teor de ácido ascórbico apresentou leve aumento nos frutos do estágio 1 e decréscimo nos outros estádios de maturação, o que está de acordo com Butt (1980), que afirma que o conteúdo de vitamina C, na maioria dos frutos, tende a diminuir durante o processo de maturação, provavelmente devido à oxidação dos ácidos orgânicos.

Figura 8 - Ácido ascórbico de abius colhidos em três estádios de maturação (estádio 1 = verde, estágio 2 = verde-amarelo, estágio 3 = amarelo) e armazenados a 22 ± 1 °C e 85 ± 5 % UR, durante nove dias. Barras verticais representam o erro padrão da média ($n = 5$)

Ao observar o comportamento fisiológico dos abius pode-se verificar que todos os frutos tiveram suas máximas produções de CO_2 no dia da colheita, o que pode ser devido ao estresse ocorrido durante a colheita e o transporte (Figura 9A). Durante o armazenamento, os frutos dos estádios 1 e 3 apresentaram tendência semelhante quanto à produção de CO_2 , enquanto os colhidos no estágio 2 tiveram produção menor em relação aos demais. Os altos valores na atividade respiratória dos frutos dos estádios 1 e 3 podem ter ocorrido devido ao metabolismo acelerado nos abius colhidos ainda verdes, os quais necessitam de energia para continuarem seus processos de síntese, ao passo que nos colhidos completamente maduros este comportamento pode ser atribuído à senescência. Fonseca et al. (2002) citam que o estágio de maturação normalmente influencia a atividade respiratória. No entanto, em algumas espécies, pode ser possível observar atividade respiratória semelhante entre frutos colhidos em diferentes estádios de maturação (STEFFENS, 2003).

Já para a produção de etileno, os frutos colhidos nos estádios 1 e 2 apresentaram comportamento distinto aos do estágio 3 (Figura 9B), caracterizado por pico na produção no segundo dia de armazenamento ($1,5 \mu\text{L de C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ e $0,9 \mu\text{L kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$, respectivamente) e por manutenção na produção, com níveis em torno de $0,1 \mu\text{L de C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$. Isso provavelmente ocorreu, pois os frutos colhidos totalmente maduros já tiveram seu pico de produção de etileno antes de colhidos, enquanto os colhidos mais verdes necessitam produzir o hormônio para desencadear uma série de eventos que culminam com seu amadurecimento e senescência (LELIÈVRE et al., 1997).

Segundo Chitarra e Chitarra (2005), de maneira geral, os tecidos vegetais climatéricos apresentam aumento da atividade respiratória em resposta ao etileno. A produção de etileno endógeno é uma parte essencial no amadurecimento de frutos climatéricos e provavelmente age como regulador dos processos etileno dependentes (THEOLOGIS, 1992). Desse modo, os elevados teores de etileno proporcionaram também a aceleração do metabolismo celular, em decorrência da produção de CO_2 , reduzindo por sua vez a vida útil dos frutos.

Logo, o abiu pode ser classificado como fruto climatérico, em virtude do aumento da respiração após a colheita ter se associado ao aumento da produção de etileno.

Figura 9 - Atividade respiratória (A) e produção de etileno (B) de abius colhidos em três estádios de maturação (estádio 1 = verde, estágio 2 = verde-amarelo, estágio 3 = amarelo) e armazenados a 22 ± 1 °C e 85 ± 5 % UR, durante nove dias. Barras verticais representam o erro padrão da média (n = 5)

Os frutos colhidos no estágio 3 apresentaram altos índices de podridão no início e ao final do armazenamento. A porcentagem de frutos com podridões causadas por espécies de *Colletotrichum*, no 9º dia do período de conservação, correspondeu a 33%, 46,7% e 80%, nos abius colhidos nos estádios 1, 2 e 3, respectivamente (Figura 10). De acordo com Wills et al. (1981), frutos imaturos são menos suscetíveis à ocorrência de podridões que frutos maduros, concordando com os resultados obtidos neste trabalho. No decorrer deste período e com o amadurecimento das frutas, a disponibilidade de nutrientes e energia aumentam favorecendo o desenvolvimento do microorganismo invasor, facilitando o estabelecimento e desenvolvimento dos patógenos. Todos os tratamentos apresentaram podridões e estas aumentaram na medida em que as frutas avançaram em sua maturação.

Figura 10 - Incidência de podridão em abius colhidos em três estádios de maturação (estádio 1 = verde, estágio 2 = verde-amarelo, estágio 3 = amarelo) e armazenados a 22 ± 1 °C e 85 ± 5 % UR, durante nove dias

Dessa forma, sendo o abiu um fruto de comportamento climatérico e que apresenta mudanças características de amadurecimento, observadas nas avaliações realizadas, a colheita pode ser realizada quando o fruto atinge o estágio de maturação 2, com abius de casca com coloração verde-amarela.

5.2 Abiu - Etapa 2: Efeito da aplicação do 1-MCP e do etileno na fisiologia e na qualidade pós-colheita de abiu

Com base nos resultados da etapa anterior, optou-se por colher os abius no estágio de maturação 2 (verde-amarelo). Os frutos colhidos no estágio 2, além de terem apresentado menor índice de podridão quando comparados com os frutos colhidos no estágio 3, atingiram níveis dos atributos de qualidade semelhantes aos de frutos amadurecidos na planta.

Nesta etapa, notaram-se diferenças entre os tratamentos quando se observou a vida pós-colheita dos frutos. Devido a uma desordem ocorrida no metabolismo dos frutos que foram expostos ao etileno, estes exibiram manchas escuras em sua epiderme um dia após o tratamento. De acordo com Chitarra e Chitarra (2005), o etileno, quando presente em excesso nas câmaras de armazenamento, tanto pode acelerar desordens pré-existentes, como causar novas desordens fisiológicas. O seu acúmulo durante o armazenamento, ou no caso desta etapa, sua aplicação de forma

exógena, pode resultar em declínio significativo em vários atributos de qualidade, principalmente na cor, textura e *flavor*. Dessa maneira, a avaliação dos frutos tratados com etileno foi interrompida aos seis dias de armazenamento, pois 90% dos frutos apresentavam manchas escuras na casca e presença de podridão (Figura 11).

Figura 11 - Aparência de abius tratados com 1-MCP e etileno e dos frutos controle, no início e no fim do armazenamento a 22 ± 1 °C e 85 ± 5 % UR

Sintoma semelhante de desordem causada pela elevada concentração de etileno é observado em alface crespa, com o distúrbio chamado *russett spotting*, o qual se caracteriza pelo surgimento de manchas marrons ao redor da nervura central das folhas, podendo, nos casos severos, espalharem-se por toda a folha (KE; SALTVEIT, 1989). Nesta desordem, ocorre o espessamento das paredes celulares e escurecimento das células, sendo que os sintomas se iniciam na epiderme, formando depressões.

De acordo com a Tabela 2, houve redução nos valores de ângulo de cor nos três tratamentos. No entanto, nos frutos que foram expostos ao 1-MCP e nos frutos controle, essa redução foi bem menos intensa que nos frutos expostos ao etileno, os quais no terceiro dia já apresentavam uma queda de $16,67^\circ$, o que demonstra a mudança na coloração da casca logo após a exposição ao hormônio. Os tratamentos com 1-MCP e controle diferenciaram-se significativamente ao final do armazenamento, quando os frutos controle tiveram maior redução nos valores de ângulo de cor.

Tabela 2 - Valores médios da coloração da casca de abius tratados com 1-MCP, etileno e nos frutos controle, armazenados a 22±1 °C e 85±5 % UR, durante nove dias¹

Tratamento	Dias após o tratamento							
	0		3		6		9	
	-----Ângulo de cor (°h)-----							
1-MCP	92,63	Aa	87,77	Ab	85,40	Ab	83,13	Ab
Etileno	92,63	Aa	75,96	Bb	---		---	
Controle	92,63	Aa	87,30	Ab	83,67	Ab	81,00	Bb
	-----a*-----							
1-MCP	13,51	Aa	12,63	Ba	13,34	Aa	12,98	Aa
Etileno	13,51	Ab	15,37	Aa	---		---	
Controle	13,51	Aa	12,23	Ba	12,11	Bb	13,05	Aa
	-----b*-----							
1-MCP	56,35	Aa	55,24	Ba	55,24	Ba	57,31	Ba
Etileno	56,35	Aa	54,37	Bb	---		---	
Controle	56,35	Ac	58,99	Ab	60,93	Aa	61,01	Aa

¹ Médias seguidas pela mesma letra maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P=0,05).

Provavelmente, a aplicação do etileno exógeno desencadeou diversas reações metabólicas ligadas ao amadurecimento e, conseqüentemente, à senescência dos frutos. A intensificação na evolução da cor da casca nos frutos tratados com etileno exógeno pode ser atribuída à sua ação em promover a autocatálise da síntese de etileno endógeno, ou à liberação de etileno diretamente nos tecidos (OETIKER; YANG, 1995).

Em relação aos valores da coordenada a^* , que varia do vermelho ao verde, essa coordenada apresentou estabilidade de valores durante o período de armazenamento dos abius, com exceção do tratamento com frutos expostos ao etileno, onde já no segundo dia de análise, os frutos apresentaram escurecimento, o que pode estar relacionado com o incremento nos valores de a^* (Tabela 2). Já a análise de variância da coordenada b^* não apresentou diferença significativa para o tempo de armazenamento nos frutos tratados com 1-MCP, ou seja, a coloração amarela manteve-se estável após à exposição ao produto. Os frutos tratados com

etileno apresentaram queda no valor de b^* e, nos frutos controle, observou-se um aumento dessa variável, indicando mais intensidade na coloração amarela das cascas dos abius (Tabela 2).

A maior intensidade da coloração amarela da casca pode ser observada com a análise dos conteúdos de clorofilas e carotenóides (Figura 12). Como era de se esperar, os teores de clorofilas diminuíram significativamente ao longo do armazenamento em todos os tratamentos (Figura 12A). O teor de clorofila total nos frutos controle e nos tratados com etileno variou de $2,05 \text{ mg g}^{-1}$, no dia 0 (início), a $0,1 \text{ mg g}^{-1}$ no último dia de análise. Para os abius expostos ao 1-MCP esses teores diminuíram de $2,05 \text{ mg g}^{-1}$ para $0,85 \text{ mg g}^{-1}$, em nove dias. A perda da coloração verde da casca é devida à quebra da estrutura da molécula de clorofila por uma via composta por várias enzimas, dentre elas a clorofilase. O aumento da atividade desta enzima está geralmente associado com a produção de etileno durante o amadurecimento do fruto (TUCKER, 1993). Já o 1-MCP se liga ao sítio de ligação do etileno na célula evitando a ação do mesmo sobre os processos fisiológicos de amadurecimento (SEREK et al., 1995), como a indução das enzimas de quebra da clorofila.

No presente trabalho, os teores de carotenóides nos frutos controle variaram de $2,87$ a $3,65 \text{ mg g}^{-1}$ e, nos expostos ao 1-MCP, de $2,87$ a $3,0 \text{ mg g}^{-1}$ (Figura 12B). Já os abius tratados com etileno alcançaram os maiores valores, chegando a $4,01 \text{ mg.g}^{-1}$ no terceiro dia após o tratamento. O conteúdo de carotenóides nas frutas e vegetais depende de vários fatores como: variedade genética, estágio de maturação, armazenamento, tratamentos pós-colheita, processamento e preparo (CAPECKA et al., 2005).

Figura 12 - Teores de clorofilas totais (A) e carotenóides totais (B) em abius tratados com 1-MCP, etileno e nos frutos controle, armazenados a 22 ± 1 °C e 85 ± 5 % UR, durante nove dias. Barras verticais representam o erro padrão da média ($n = 5$)

A firmeza da polpa dos frutos tratados com 1-MCP foi superior aos demais tratamentos, apresentando menor perda de firmeza durante o período de avaliação, diferindo significativamente do controle e do tratamento com etileno (Figura 13). Os abius tratados com etileno apresentaram os menores valores de firmeza, com redução de aproximadamente 5 N logo no terceiro dia de armazenamento. A firmeza da polpa do fruto é determinada pela força de coesão entre as pectinas. Com a evolução do amadurecimento ocorre atuação de enzimas pectinolíticas, que transformam a pectina insolúvel em solúvel e promovem o amolecimento dos frutos, o qual é extremamente sensível ao etileno (LELIÈVRE et al., 1997). Segundo Nishiyama et al. (2007), as modificações na parede celular durante o amadurecimento envolvem ações coordenadas e interdependentes de várias proteínas e enzimas da parede celular. Esses autores observaram que a aplicação de etileno exógeno estimulou a desorganização dos polímeros da parede celular de melões. O fato da aplicação do 1-MCP ter contribuído para maior preservação da firmeza da polpa pode estar relacionada à inibição da ação do etileno, que acelera a atividade das enzimas pectinolíticas.

Figura 13 - Firmeza da polpa em abius tratados com 1-MCP, etileno e nos frutos controle, armazenados a 22 ± 1 °C e 85 ± 5 % UR, durante nove dias. Barras verticais representam o erro padrão da média (n = 5)

A perda de massa dos frutos, independente do tratamento, aumentou linearmente durante o armazenamento. Os frutos expostos ao etileno chegaram ao 5º dia com perda acumulada de 6%, enquanto os do controle e os tratados com 1-MCP apresentaram perdas de 8,8% e de 7%, respectivamente, ao final dos nove dias de conservação (Figura 14). Apesar de ter ocorrido perda de massa significativa em todos os tratamentos ao longo do armazenamento, verificou-se que esta perda foi mais intensa nos frutos do tratados com etileno e, menor nos expostos ao 1-MCP, indicando que este tratamento foi eficaz em retardar a perda de massa dos abius. Tal comportamento pode ser devido ao fato do 1-MCP se ligar ao sítio receptor do etileno na célula, evitando a ação do mesmo sobre os processos fisiológicos de amadurecimento (SISLER; SEREK, 1997). Segundo Silva et al. (2009), mangas tratadas com etileno apresentaram maior perda de massa durante todo o período experimental em relação às mangas expostas ao 1-MCP.

Figura 14 - Perda de massa em abius tratados com 1-MCP, etileno e nos frutos controle, armazenados a 22 ± 1 °C e $85\pm 5\%$ UR, durante nove dias. Barras verticais representam o erro padrão da média ($n = 5$)

O teor de sólidos foi crescente durante o período de avaliação, sendo que, este aumento, pode ter ocorrido em função da degradação de polissacarídeos da parede celular, resultando na concentração de açúcares. Para frutos tratados com 1-MCP e frutos controle, o teor de sólidos solúveis foi de $11,28^\circ$ Brix a $12,67^\circ$ Brix e $12,56^\circ$ Brix, respectivamente, durante o armazenamento (Figura 15). Já os frutos expostos ao etileno, esse aumento não foi significativo, obtendo um incremento de apenas $0,14^\circ$ Brix. Braz et al. (2008), trabalhando com indução do amadurecimento de mangas 'Ubá' e 'Tommy Atkins', com a aplicação pós-colheita de etileno na dose de $1000 \mu\text{L L}^{-1}$, mantidas à temperatura ambiente, também observaram que houve pouco incremento no teor de sólidos solúveis para os frutos tratados com este hormônio.

Figura 15 - Teor de sólidos solúveis em abius tratados com 1-MCP, etileno e nos frutos controle, armazenados a 22 ± 1 °C e 85 ± 5 % UR, durante nove dias. Barras verticais representam o erro padrão da média ($n = 5$)

A acidez titulável teve queda significativa já no terceiro dia de armazenamento, tanto para frutos tratados com 1-MCP como para frutos tratados com etileno e controle (Figura 16). Para frutos tratados com etileno, no último dia de análise foi observada uma diferença significativa ($P < 0,05$) quando comparados com os frutos com 1-MCP e sem tratamento, o que confirma o potencial do etileno em antecipar e uniformizar o amadurecimento dos frutos climatéricos. Foi possível observar que a redução nos teores de acidez teve comportamento semelhante para outros frutos, o que confirma relatos feitos por Silva et al. (2009) de que, após a colheita e durante o armazenamento, a concentração dos ácidos orgânicos usualmente declina em decorrência de sua utilização como substrato na respiração ou da sua transformação em açúcares. Essas transformações têm papel importante nas características de sabor e do aroma, uma vez que alguns compostos são voláteis.

Figura 16 - Acidez titulável em abius tratados com 1-MCP, etileno e nos frutos controle, armazenados a 22 ± 1 °C e 85 ± 5 % UR, durante nove dias. Barras verticais representam o erro padrão da média (n = 5)

Em relação aos teores de ácido ascórbico, verificou-se um aumento gradual e significativo nos teores dessa variável durante o período em que os frutos ficaram armazenados, indicando síntese dessa vitamina durante o amadurecimento (Figura 17). Os teores de ácido ascórbico encontrados nos frutos controle variaram de 5,72 a 8,86 mg 100g⁻¹ e, nos expostos ao 1-MCP, de 5,72 a 6,76 mg 100g⁻¹. Nos frutos tratados com etileno, o teor de vitamina C variou de 5,72 a 6,78 mg 100g⁻¹ em três dias de armazenamento. O aumento nos teores de vitamina C para frutos é desejável, pois indica acréscimo no valor nutritivo do fruto, pois possui papel fundamental na nutrição humana (GUTHRIE, 1989).

Figura 17 - Ácido ascórbico em abius tratados com 1-MCP, etileno e nos frutos controle, armazenados a 22 ± 1 °C e 85 ± 5 % UR, durante nove dias. Barras verticais representam o erro padrão da média (n = 5)

Os frutos tratados com 1-MCP tiveram comportamento respiratório semelhante aos do tratamento controle, enquanto os tratados com etileno se destacaram pela alta atividade respiratória durante o período de armazenamento (Figura 18A). Os abius expostos ao etileno apresentaram pico climatérico logo no primeiro dia de armazenamento, o que é um indicativo que a aplicação exógena deste fitormônio antecipou o climatério, pois quando comparado com os frutos controle, a maior produção de CO₂ foi verificada no terceiro dia de armazenamento. Desse modo, é possível observar que a atividade respiratória aumentou temporariamente e a senescência antecipada dos frutos tratados com etileno ocorreu logo após o pico respiratório. De acordo com Taiz e Zeiger (2006), o climatério respiratório ocorre sob intensa atividade metabólica, com predominância de reações oxidativas.

Ao observar os comportamento da produção de etileno, verificou-se que o 1-MCP conseguiu inibir a produção desse hormônio nos frutos de maneira eficaz, pois o pico na produção, ocorrido nos frutos do tratamento controle, foi suprimido na presença do 1-MCP (Figura 18B). Já a aplicação exógena do etileno provocou aumento substancial na produção endógena deste fitormônio, acelerando assim o amadurecimento e a senescência dos frutos.

O 1-MCP é caracterizado por ser um competidor pelo sítio de ligação do etileno na célula. Quando aplicado corretamente, impede a ocorrência dos processos relacionados a ação do etileno, como a síntese de enzimas degradativas, aumento na atividade respiratória e a própria produção de etileno (autocatálise). Os efeitos do 1-MCP na redução da produção de etileno e no atraso na ocorrência do pico concordam com observações de Fan et al. (2000), Watkins et al. (2000) e Dong et al. (2002). Esta resposta permite estender o período de conservação dos frutos, uma vez que está relacionada a atrasos em eventos do amadurecimento, como amaciamento da polpa, variações da acidez total titulável e mudanças de cor (FAN et al., 2000). De acordo com Kader (2002) a capacidade de conservação de um produto hortícola está inversamente relacionada à atividade respiratória, e em muitos casos, com a taxa de produção de etileno.

Figura 18 - Atividade respiratória (A) e produção de etileno (B) em abius tratados com 1-MCP, etileno e nos frutos controle, armazenados a 22 ± 1 °C e 85 ± 5 % UR, durante nove dias. Barras verticais representam o erro padrão da média (n = 5)

A aplicação do 1-MCP foi eficiente na contenção da incidência de podridão (Figura 19). Durante todo o armazenamento, não houve ocorrência de podridões nos frutos tratados com 1-MCP, diferentemente dos do tratamento controle que, no 9º dia, apresentaram cerca de 15% do lote com sintomas característicos de fungos do gênero *Colletotrichum*. Os frutos expostos ao etileno exógeno além de apresentarem sintomas semelhantes, sofreram distúrbio fisiológico, causado pela elevada concentração desse hormônio. Esses frutos, já no dia seguinte ao tratamento, apresentaram manchas escuras, que aumentaram progressivamente até sua completa senescência no 6º dia de armazenamento (Figura 20).

Figura 19 - Incidência de podridão em abius tratados com 1-MCP, etileno e nos frutos controle, armazenados a 22 ± 1 °C e 85 ± 5 % UR, durante nove dias

Figura 20 - Sintoma de distúrbio fisiológico causado pelas elevadas concentrações de etileno em abius tratados com $500 \mu\text{L L}^{-1}$ no 1º dia após o tratamento

Segundo Jiang et al. (1999) a inibição promovida pelo 1-MCP é devida à sua afinidade pelos sítios de ligação do etileno ser maior que o próprio hormônio, reduzindo severamente as mudanças associadas ao amadurecimento. Os meios físicos podem ser, também, usados no controle de doenças em pós-colheita, podendo atuar diretamente sobre os patógenos, bem como, de modo indireto, sobre a fisiologia do fruto, retardando os processos bioquímicos de amadurecimento e senescência, reduzindo a taxa respiratória e a transpiração e, mantendo, consequentemente, a resistência da fruta ao ataque de microrganismos. Dessa forma, como ocorre na maioria dos frutos climatéricos, o 1-MCP foi eficaz no atraso do amadurecimento dos frutos, aumentando a vida pós-colheita dos abius.

5.3 Abiu - Etapa 3: Influência da temperatura no armazenamento de abius

Com base nos resultados obtidos na primeira etapa, os abius foram colhidos no estágio de maturação 2 (verde-amarelo). Na caracterização do lote, logo após a colheita, os frutos apresentaram ângulo de cor em torno de 93° , o que caracteriza coloração amarela na casca na região equatorial do fruto (Tabela 3). Durante o armazenamento, houve redução no valores do ângulo de cor em todos os tratamentos, porém nos frutos armazenados a 10 e 15 °C, essa redução foi menor. Após nove dias da colheita, os frutos armazenados a 5 °C, a 20 °C, e a 25 °C tiveram o ângulo de cor reduzido a $67,65^\circ$, $70,44^\circ$ e $69,19^\circ$, respectivamente. É importante mencionar que os abius conservados a 5 °C também apresentaram grande redução no ângulo de cor da casca (Figura 21).

Figura 21 - Aparência de abius no início e no fim do armazenamento por 9 dias, sob 5, 10, 15, 20 e 25 ± 1 °C e 85 ± 5 %UR

Tabela 3 - Valores médios da coloração da casca de abius armazenados a 5 ± 1 °C, 10 ± 1 °C, 15 ± 1 °C, 20 ± 1 °C e 25 ± 1 °C e 85 ± 5 % UR, durante nove dias¹

Temperatura	Dias de armazenamento							
	0		3		6		9	
	-----Hue (h°)-----							
5 °C	93,01	Aa	88,12	Aa	71,44	Bb	67,65	Bb
10 °C	93,01	Aa	89,53	Aa	80,76	Ab	79,75	Ab
15 °C	93,01	Aa	89,75	Aa	78,21	Ab	80,30	Ab
20 °C	93,01	Aa	89,33	Aa	72,70	Bb	70,44	Bb
25 °C	93,01	Aa	89,09	Aa	71,88	Bb	69,19	Bb
	-----a*-----							
5 °C	10,77	Aa	11,51	Aa	11,87	Aa	12,19	Aa
10 °C	10,77	Aa	11,15	Aa	9,82	Aa	10,05	Aa
15 °C	10,77	Aa	10,62	Aa	10,38	Aa	9,89	Aa
20 °C	10,77	Aa	10,25	Aa	10,53	Aa	11,12	Aa
25 °C	10,77	Aa	10,87	Aa	10,96	Aa	11,37	Aa
	-----b*-----							
5 °C	55,67	Aa	55,27	Ba	55,71	Ba	55,99	Ba
10 °C	55,67	Ab	60,57	Aa	59,81	Aa	58,01	Ab
15 °C	55,67	Ab	60,09	Aa	58,79	Ab	59,09	Aa
20 °C	55,67	Aa	54,73	Ba	52,79	Ba	54,91	Ba
25 °C	55,67	Aa	55,63	Ba	55,81	ABa	54,53	Ba

¹ Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, em relação a cada variável, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P=0,05).

O escurecimento da casca verificado neste trabalho também foi relatado por Robinson (1996) em bananas do subgrupo Cavendish, quando armazenadas a temperaturas abaixo de 13 °C. O autor acrescentou que este sintoma foi detectado após 48 horas da exposição às baixas temperaturas, tempo necessário para que ocorra a coagulação do látex e seu subsequente escurecimento por oxidação fenólica. A baixa temperatura é o fator mais importante no armazenamento de frutas e hortaliças, por reduzir a atividade metabólica das mesmas, retardar o climatério e, conseqüentemente, a maturação (SOTO,1992). No entanto, em algumas frutas tropicais, como a banana, estas temperaturas podem causar danos, não sendo recomendado seu armazenamento a temperaturas inferiores a 13 °C.

O tempo de armazenamento não afetou o valor a^* dos abius ($P \geq 0,05$). Observou-se manutenção nesse valor, indicando estabilização da cor em relação à coordenada a^* . A coordenada b^* foi influenciada significativamente pelo fator tempo de armazenamento, a qual se caracterizou por aumento nos valores nos frutos mantidos a 10 °C e a 15 °C, denotando casca mais amarela (Tabela 3). Os menores valores de b^* foram observados nos abius armazenados a 5 °C, 20 °C e 25 °C, indicando que os frutos conservados nestas temperaturas apresentavam casca de coloração menos amarela.

A exposição de frutos à temperaturas inferiores a recomendada pode alterar o metabolismo dos mesmos e provocar a morte das células. Esse tipo de desordem é variável e depende de fatores que influenciam na injúria, tais como: temperatura, tempo de armazenamento e estágio de maturação (CARVALHO; BOTREL, 1996). Em alguns frutos, quando mantidos sob baixas temperaturas, pode ocorrer desordem fisiológica pelo frio, cujos sintomas comprometem sua comercialização (CHITARRA; CHITARRA, 2005). O desenvolvimento dos sintomas de injúria pelo frio é mais severo em produtos sensíveis ao abaixamento de temperatura (COUEY, 1982), os quais se exteriorizam através de lesões de superfície (escurecimento, áreas afundadas, despigmentação), exsudação da polpa, inibição do amadurecimento, aceleração da senescência, aumento e suscetibilidade à contaminação (MORRIS, 1982). De acordo com a Figura 21, pode-se observar a incidência desta injúria ocorrida nos frutos armazenados a 5 °C, os quais apresentaram casca escurecida e de coloração amarronzada.

Uma das alterações características do amadurecimento é a degradação da clorofila, bem como a síntese de outros pigmentos. A redução nos teores de clorofilas totais da casca foi mais intensa nos frutos armazenados a temperaturas mais elevadas, ou seja, a 20 °C e a 25 °C (Figura 22A). Observou-se também que, nesses frutos, a mudança da cor da casca de verde para amarela ocorreu gradualmente durante o armazenamento, como constatada na análise dos teores de carotenóides totais (Figura 22B). Os frutos armazenados a 10 °C foram os que apresentaram os maiores teores de carotenóides ao final do armazenamento, corroborando com os resultados obtidos nos parâmetros físicos, ângulo de cor ($^{\circ}h$) e coordenada b^* (Tabela 3).

Figura 22 - Teores de clorofilas totais (A) e carotenóides totais (B) em abius armazenados a 5 ± 1 °C, 10 ± 1 °C, 15 ± 1 °C, 20 ± 1 °C e 25 ± 1 °C e 85 ± 5 % UR, durante nove dias. Barras verticais representam o erro padrão da média ($n = 5$)

Ocorreu redução na firmeza da polpa dos frutos armazenados nas diferentes temperaturas de armazenamento, com exceção dos mantidos a 5 °C, que se caracterizaram em um comportamento constante (Figura 23). Durante o armazenamento, os abius conservados a 20 °C e a 25 °C foram os que apresentaram os menores valores de firmeza, com redução de 10 N entre o início e o 9º dia. Os resultados obtidos estão de acordo com os obtidos por Lana et al. (2005) em tomates, que verificaram maior firmeza de polpa em frutos armazenados em temperaturas mais baixas.

A perda de firmeza durante o amadurecimento dos frutos pode ser atribuída às atividades das enzimas hidrolíticas, como a poligalacturonase e pectinametilesterase (JAIN et al., 2001), que promovem intensa solubilização das pectinas constituintes da parede celular, resultando no amaciamento da polpa. No caso dos frutos acondicionados em baixas temperaturas, o metabolismo dos mesmos é bastante reduzido, diminuindo assim, a ação de enzimas de parede celular. Além disso, o frio pode ocasionar injúrias, resultando na lignificação dos tecidos, a exemplo do relatado por Dong et al. (2002) em nêspas, cujos sintomas contribuíram para a retenção da firmeza da polpa.

Figura 23 - Firmeza da polpa de abius armazenados a 5 ± 1 °C, 10 ± 1 °C, 15 ± 1 °C, 20 ± 1 °C e 25 ± 1 °C e 85 ± 5 % UR, durante nove dias. Barras verticais representam o erro padrão da média (n = 5)

Independentemente da temperatura de armazenamento, os frutos perderam massa com o avanço do período de armazenamento (Figura 24). Os abius mantidos a 25 °C alcançaram perdas próximas a 10% ao final dos nove dias de armazenamento, diferentemente dos conservados a 5 °C, que atingiram perdas de 5,5% durante o mesmo período. Segundo Silva et al. (2009), a perda de massa é um sintoma inicial de perda de água. Ela pode ser atribuída, principalmente, à perda de umidade e de material de reserva, pela transpiração e respiração respectivamente, sendo um dos principais fatores limitantes da vida útil pós-colheita dos frutos (MENEZES et al., 1995). Em ambiente refrigerado, a temperatura mais baixa reduz o metabolismo do fruto, resultando em menores perdas (JERONIMO; KANESIRO, 2000; LIMA; DURIGAN, 2000).

De acordo com Chitarra e Chitarra (2005), perdas da ordem de 3 a 6% são suficientes para causar marcante declínio na qualidade de produtos hortícolas, porém alguns destes são ainda comercializáveis com 10% de perda de umidade.

Figura 24 - Perda de massa de abius armazenados a 5 ± 1 °C, 10 ± 1 °C, 15 ± 1 °C, 20 ± 1 °C e 25 ± 1 °C e 85 ± 5 % UR, durante nove dias. Barras verticais representam o erro padrão da média (n = 5)

Houve diminuição nos teores de sólidos solúveis nos frutos de todos os tratamentos, sendo que as maiores reduções foram verificadas nos abius armazenados a temperaturas superiores a 5 °C (Figura 25). Aos nove dias de armazenamento os frutos que permaneceram a 5°C tiveram redução de apenas 0,73°Brix do teor de sólidos solúveis inicial. Já a 25°C ocorreu redução de 2,13% em relação ao ambiente refrigerado, aos nove dias de armazenamento. Segundo Lima e Durigan (2000) há aumento na atividade respiratória quando os frutos são mantidos em temperaturas mais altas, o que leva, conseqüentemente, ao aumento do consumo de reservas, o que pode explicar o comportamento verificado neste trabalho.

Figura 25 - Teor de sólidos solúveis de abius armazenados a 5 ± 1 °C, 10 ± 1 °C, 15 ± 1 °C, 20 ± 1 °C e 25 ± 1 °C e 85 ± 5 % UR, durante nove dias. Barras verticais representam o erro padrão da média (n = 5)

Com relação à acidez houve um decréscimo significativo das porcentagens de ácido cítrico ao longo do armazenamento para todos os tratamentos (Figura 26), possivelmente devido ao fato do abiu possuir características de fruto climatérico, continuando assim, seu amadurecimento após a colheita. Para isso utiliza, entre outros substratos, os ácidos presentes em seus tecidos como fonte de energia, através da sua oxidação no ciclo de Krebs (ULRICH, 1970). Os abius armazenados a 5, 10 e 15 °C desempenharam o mesmo comportamento, variando a acidez de 0,07 a 0,06% de ácido cítrico. Já os armazenados a 20 e 25 °C apresentaram reduções mais acentuadas durante a pós-colheita, chegando a 0,05% de ácido cítrico.

Figura 26 - Acidez titulável de abius armazenados a 5 ± 1 °C, 10 ± 1 °C, 15 ± 1 °C, 20 ± 1 °C e 25 ± 1 °C e 85 ± 5 % UR, durante nove dias. Barras verticais representam o erro padrão da média (n = 5)

Os teores de ácido ascórbico aumentaram durante o armazenamento, independentemente da temperatura (Figura 27). No entanto, os abius mantidos a 20 e a 25 °C chegaram ao último dia de armazenamento com níveis semelhantes aos detectado no dia 0. Ao se analisar o efeito da temperatura, observou-se que os frutos armazenados a 5, 10 e 15 °C apresentaram, no 9º dia, teores significativamente maiores que os conservados a 20 e 25 °C. Este resultado pode ser atribuído ao fato das baixas temperaturas retardarem a perda de ácido ascórbico através de reações oxidativas (FILGUEIRAS et al., 1996).

Figura 27 - Ácido ascórbico de abius armazenados a 5 ± 1 °C, 10 ± 1 °C, 15 ± 1 °C, 20 ± 1 °C e 25 ± 1 °C e 85 ± 5 % UR, durante nove dias. Barras verticais representam o erro padrão da média ($n = 5$)

O efeito da temperatura sobre a atividade respiratória dos frutos foi semelhante ao encontrado em abacate e maçã, típicos frutos climatéricos (BIALE; YOUNG, 1962; ARGENTA et al., 2001). Os abius mantidos a 25 °C se destacaram pelas maiores produções de CO_2 ao longo de todo o armazenamento, enquanto os armazenados a 5 °C foram os que apresentaram menor atividade respiratória (Figura 28A).

Estes resultados estão de acordo com os encontrados por Steffens et al. (2007) em pêssegos ‘Jubileu’, maçãs ‘Gala’ e caquis ‘Fuyu’, colhidos em estágio de maturação verde-maduro. Os autores observaram que ao aumentar a temperatura de armazenamento, a atividade respiratória dos frutos também aumentava. A produção de CO_2 em pêssegos ‘Jubileu’ armazenados a 10 °C foi de $6,5 \text{ mL CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ no primeiro dia de armazenamento, enquanto os mantidos a 20 °C, produziram aproximadamente $30 \text{ mL CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$, no mesmo dia. O mesmo ocorreu para as maçãs ‘Gala’ e caquis ‘Fuyu’, onde foi observada produção duas vezes maior nos frutos a 20°C quando comparados com os frutos a 10°C.

O efeito da diminuição da temperatura ocasionou um decréscimo na atividade respiratória devido a uma perda geral de energia cinética, sendo usualmente similar ao decréscimo na atividade de outras reações metabólicas (RAISON, 1980). A atividade respiratória é reduzida pelo uso de baixas temperaturas e, no caso de frutos climatéricos, o armazenamento refrigerado retarda o pico climatérico e reduz sua intensidade (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

De acordo com Chitarra (1998), o aumento na atividade respiratória é um evento secundário, estimulado pelo aumento na produção de etileno durante o amadurecimento dos frutos, o que pode ser observado nos abius armazenados a 20 e 25 °C, os quais apresentaram picos de produção desse hormônio no segundo dia de armazenamento, seguido de retorno aos níveis iniciais a partir do terceiro dia (Figura 28B). A redução da temperatura de armazenagem inibiu a produção acentuada de etileno nos frutos mantidos a 5, 10 e 15 °C. Contudo, ao final do período de armazenamento, os abius conservados a 5 °C apresentaram aumento nesta produção, o que, possivelmente, foi devido à ocorrência de injúrias pelo frio.

Figura 28 - Atividade respiratória (A) e produção de etileno (B) de abius armazenados a 5±1 °C, 10±1 °C, 15±1 °C, 20±1 °C e 25±1 °C a 85±5 % UR durante nove dias. Barras verticais representam o erro padrão da média (n = 5)

O processo de deterioração de frutas tem, de maneira geral, como causas principais: o próprio processo de senescência, a ocorrência de injúrias mecânicas, os danos causados por patógenos, as alterações químicas e os distúrbios fisiológicos (ABELES et al., 1992). Os frutos armazenados a 5 °C apesar de terem apresentado sintomas de injúria pelo frio, exteriorizados pelo escurecimento da casca, não foi detectada ocorrência de podridão, o que pode ser atribuído ao fato das baixas temperaturas inibirem o desenvolvimento de patógenos. Já os frutos armazenados a 20 e 25 °C apresentaram indícios de podridão, causada por fungos do gênero *Colletotrichum*, detectados em análise na Clínica de Fitopatologia da ESALQ-USP, a

partir do 5º e do 3º dia, respectivamente, sendo que ao final do armazenamento os conservados a 25 °C tiveram 62% do lote comprometido. A patogenicidade causada por microrganismos, como fungos e bactérias, depende de condições adequadas para se manifestar. Portanto, o armazenamento a temperaturas abaixo de 15 °C deve ter contido o desenvolvimento de doenças (Figura 29), influenciando a conservação dos abius.

Figura 29 - Incidência de podridão em abius armazenados a 5±1 °C, 10±1 °C, 15±1 °C, 20±1 °C e 25±1 °C a 85±5% UR durante nove dias

5.4 Bacupari - Etapa 1: Caracterização de bacuparis colhidos em diferentes estádios de maturação

Após a colheita dos frutos, os mesmos foram classificados com base na coloração da casca, em três estádios de maturação: estágio 1 – verde (frutos de coloração verde); estágio 2 – amarelo (frutos de coloração amarela); estágio 3 – laranja (frutos de coloração laranja) (Figura 30).

Figura 30 - Aspecto de bacuparis colhidos em três estádios de maturação: estágio 1 (verde), estágio 2 (amarelo) e estágio 3 (laranja)

Os frutos colhidos no estágio 1 apresentaram ângulo de cor de $119,93^\circ$, enquanto nos colhidos nos estádios 2 e 3, os valores encontrados foram de $91,52^\circ$ e $66,59^\circ$, respectivamente, indicando que eles diferiram quanto à coloração da casca no momento da colheita (Tabela 4). O uso da cor da casca como índice de maturidade mostrou-se viável, uma vez que permitiu distinguir os estádios de maturação. Além disso, a cor é um parâmetro relevante de qualidade de alimentos. Ela afeta a aceitação do consumidor e a percepção de doçura e de sabor (CRISOSTO et al., 2003). No caso da manga, por exemplo, a cor da epiderme desempenha um papel importante na percepção da qualidade global e é uma ferramenta importante para a determinação do momento adequado para a colheita e consumo (GONZÁLEZ-AGUILAR et al., 2001).

Os frutos sofreram poucas modificações na coloração da casca durante o armazenamento. O ângulo de cor da casca dos frutos colhidos no estágio 1 diminuiu significativamente, passando de verde-escuro para verde-amarelado, enquanto os colhidos no estágio 2 tiveram redução nestes valores somente no 9º dia e, os colhidos no estágio 3 mantiveram a coloração inicial ao longo de todo o período de avaliação.

Tabela 4 - Valores médios da coloração da casca de bacuparis colhidos em três estádios de maturação (estádio 1 = verde, estágio 2 = amarelo, estágio 3 = laranja) e armazenados a 22 ± 1 °C e 85 ± 5 % UR¹

Estádios	Dias de armazenamento									
	0		3		6		9		12	
	-----Hue (h°)-----									
1	119,93	Aa	113,68	Ab	109,46	Abc	106,70	Abc	105,80	Ac
2	91,52	Ba	91,15	Bab	88,21	Bab	86,51	Bb	83,14	Bb
3	66,59	Ca	59,25	Ca	63,34	Ca	63,19	Ca	62,48	Ca
	-----a*-----									
1	-11,73	Cb	-10,10	Cb	-7,22	Cab	-6,03	Ca	-5,95	Ca
2	-1,33	Ba	-1,01	Bb	1,71	Ba	2,10	Ba	1,25	Ba
3	15,66	Ab	16,70	Ab	17,72	Aab	18,18	Aa	19,33	Aa
	-----b*-----									
1	20,63	Cb	23,53	Ca	23,28	Ca	28,80	Ca	27,51	Ca
2	50,22	Ab	53,08	Aa	53,83	Aa	52,08	Aa	53,98	Aa
3	33,85	Bb	36,38	Ba	35,58	Ba	36,24	Ba	35,31	Ba

¹ Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, em relação a cada variável, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P=0,05).

O comportamento do ângulo de cor foi confirmado na avaliação das coordenadas a^* e b^* (Tabela 4). Houve aumento dos parâmetros a^* e b^* ao longo do tempo de estocagem. Aos 12 dias de armazenamento, observou-se, através da coordenada a^* , que os frutos dos estádios 1 e 2 apresentaram redução na coloração verde de suas cascas, ao passo que nos colhidos no estágio 3, houve aumento nos valores, indicando maior participação da cor vermelha na casca dos bacuparis, que combinada com a amarela resulta na coloração alaranjada.

Os frutos colhidos no estágio 2 apresentaram os maiores valores para a coordenada b^* , indicando predominância da cor amarela (Tabela 4). Os valores elevados de b^* indicam a prevalência dos carotenóides sobre outros pigmentos na casca dos frutos do estágio 2. Já os bacuparis do estágio 3 apresentaram valores significativamente menores que os registrados nos frutos do estágio 2 e, ao mesmo tempo, superiores aos encontrados nos do estágio 1, verde.

Os resultados descritos acima evidenciam a importância das coordenadas a^* e b^* n estádios de maturação, visto que, os valores obtidos mostram que estes frutos

apresentam coloração variando do verde ao laranja. Além disso, este parâmetro está diretamente relacionado à colorofila e aos carotenóides presentes nesta fruta.

Os principais processos envolvidos na perda da coloração verde dos frutos durante o amadurecimento são as degradações da clorofila e síntese ou evidência dos carotenóides (CROSS, 1987). Observou-se que ocorreu diminuição significativa do teor de clorofilas totais nos primeiros dias de armazenamento nos frutos colhidos nos estádios 1 e 2, diferente do constatado nos colhidos no estágio mais maduro, que apresentaram comportamento estável e, ao mesmo tempo, os menores teores (Figura 31A).

Para o teor de carotenóides foram encontrados valores entre 2,5 e 3,0 mg 100 g⁻¹ nos frutos colhidos no estágio 3 (Figura 31B). Esses valores estão próximos ao verificado por Faraoni et al. (2009) em mangas 'Ubá', e são maiores que os encontrados em duas seleções de pitangas de colorações distintas, roxa e vermelha, as quais apresentaram teores de 0,11 mg g⁻¹ e 0,104 mg g⁻¹, respectivamente (LIMA et al., 2002). Vale destacar que, dentre os diversos frutos amazônicos, o tucumã (*Astrocaryum aculeatum*), o umari (*Poraqueiba sericea*) e o buriti (*Mauritia exuosa*) constituem-se uma das maiores fontes de carotenóides, com 10 mg 100 g⁻¹, 7,5 mg 100 g⁻¹ e 11,04 mg 100 g⁻¹, respectivamente (YUYAMA et al., 1998, MARINHO; CASTRO, 2002; YUYAMA et al., 2008). Logo, é possível afirmar que o bacupari pode ser considerado fonte de carotenóides, visto que os valores obtidos no presente trabalho são próximos aos verificados nos frutos de origem amazônica.

Figura 31 - Teores de clorofilas totais (A) e carotenóides totais (B) em bacuparis colhidos em três estádios de maturação (estádio 1 = verde, estágio 2 = amarelo, estágio 3 = laranja) e armazenados a 22 ± 1 °C e 85 ± 5 % UR, durante doze dias. Barras verticais representam o erro padrão da média (n = 10)

Os maiores valores de firmeza da polpa, no momento da colheita, foram verificados nos frutos do estágio 1, não havendo diferenças entre os dos estádios 2 e 3 (Figura 32). Durante o armazenamento, independente do estágio de maturação, ocorreu o amaciamento da polpa, indicada pela redução nos valores. Esse comportamento também foi observado por Araújo et al. (2009) e por Silva e Muniz (2011), em carambolas e atemóias colhidas em diferentes estádios de maturação. Segundo Rocha (1984), a perda de firmeza do fruto é uma característica inevitável no processo de amadurecimento, que é causada pela progressiva solubilização das protopectinas (formas menos solúveis) em pectinas (mais solúveis). Além disso, geralmente, frutos colhidos em estádios de maturação mais avançados possuem polpa menos firme quando comparados aos colhidos precocemente.

Figura 32 - Firmeza da polpa de bacuparis colhidos em três estádios de maturação (estádio 1 = verde, estágio 2 = amarelo, estágio 3 = laranja) e armazenados a 22 ± 1 °C e 85 ± 5 % UR, durante doze dias. Barras verticais representam o erro padrão da média ($n = 10$)

Os frutos colhidos no estágio 1 foram os que apresentaram a menor perda de massa durante todo o armazenamento, seguido dos bacuparis dos estádios 2 e 3 (Figura 33). Todavia, observou-se que a perda de massa foi significativa e ocorreu de maneira linear, nos três estádios de maturação. Este comportamento indica que o bacupari perde massa com facilidade, independente do ponto de colheita, fazendo-se necessária a adoção de tecnologias de pós-colheita visando reduzir a transpiração do fruto. Goñi et al. (2010) citam que a perda de massa se constitui principalmente pela perda de água e, está associada à redução da firmeza.

A perda de massa fresca é um dos fatores determinantes da de produtos hortícolas e, ocorre principalmente em função do tempo de armazenamento e da transpiração dos frutos e hortaliças, podendo variar de acordo com o estágio de maturação.

Figura 33 - Perda de massa de bacuparis colhidos em três estádios de maturação (estádio 1 = verde, estágio 2 = amarelo, estágio 3 = laranja) e armazenados a 22 ± 1 °C e 85 ± 5 % UR, durante doze dias. Barras verticais representam o erro padrão da média ($n = 10$)

Os frutos colhidos nos três estádios diferiram significativamente quanto ao teor de sólidos solúveis (Figura 34). Os bacuparis colhidos no estágio 3 foram os que apresentaram os maiores teores, seguido dos colhidos nos estádios 2 e 1. No momento da colheita, os frutos do estágio 3 estavam com 15 °Brix. Para os frutos dos estádios 1 e 2 o teor de sólidos solúveis, na colheita, foi de 7,04 °Brix e 11,40 °Brix, respectivamente. Ao longo do armazenamento, os valores permaneceram estáveis em todos os estádios, sendo mantidas as diferenças entre os estádios. Estes resultados são concordantes com os observados por Menezes et al. (1998) em melões colhidos em diferentes estádios de maturação.

Figura 34 - Teor de sólidos solúveis de bacuparis colhidos em três estádios de maturação (estádio 1 = verde, estágio 2 = amarelo, estágio 3 = laranja) e armazenados a 22 ± 1 °C e 85 ± 5 % UR, durante doze dias. Barras verticais representam o erro padrão da média ($n = 10$)

Da mesma forma, a acidez titulável dos bacuparis apresentou tendência semelhante à observada na maioria dos frutos, a qual se caracterizou por redução de 4,51 a 3,23% nos bacuparis colhidos no estágio 1, de 2,76 a 1,60%, nos do estágio 2 e de 2,37 a 1,41%, nos do estágio 3 (Figura 35). Essa diminuição ocorreu provavelmente devido aos ácidos orgânicos serem um dos principais substratos para os processos respiratórios durante o amadurecimento (TUCKER, 1993), sendo que os frutos colhidos no estágio mais verde mantiveram os maiores teores de acidez durante todo o armazenamento.

Figura 35 - Acidez titulável de bacuparis colhidos em três estádios de maturação (estádio 1 = verde, estágio 2 = amarelo, estágio 3 = laranja) e armazenados a 22 ± 1 °C e 85 ± 5 % UR, durante doze dias. Barras verticais representam o erro padrão da média (n = 10)

O comportamento dos teores de ácido ascórbico também foi semelhante ao encontrado em alguns frutos, sendo os maiores valores observados nos bacuparis mais maduros, os quais no momento da colheita possuíam $13,08 \text{ mg de ácido ascórbico } 100 \text{ g}^{-1}$ de polpa, e os menores valores nos frutos mais verdes, com $12,04 \text{ mg de ácido ascórbico } 100 \text{ g}^{-1}$ de polpa no dia 0 (Figura 36). Durante o armazenamento, o teor de ácido ascórbico aumentou significativamente nos frutos dos três estádios de maturação, alcançando $24,59 \text{ mg de ácido ascórbico } 100 \text{ g}^{-1}$ de polpa nos frutos colhidos no estágio 3, ao final do armazenamento. Segundo Mercado-Silva et al. (1998), o aumento no teor de ácido ascórbico está associado ao aumento da síntese de metabólitos intermediários, os quais são precursores do ácido ascórbico, como a galactose e manose.

Figura 36 - Ácido ascórbico de bacuparis colhidos em três estádios de maturação (estádio 1 = verde, estágio 2 = amarelo, estágio 3 = laranja) e armazenados a 22 ± 1 °C e 85 ± 5 % UR, durante doze dias. Barras verticais representam o erro padrão da média ($n = 10$)

A atividade respiratória dos bacuparis foi semelhante entre os três estádios, sendo detectada máxima atividade no primeiro e no segundo dia (Figura 37A). Os maiores valores da produção de CO_2 corresponderam aos frutos colhidos nos estádios mais maduros, os quais atingiram valores próximos a $35 \text{ mL kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$. A partir do 2º dia, houve redução significativa na respiração dos bacuparis de todos os estádios, alcançando valores próximos a $3 \text{ mL kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ aos 12 dias de armazenamento. Provavelmente, a maior produção de CO_2 ocorreu nos primeiros dias devido ao estresse causado pela colheita e transporte dos frutos.

Em relação à produção de etileno, em todos os estádios a produção desse fitohormônio foi muito baixa, atingindo valores inferiores a $0,8 \mu\text{L kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$. Além disso, não foi possível detectar a ocorrência de pico de produção (Figura 37B).

Dessa forma, observou-se um decréscimo na atividade metabólica ao longo do desenvolvimento desses frutos, remetendo a um padrão respiratório não-climatérico. A classificação de frutos em climatéricos e não-climatéricos é definida pelo aumento da respiração após a colheita, associada ao aumento da produção de etileno, enquanto os não-climatéricos se caracterizam pela ausência deste comportamento (RHODES, 1980).

Figura 37 - Atividade respiratória (A) e produção de etileno (B) de bacuparis colhidos em três estádios de maturação (estádio 1 = verde, estágio 2 = amarelo, estágio 3 = laranja) e armazenados a 22±1 °C e 85±5 % UR, durante doze dias. Barras verticais representam o erro padrão da média (n = 10)

A porcentagem de frutos com sintomas de podridões, no 12º dia de armazenamento, foi de 12,5%, 25% e de 87,5%, nos bacuparius colhidos nos estádios 1, 2 e 3, respectivamente (Figura 38). Constatou-se também, através de análises realizadas na Clínica Fitopatológica da ESALQ/USP, que estes sintomas eram característicos de antracnose, que corresponde a principal doença pós-colheita da maioria dos frutos, ocasionada por fungos *Colletotrichum* sp.

De acordo com Wills et al. (1981), frutos imaturos são menos suscetíveis à ocorrência de podridões que frutos maduros, devido à sua maior resistência à penetração e ao desenvolvimento dos patógenos (BRACKMANN; SAQUET, 1995), o que é concordante com os resultados obtidos neste trabalho. Kluge et al. (1996) também observaram menor incidência de podridões em tomates colhidos menos maduros.

Figura 38 - Incidência de podridão em bacuparis colhidos em três estádios de maturação (estádio 1 = verde, estágio 2 = amarelo, estágio 3 = laranja) e armazenados a 22 ± 1 °C e 85 ± 5 % UR, durante doze dias

Desse modo, como o bacupari é um fruto de comportamento tipicamente não-climatérico e, portanto, sua maturidade fisiológica coincide com o ponto máximo de amadurecimento, ele deve ser colhido quando atingir o estágio de maturação mais avançado, com a casca na coloração laranja.

5.5 Bacupari - Etapa 2: Efeito da aplicação do 1-MCP e do etileno na fisiologia e na qualidade pós-colheita de bacupari

Na Etapa 1 constatou-se que a cor da casca permitiu diferenciar os bacuparis colhidos em diferentes estádios de maturação e, que o ponto de colheita influenciou na sua qualidade após a colheita. Os frutos colhidos no estágio 3 apresentaram qualidade superior àqueles colhidos nos estádios 1 e 2, mesmo tendo obtido maior incidência de podridão.

Em relação à coloração da casca, os frutos na ocasião da colheita apresentaram ângulo de cor de $59,83^\circ$. Durante o armazenamento, houve manutenção dos valores do ângulo de cor nos tratamentos controle e 1-MCP, no entanto, nos frutos que foram expostos ao etileno foi observada redução significativa a partir do nono dia de armazenamento, evidenciando casca de coloração alaranjada (Figura 39 e Tabela 5). O comportamento observado para esta variável nos frutos

tratados com etileno está relacionado ao aumento da velocidade dos processos metabólicos, a qual pode ser estimulada pelo etileno exógeno (DAVIES; HOBSON, 1981).

Figura 39 - Aparência de bacuparis tratados com 1-MCP, etileno e dos frutos controle, no início e no fim do armazenamento a 22 ± 1 °C e 85 ± 5 % UR

Tabela 5 - Valores médios da coloração da casca de bacuparis tratados com 1-MCP, etileno e nos frutos controle, armazenados a 22 ± 1 °C e 85 ± 5 % UR, durante doze dias¹

Tratamento	Dias de armazenamento									
	0		3		6		9		12	
	-----Hue (h°)-----									
1-MCP	59,83	Aa	60,38	Aa	59,50	Aa	60,44	Aa	59,61	Aa
Etileno	59,83	Aa	59,50	Aa	59,66	Aa	60,03	Aa	58,08	Bb
Controle	59,83	Aa	61,00	Aa	60,31	Aa	60,05	Aa	60,16	Aa
	-----a*-----									
1-MCP	15,30	Aa	16,01	Aa	16,45	Aa	16,34	Aa	15,81	Aa
Etileno	15,30	Aa	14,49	Cb	16,21	Aa	16,37	Aa	15,30	Aa
Controle	15,30	Aa	15,50	Ba	16,32	Aa	16,04	Aa	16,01	Aa
	-----b*-----									
1-MCP	26,38	Aa	27,98	Ba	27,63	Ba	28,51	Aa	26,82	Ba
Etileno	26,38	Aa	24,01	Ca	27,48	Ba	27,31	Ba	25,12	Ca
Controle	26,38	Aa	28,21	Aa	28,36	Aa	27,84	Ba	27,98	Aa

¹ Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, em relação a cada variável, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P=0,05).

A aplicação exógena de etileno promove respostas diferentes em frutos não-climatéricos, como o bacupari. Em pimentão, a ação do etileno no aparecimento da cor da casca depende da forma de aplicação e da dose, da cultivar e do estágio de maturação do fruto (MOLINARI et al., 1999).

Em relação às coordenadas a^* e b^* que compõem a coloração da casca, observou-se estabilidade nos valores, nos frutos tratados ou não, ao longo do período de armazenamento (Tabela 5). Todavia, observou-se efeito significativo dos tratamentos na coordenada b^* , com os frutos do controle apresentando no último dia de armazenamento valores significativamente maiores que os tratados com 1-MCP ou etileno. Moretti et al. (2002) verificaram que a aplicação de inibidores da ação do etileno, tal qual o 1-MCP, retardou o desenvolvimento da coloração vermelha em tomates 'Solimar', pela diminuição do metabolismo respiratório e consequente atraso na degradação da clorofila e síntese/revelação de pigmentos carotenóides. No entanto, no caso dos bacuparis, não foi observado este efeito na coloração da casca.

A aplicação de etileno exógeno em frutos tem sido usada para acelerar a degradação da clorofila e ativar a síntese dos carotenóides ou promover o aparecimento dos pigmentos pré-existentes (WILLS et al., 1998). Já o 1-MCP se liga ao sítio de ligação do etileno na célula retardando a ação do mesmo sobre os processos fisiológicos de amadurecimento (SEREK et al., 1995). Contudo, com base na quantificação nos teores de clorofila, pode-se inferir que o uso de etileno ou de 1-MCP não teve efeito na degradação deste pigmento na casca de bacuparis ao longo dos doze dias de armazenamento (Figura 40A). Comportamento distinto foi constatado em relação aos teores de carotenóides, com os frutos do controle apresentando no último dia de avaliação níveis significativamente maiores que os expostos ao 1-MCP (Figura 40B). Segundo Lelièvre et al. (1997), a síntese de carotenóides pode ser etileno-dependente ou independente, em função do tipo de pigmento, uma vez que outras substâncias podem interferir nesse mecanismo.

Figura 40 - Teores de clorofilas totais (A) e carotenóides totais (B) em bacuparis tratados com 1-MCP, etileno e nos frutos controle, armazenados a 22 ± 1 °C e 85 ± 5 % UR, durante doze dias. Barras verticais representam o erro padrão da média (n = 10)

Analisando-se a Figura 41, verifica-se que, durante o armazenamento, houve perda da firmeza da polpa nos frutos de todos os tratamentos, com os bacuparis tratados com etileno apresentando valores significativamente menores (3,4 N) que os encontrados nos expostos ao 1-MCP (4,5 N). De acordo com Johnston et al. (2001) e Majumder e Mazumdar (2002), o etileno desencadeia a atividade das algumas enzimas relacionadas com a perda da firmeza, como a poligalacturonase.

Figura 41 - Firmeza da polpa em bacuparis tratados com 1-MCP, etileno e nos frutos controle, armazenados a 22 ± 1 °C e 85 ± 5 % UR, durante doze dias. Barras verticais representam o erro padrão da média (n = 10)

A perda de massa foi crescente ao longo do período de armazenamento em todos os tratamentos, com os frutos tratados com 1-MCP apresentando, no 12º dia,

perdas da ordem de 11%, de 12,50% nos expostos ao etileno e de 11,67% para os do tratamento controle (Figura 42). Apesar das taxas de perda serem numericamente diferentes, elas não se mostraram estatisticamente significativas. Lima et al. (2004) também não verificaram efeito diferenciado do 1-MCP na perda de massa em frutas frescas, enquanto Barros et al. (1994) e Cerqueira-Pereira et al. (2007) relataram o mesmo comportamento em pimentões tratados ou não com etileno.

Figura 42 - Perda de massa em bacuparis tratados com 1-MCP, etileno e nos frutos controle, armazenados a 22 ± 1 °C e $85 \pm 5\%$ UR, durante doze dias. Barras verticais representam o erro padrão da média ($n = 10$)

Quanto aos teores de sólidos solúveis observou-se que, esta variável não foi influenciada pelo período de armazenamento e pelos tratamentos aplicados (Figura 43). Resultados semelhantes foram relatados por Lima et al. (2011) em lichias tratadas com etileno e 1-MCP e por Fox et al. (2005) e Cerqueira-Pereira et al. (2007) em pimentões tratados com etileno. O fato de o bacupari ser uma fruta não-climatérica, justifica estes resultados, considerando que o padrão respiratório implica poucas alterações na maioria das características físicas e químicas dos frutos (BRADY, 1987).

Figura 43 - Teor de sólidos solúveis em bacuparis tratados com 1-MCP, etileno e nos frutos controle, armazenados a 22 ± 1 °C e $85 \pm 5\%$ UR, durante doze dias. Barras verticais representam o erro padrão da média ($n = 10$)

Os teores de ácidos cítricos mantiveram-se estáveis nos frutos tratados com 1-MCP, o que pode ser atribuído ao efeito deste regulador no metabolismo vegetal (Figura 44). Nos bacuparis tratados com etileno e nos do tratamento controle, houve uma redução significativa na acidez titulável, o que pode ser explicada pela utilização de ácidos orgânicos predominantes nos frutos, como substrato respiratório na pós-colheita (TUCKER, 1993). Andreuccetti et al. (2007) também verificaram diminuição na acidez titulável durante o amadurecimento de tomates 'Andrea' tratados com etileno na pós-colheita.

Figura 44 - Acidez titulável em bacuparis tratados com 1-MCP, etileno e nos frutos controle, armazenados a 22 ± 1 °C e $85 \pm 5\%$ UR, durante doze dias. Barras verticais representam o erro padrão da média ($n = 10$)

Houve aumento nos teores de ácido ascórbico com o avanço dos dias de armazenamento nos frutos de todos os tratamentos (Figura 45). Segundo Yahia et al. (2001), o conteúdo de ácido ascórbico é submetido a reações de oxidação e redução durante o amadurecimento do fruto. Os produtos de oxidação consistem em radicais livres do ácido, que podem ser revertidos novamente ao ácido ascórbico, indicando possibilidade de aumento desse composto ao longo do amadurecimento do fruto. Os teores de ácido ascórbico encontrados, neste trabalho, variaram de 21,12 a 37,94 mg 100 g⁻¹; de 21,12 a 46,31 mg 100 g⁻¹ e de 21,12 a 46 mg 100 g⁻¹ nos frutos tratados com 1-MCP, etileno e nos do controle, respectivamente. O conteúdo de ácido ascórbico nos frutos pode aumentar, diminuir ou permanecer constante, dependendo da espécie e do estágio de maturação. No caso dos bacuparis, estes teores aumentaram, o que é uma informação relevante, uma vez que a vitamina C é considerada um agente antioxidante importante na alimentação humana (OSUNA-GARCÍA et al., 1998).

Figura 45 - Ácido ascórbico em bacuparis tratados com 1-MCP, etileno e nos frutos controle, armazenados a 22±1 °C e 85±5% UR, durante doze dias. Barras verticais representam o erro padrão da média (n = 10)

Os frutos tratados com 1-MCP apresentaram comportamento respiratório semelhante ao dos do tratamento controle, sendo que os bacuparis expostos ao 1-MCP tiveram atividade ligeiramente menor que os não tratados (Figura 46A). Os frutos tratados com etileno exógeno distinguiram-se dos demais, dada a alta atividade respiratória, com pico no segundo dia de armazenamento. Porém, após esse aumento, a atividade respiratória assumiu valores semelhantes aos verificados nos demais tratamentos. De acordo com Chitarra e Chitarra (2005) a produção de etileno

é bastante reduzida nas frutas não-climatéricas, porém a aplicação exógena deste hormônio provoca um aumento na atividade respiratória, o qual é proporcional à sua concentração. Com a retirada do etileno, a respiração retorna às taxas normais.

Da mesma forma, em relação ao etileno, os frutos expostos ao 1-MCP tiveram a produção desse hormônio semelhante à do controle. Os bacuparis expostos ao etileno exógeno apresentaram comportamento característico de frutos não-climatéricos, expresso pela manutenção nos níveis desse hormônio após sua aplicação (Figura 46B). Quando frutos não-climatéricos são tratados com etileno, a magnitude do aumento respiratório ocorre em função da concentração do etileno, porém o tratamento não desencadeia a produção endógena do etileno nem acelera o amadurecimento do fruto. Embora o efeito do etileno exógeno seja evidente, o estabelecimento de uma relação causal entre o seu nível endógeno e o amadurecimento de frutos é mais difícil (TAIZ; ZEIGER, 2006).

Embora frutos não-climatéricos apresentem apenas o sistema 1 de produção de etileno, ou seja, baixa produção de etileno (VENDRELL; PALOMER, 1997), isso não significa que o etileno não interfere no amadurecimento do fruto, como foi observado anteriormente quando analisou-se as demais variáveis.

Figura 46 - Atividade respiratória (A) e produção de etileno (B) em bacuparis tratados com 1-MCP, etileno e nos frutos controle, armazenados a 22±1 °C e 85±5 % UR, durante doze dias. Barras verticais representam o erro padrão da média (n = 10)

A aplicação do 1-MCP não influenciou os atributos de qualidade nem a fisiologia dos bacuparis, no entanto, foi eficaz na contenção das podridões, haja visto que os frutos submetidos a este tratamento somente apresentaram sintomas no

último dia de armazenamento, com níveis de 5% (Figura 47). Diferentemente do observado nos bacuparis tratados com etileno e nos do controle, nos quais foi detectada ocorrência de podridão nos dias 7 e 9, respectivamente e, chegaram ao final do armazenamento, com índices de 50 e 37,5%. Jacomino et al. (2003) relataram que altas concentrações de etileno em limões Sicilianos, associadas ao tempo longo de exposição, podem favorecer a ocorrência de podridões causadas por *Penicillium digitatum*.

Figura 47 - Incidência de podridão em bacuparis tratados com 1-MCP, etileno e nos frutos controle, armazenados a 22 ± 1 °C e 85 ± 5 % UR, durante doze dias

5.6 Bacupari - Etapa 3: Influência da temperatura no armazenamento de bacuparis

Conforme descrito na primeira etapa realizada com os bacuparis, os frutos foram colhidos no estágio 3 (laranja), os quais apresentaram ângulo de cor (h°) de 69° , o que confirma a coloração laranja na casca dos frutos (Figura 48).

Figura 48 - Aparência de bacuparis armazenados a 5 ± 1 °C, 10 ± 1 °C, 15 ± 1 °C, 20 ± 1 °C e 25 ± 1 °C e 85 ± 5 % UR no início e no fim do armazenamento

Durante o armazenamento, houve manutenção nos valores do ângulo de cor (h°) somente nos frutos armazenados a 10 e 15 °C, enquanto os mantidos nas demais temperaturas apresentaram redução nesta variável, indicando intensificação da cor laranja da casca e, ao mesmo tempo, que elas interferiram na intensidade da coloração, o que é importante, tendo em vista que a cor é um dos parâmetros de qualidade de frutas (Tabela 6).

Tabela 6 - Valores médios da coloração da casca de bacuparis armazenados a 5 ± 1 °C, 10 ± 1 °C, 15 ± 1 °C, 20 ± 1 °C e 25 ± 1 °C e 85±5 % UR, durante doze dias¹

Temperatura	Dias de armazenamento									
	0		3		6		9		12	
	-----Hue (h°)-----									
5 °C	69,00	Aa	69,08	Aa	68,03	Aa	65,02	Bab	62,34	Bb
10 °C	69,00	Aa	67,78	ABa	67,69	Aa	67,89	Aa	68,03	Aa
15 °C	69,00	Aa	67,00	ABa	67,36	ABa	66,01	ABa	64,56	Ba
20 °C	69,00	Aa	68,99	Aa	66,88	ABa	65,04	Ba	63,29	Bb
25 °C	69,00	Aa	65,82	Ba	65,09	Ba	63,81	Bab	61,17	Bb
	-----a*-----									
5 °C	15,50	Ab	15,60	Ab	16,66	Aab	17,88	Bab	18,03	Aa
10 °C	15,50	Ab	15,57	Ab	17,42	Aab	17,13	ABab	18,31	Aa
15 °C	15,50	Ab	16,06	Ab	16,19	Ab	18,64	Aa	18,79	Aa
20 °C	15,50	Ab	14,33	Ab	16,69	Aa	16,47	Ba	17,51	Aa
25 °C	15,50	Ab	16,26	Ab	16,57	Ab	18,26	Aa	18,59	Aa
	-----b*-----									
5 °C	40,33	Aa	40,88	Aa	41,27	Aa	39,97	Aa	40,30	Aa
10 °C	40,33	Aa	38,41	Aa	39,85	Aa	41,55	Aa	38,25	Aa
15 °C	40,33	Aa	36,26	Bb	37,06	Bab	37,35	Bab	37,13	Bab
20 °C	40,33	Aa	43,41	ABa	37,86	Bb	43,30	Ba	42,31	Ba
25 °C	40,33	Aa	36,49	Bb	36,06	Bb	45,40	Ba	44,24	Ba

¹ Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, em relação a cada variável, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P=0,05).

Os valores observados para a coordenada a^* foram crescentes durante todo armazenamento e mantiveram-se positivos, passando de 15,50 a valores próximos a 18, nos frutos de todos os tratamentos (Tabela 6). Isto é um indicativo de que houve manutenção da coloração avermelhada e suas derivações, como a cor laranja, independente da condição na qual os bacuparis foram armazenados. Os valores obtidos para a coordenada b^* , que corresponde à coloração amarela, foram sempre positivos e não variaram significativamente ao longo do armazenamento (Tabela 6). Todavia, é importante destacar que os frutos mantidos a 5 e a 10 °C, exibiram no último dia de armazenamento casca com a tonalidade mais amarela.

Os bacuparis armazenados a 5, 20 e a 25 °C sofreram distúrbios devido ao armazenamento em baixas e altas temperaturas, respectivamente, os quais se

evidenciaram pelo escurecimento da casca, tornando-os impróprios para o consumo (vide Figura 48). A injúria pelo frio é uma desordem fisiológica observada nos tecidos das plantas, principalmente naquelas de origem tropical e subtropical. É resultante da exposição dos tecidos a temperaturas de refrigeração abaixo da temperatura mínima de segurança, causando danos fisiológicos aos frutos. Em abacaxis é comum a ocorrência deste tipo de distúrbio, sendo desaconselhável sua armazenagem em temperaturas inferiores a 7 °C. Entre os sintomas destacam-se o escurecimento interno (*endogenous brown spot* ou *brunissement interne*), o aumento da acidez, o amolecimento da casca e a perda de brilho (GARCIA et al., 1996). O armazenamento de frutos tropicais sob baixas temperaturas diminui a respiração e o metabolismo, mantendo suas qualidades organolépticas por mais tempo. A baixa temperatura, entretanto, não retarda todas as reações do metabolismo, nem afeta todos os sistemas físicos da célula na mesma proporção. Este desequilíbrio pode resultar em alterações físicas e metabólicas causando injúria nos frutos (AWAD, 1993).

Além disso, muitas frutas são sensíveis ao armazenamento sob altas temperaturas, as quais aceleram o amadurecimento e favorecem o desenvolvimento de fungos reduzindo, portanto, a vida útil do produto.

Em relação ao teor de clorofilas totais observou-se que houve diminuição nos valores iniciais (0,53 mg g⁻¹), independente da condição de armazenamento (Figura 49A). Todavia, os frutos armazenados a 10 °C foram os que apresentaram os maiores teores desse pigmento (0,45 mg g⁻¹) no 12º dia. Já os teores de carotenóides aumentaram significativamente ($P < 0,05$) durante o armazenamento nos bacuparis armazenados a 20 e 25 °C, enquanto nas demais temperaturas este teor não foi afetado (Figura 49B). A retenção dos carotenóides pró-vitamínicos durante o armazenamento de frutos é favorecida pela baixa temperatura, proteção da luz, exclusão do oxigênio (por vácuo, enchimento à quente, atmosfera modificada ou embalagem impermeável ao oxigênio) e antioxidantes, presentes naturalmente ou adicionados como meio de preservação do alimento (RODRIGUEZ-AMAYA, 1997).

Ao comparar as coordenadas a^* e b^* que indicam a mudança de coloração dos frutos com os teores de pigmentos, verificou-se que houve uma relação entre estas variáveis. Ou seja, à medida que os valores de a^* da casca aumentaram, ocorreu redução das clorofilas e, com o aumento nos valores de b^* , nos frutos armazenados a 20 e 25 °C ocorreu incremento no teor de carotenóides.

Figura 49 - Teores de clorofilas totais (A) e carotenóides totais (B) em bacuparis armazenados a 5 ± 1 °C, 10 ± 1 °C, 15 ± 1 °C, 20 ± 1 °C e 25 ± 1 °C e 85 ± 5 % UR, durante doze dias. Barras verticais representam o erro padrão da média ($n = 10$)

Ao longo do período de armazenamento, observou-se redução da firmeza da polpa dos bacuparis mantidos a temperaturas superiores a 5 °C (Figura 50), o que pode ser atribuído à atividade das enzimas pectinolíticas (JAIN et al., 2001), que promovem intensa solubilização das pectinas constituintes da parede celular, resultando na perda de rigidez da polpa. Tendência distinta foi constatada nos frutos armazenados a 5 °C, que apresentaram aumento significativo da firmeza a partir do 6º dia, cujo comportamento pode ser devido à ocorrência de danos pelo frio, que colaboraram para a retenção da firmeza, promovida pela lignificação da casca (DONG et al., 2002). A lignificação é uma desordem que ocorre com frequência em nêspersas, prejudicando sua comercialização devido ao aumento da rigidez e à perda de suculência da polpa (YANG et al., 2008).

Figura 50 - Firmeza da polpa de bacuparis armazenados a 5 ± 1 °C, 10 ± 1 °C, 15 ± 1 °C, 20 ± 1 °C e 25 ± 1 °C e 85 ± 5 % UR, durante doze dias. Barras verticais representam o erro padrão da média (n = 10)

Analisando-se o efeito da temperatura na perda de massa percebe-se que os bacuparis armazenados em temperaturas mais altas foram os que apresentaram as maiores perdas durante o armazenamento (Figura 51). Esses resultados eram esperados, uma vez que baixas temperaturas retardam a perda de água dos frutos, além de reduzirem o metabolismo dos mesmos pela diminuição da atividade respiratória e da perda de vapor de água, refletindo diretamente na perda de peso (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Este comportamento também foi relatado por Zambrano et al. (1996) e Jeronimo e Kanesiro (2000) em mangas.

Neste estudo, os resultados obtidos para a perda de massa fresca, mostram que ocorreu diferença significativa em função dos tratamentos e do período de armazenamento, permitindo concluir que os frutos mantidos a 5 e a 10 °C apresentaram as menores perdas.

Para a maioria dos produtos hortícolas frescos, a máxima perda de massa tolerada para o não aparecimento de murcha ou enrugamento da superfície oscila entre 5 e 10% (FINGER; VIEIRA, 2002). Com base no enunciado pode-se inferir que as perdas detectadas nos bacuparis armazenados a 5, 10 e 15 °C estavam dentro do intervalo aceitável.

Figura 51 - Perda de massa de bacuparis armazenados a 5 ± 1 °C, 10 ± 1 °C, 15 ± 1 °C, 20 ± 1 °C e 25 ± 1 °C e 85 ± 5 % UR, durante doze dias. Barras verticais representam o erro padrão da média (n = 10)

Os teores de sólidos solúveis dos frutos de todos os tratamentos mantiveram-se estáveis ao longo do período de armazenamento, com exceção dos mantidos a 25 °C que apresentaram aumentos nestes teores (Figura 52). Em relação ao efeito da temperatura, os bacuparis armazenados a 25 °C foram os que se destacaram no 12º dia pelos maiores teores de sólidos solúveis, enquanto os conservados a 5 °C, pelos menores. Botrel (1991) também encontrou em abacaxis maiores valores de sólidos solúveis nos frutos não submetidos à refrigeração quando comparados aos refrigerados. Chitarra e Chitarra (2005) afirmaram que as baixas temperaturas são capazes de retardar as atividades metabólicas, reduzindo a síntese e degradação dos polissacarídeos e dos carboidratos. Em temperaturas mais elevadas, os frutos apresentam maior concentração de sólidos solúveis totais dada à perda de água, que promove a concentração de açúcares e ácidos orgânicos (GONÇALVES et al., 2000).

Figura 52 - Teor de sólidos solúveis de bacuparis armazenados a 5 ± 1 °C, 10 ± 1 °C, 15 ± 1 °C, 20 ± 1 °C e 25 ± 1 °C e 85 ± 5 % UR, durante doze dias. Barras verticais representam o erro padrão da média ($n = 10$)

Para a acidez titulável, independentemente da temperatura de armazenamento, houve redução significativa na porcentagem de ácido cítrico dos bacuparis ao longo do armazenamento (Figura 53). Comportamento semelhante foi encontrado por Scalón et al. (1996) em morangos ‘Sequóia’ conservados sob refrigeração e, é condizente com a afirmação de Chitarra e Chitarra (2005), que os teores de ácidos orgânicos diminuem após a colheita e durante o final do desenvolvimento da maioria dos frutos.

Figura 53 - Acidez titulável de bacuparis armazenados a 5 ± 1 °C, 10 ± 1 °C, 15 ± 1 °C, 20 ± 1 °C e 25 ± 1 °C e 85 ± 5 % UR, durante doze dias. Barras verticais representam o erro padrão da média ($n = 10$)

Os teores de ácido ascórbico aumentaram significativamente nos bacuparis armazenados a 15, 20 e 25 °C, sendo os maiores aumentos verificados nos mantidos a 25 °C (Figura 54). Este resultado pode estar relacionado à perda de água apresentada pelos frutos a 25 °C, a qual concentrou o conteúdo de ácido ascórbico. Já nos conservados a 5 e 10 °C, houve manutenção nos teores, o que pode ser devido ao fato das baixas temperaturas inibirem a ocorrência de reações oxidativas e retardarem os processos fisiológicos (FILGUEIRAS et al., 1996). Lima e Durigan (2000) verificaram comportamento semelhante re relação ao teor de ácido ascórbico em goiabas 'Pedro Sato' armazenadas sob refrigeração.

Figura 54 - Ácido ascórbico de bacuparis armazenados a 5±1 °C, 10±1 °C, 15±1 °C, 20±1 °C e 25±1 °C e 85±5 % UR, durante doze dias. Barras verticais representam o erro padrão da média (n = 10)

Verificou-se que a atividade respiratória dos bacuparis foi maior à medida em que a temperatura aumentou (Figura 55A), o que é concordante com a afirmação de Chitarra (1998), que baixas temperaturas reduzem significativamente a respiração de frutas e hortaliças. Os frutos armazenados a 20 e 25°C apresentaram produção de CO₂ semelhantes, estando muito superior à atividade respiratória dos frutos armazenados nas demais temperaturas. Chitarra e Chitarra (2005) afirmam que um aumento de 10 °C causa incremento de duas a quatro vezes na taxa respiratória dos frutos, o que está de acordo com os resultados obtidos neste trabalho. Neste sentido, o incremento na produção de CO₂ (respiração) ocorreu de maneira prematura, sendo necessária então a produção endógena de energia para a sobrevivência dos frutos após o período de máxima descarboxilação. Baseando-se no fato de que todo e qualquer processo respiratório é sempre de natureza degradativa e tendo como

função primordial a produção de energia e intermediários metabólitos pressupõe-se um menor potencial de conservação para os frutos armazenados em temperaturas altas (VIEITES et al., 2011).

Em relação ao etileno, observou-se que, de modo geral, as menores temperaturas foram eficientes em reduzir a produção desse hormônio e, que, apesar de considerada baixa, ela foi maior em temperaturas mais elevadas, com destaque para os bacuparis mantidos a 20 e 25 °C, que apresentaram a produção aumentada a partir do 4° e 6° dias, respectivamente (Figura 55B). É importante mencionar que a produção de etileno nestes frutos é muito baixa, não ultrapassando $0,2 \mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$. Em frutos cítricos, frutos tipicamente não-climatéricos, a produção de etileno em limões e laranjas armazenados a 20 °C varia de 0,1 a $0,17 \mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ e de 0,13 a $0,32 \mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$, respectivamente (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Figura 55 - Atividade respiratória (A) e produção de etileno (B) de bacuparis armazenados a 5 ± 1 °C, 10 ± 1 °C, 15 ± 1 °C, 20 ± 1 °C e 25 ± 1 °C e 85 ± 5 % UR, durante doze dias. Barras verticais representam o erro padrão da média (n = 10)

O armazenamento dos frutos em temperaturas elevadas favoreceu a incidência de podridões (Figura 56). A ocorrência dessas lesões foi crescente nesses tratamentos, sendo que, no 12° dia de armazenamento, 80% dos frutos mantidos a 25 °C apresentavam sintomas de podridão, os quais foram característicos de antracnose, a principal doença encontrada nos frutos, detectados em análise na Clínica de Fitopatologia da ESALQ-USP.

Figura 56 - Incidência de podridão em bacuparis armazenados a 5 ± 1 °C, 10 ± 1 °C, 15 ± 1 °C, 20 ± 1 °C e 25 ± 1 °C e $85\pm 5\%$ UR durante doze dias

O ambiente de armazenamento, caracterizado pelas condições de temperatura e de umidade, é um fator que determina o início e o progresso de doenças infecciosas em vegetais. Os patógenos diferem em suas preferências por alta ou baixa temperatura, uma vez que a mesma afeta a germinação e o número de esporos formados (AGRIOS, 1997). E dessa forma, a temperatura de armazenamento afetou a conservação dos bacuparis, sendo recomendado o armazenamento a uma temperatura de 10° C.

5.7 Camu-camu - Etapa 1: Caracterização de camu-camus colhidos em diferentes estádios de maturação

Os camu-camus foram colhidos em quatro estádios de maturação determinados pela coloração da casca e classificados em verde (estádio 1), verde-avermelhado (estádio 2), vermelho-esverdeado (estádio 3) e roxo (estádio 4) (Figura 57). No entanto, o camu-camu mostrou ser um fruto bastante perecível, quando colhido nos estádios mais avançados. Tal fato foi comprovado pela durabilidade dos frutos, a qual foi distinta entre os estádios de maturação. Os frutos colhidos nos estádios 1 e 2 permaneceram armazenados até o 12° dia, enquanto os colhidos nos estádios 3 e 4 conservaram-se por 9 e 6 dias, respectivamente.

Figura 57 - Aspecto dos camu-camus colhidos em quatro estádios de maturação: estágio 1 (verde), estágio 2 (verde-avermelhado), estágio 3 (vermelho-esverdeado) e estágio 4 (roxo)

O ângulo de cor expressou de maneira significativa as diferenças na coloração da casca dos camu-camus, permitindo uma visualização precisa na mudança de cor (Tabela 7). A variação do ângulo de cor no momento da colheita foi de $111,40^\circ$ (verde), para os frutos colhidos no estágio 1; $80,21^\circ$ (verde-avermelhado) para os frutos colhidos no estágio 2; $2,43^\circ$ (vermelho-esverdeado) para os frutos colhidos no estágio 3; e $334,46^\circ$ (roxo) para os frutos colhidos com no estágio 4. Com o decorrer do armazenamento, os frutos sofreram modificações significativas na coloração da casca, característica de amadurecimento. Os frutos colhidos nos estádios 1, 2 e 3 sofreram variações no ângulo de cor durante o armazenamento, confirmando o avanço do amadurecimento. Os frutos colhidos no estágio 4 mantiveram sem diferença significativa, os valores de ângulo de cor durante todo o armazenamento, conservando, então, a coloração roxa da casca. Carrillo et al. (2011) também observaram redução nos valores de ângulo de cor durante a pós-colheita de camu-camus produzidos no Estado do Amazonas, Brasil, local de origem do fruto.

Tabela 7 - Valores médios da coloração da casca de camu-camus colhidos em quatro estádios de maturação (estádio 1 = verde, estágio 2 = verde-avermelhado, estágio 3 = vermelho-esverdeado e estágio 4 = roxo) e armazenados a 22±1 °C e 85±5 % UR, durante doze dias¹

Estádio	Dias de armazenamento									
	0		3		6		9		12	
	-----Hue (h°)-----									
1	111,40	Aa	110,72	Aa	77,15	Ab	4,23	Ac	357,21	Ad
2	80,21	Ba	31,25	Bb	5,43	Bc	345,78	Bd	331,82	Be
3	2,43	Ca	358,24	Cb	345,12	Cc	333,37	Cd	----	----
4	334,46	Da	336,6	Da	331,54	Da	----	----	----	----
	-----a*-----									
1	-12,06	Da	-2,58	Cb	6,26	Bc	5,18	Bc	12,54	Ad
2	-1,64	Ca	3,42	Bb	11,39	Ac	12,62	Ac	5,79	Bb
3	11,54	Aa	11,42	Aa	11,08	Aa	5,82	Bb	----	----
4	6,68	Ba	6,62	Bca	5,26	Ba	----	----	----	----
	-----b*-----									
1	30,90	Aa	30,87	Aa	25,69	Aa	16,05	Ab	13,63	Ab
2	23,89	Ba	18,62	Ba	9,58	Bb	4,73	Bc	2,03	Bd
3	4,98	Ca	2,32	BCa	1,82	Cb	1,33	Cb	----	----
4	-1,98	Da	-1,53	Da	-1,86	Da	----	----	----	----

¹ Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, em relação a cada variável, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P=0,05).

Essas mudanças na coloração corroboram com os valores encontrados para as coordenadas a^* e b^* (Tabela 7), onde pode-se observar, na caracterização do lote, que os valores dessas coordenadas foram diferentes significativamente entre frutos colhidos em cada estágio de maturação. Os frutos colhidos nos estádios menos avançados apresentaram valores negativos para a coordenada a^* , correspondente à cor verde. Já os frutos colhidos nos estádios mais maduros foram caracterizados com valores positivos para a mesma coordenada, identificando, assim, a cor vermelha. Observou-se também, que os frutos colhidos no estágio 4 apresentaram valores negativos para b^* (cor azul), confirmando a tonalidade roxa dos camu-camus quando totalmente maduros. Durante a pós-colheita, a coloração da casca dos frutos do estágio 1 passou de verde para vermelho-esverdeada, no qual os valores de a^* tornaram-se positivos. Já os frutos dos estádios 2, 3 e 4 apresentaram valores de a^* e b^* correspondentes à coloração roxa, ao final do armazenamento.

As alterações observadas durante o amadurecimento, indicam que há diferenças na coloração da casca dos camu-camus colhidos nos diferentes estádios e durante o armazenamento, ratificando os resultados obtidos na quantificação dos pigmentos presentes nos frutos (Figura 58). No momento da colheita, os maiores teores de clorofilas totais foram encontrados nos camu-camus do estágio 1, seguido dos estádios 2, 3 e 4 (Figura 58A). Após a colheita, houve redução nos teores desse pigmento em todos os frutos, sendo que, ao final do armazenamento, os frutos dos estádios 2 e 3 apresentaram níveis semelhantes aos dos camu-camus totalmente maduros.

Concomitantemente, a análise de antocianinas totais apresentou comportamento contrário ao da clorofila. Na colheita, os frutos com os maiores teores de antocianinas foram os mais maduros, ou seja, os colhidos no estágio 4 (Figura 58B). Com o decorrer do armazenamento estes níveis aumentaram significativamente em todos os estádios, confirmando a mudança na coloração dos camu-camus com o avanço da maturação. A clorofila presente nos plastídios, sofreu redução, evidenciando, assim, carotenóides amarelos, alaranjados ou vermelhos, bem como o acúmulo de antocianinas nos vacúolos (WILLS et al., 1998). Andrade et al. (2010) ao avaliarem o teor de antocianinas totais em camu-camus colhidos em 5 estádios de maturação também notaram que frutos mais maduros apresentaram níveis mais elevados deste pigmento. No entanto os valores encontrados por estes autores são inferiores aos obtidos neste trabalho, o que pode ser devido ao local onde os frutos foram produzidos.

Figura 58 - Teores de clorofilas totais (A) e antocianinas totais (B) em camu-camus colhidos em quatro estádios de maturação (estádio 1 = verde, estágio 2 = verde-avermelhado, estágio 3 = vermelho-esverdeado e estágio 4 = roxo) e armazenados a 22 ± 1 °C e 85 ± 5 % UR, durante doze dias. Barras verticais representam o erro padrão da média ($n = 10$)

Em relação à firmeza, os maiores valores no momento da colheita foram constatados nos frutos do estágio 1, seguido pelos frutos dos estádios 2, 3 e 4, sendo que os dois últimos não diferiram entre si (Figura 59). No decorrer do armazenamento, houve redução significativa nos valores, principalmente após o 3º dia nos frutos dos estádios 1 e 2, e no 6º dia nos do estágio 3, a qual é uma tendência natural do amadurecimento. Ressalva feita aos camu-camus colhidos no estágio 4, no qual a firmeza se manteve baixa e estável ao longo do armazenamento. O amolecimento da polpa pode ser atribuído a atividades de enzimas hidrolíticas, como a poligalacturonase e pectinametilesterase, as quais promovem intensa solubilização das pectinas constituintes da parede celular, resultando em perda de firmeza (ANTHON et al., 2002; SILVA et al., 2009).

Figura 59 - Firmeza da polpa em camu-camus colhidos em quatro estádios de maturação (estádio 1 = verde, estágio 2 = verde-avermelhado, estágio 3 = vermelho-esverdeado e estágio 4 = roxo) e armazenados a 22 ± 1 °C e 85 ± 5 % UR, durante doze dias. Barras verticais representam o erro padrão da média (n = 10)

Os camu-camus colhidos nos estádios 2, 3 e 4 apresentaram perdas de massa semelhantes, durante o período de armazenamento (Figura 60). Os frutos colhidos no estágio 1, verde, foram os que apresentaram a maior perda de massa, atingindo valores próximos à 15% no 12º dia. A perda de massa pode ser atribuída à perda de umidade e de material de reserva, pela transpiração e respiração respectivamente, sendo um dos principais fatores limitantes da vida útil dos frutos (MENEZES et al., 1995). Resultados similares foram encontrados por Andrade et al. (2010) em camu-camus colhidos em diferentes estádios de maturação, onde os autores verificaram que a perda de massa foi maior nos frutos mais verdes que nos frutos mais maduros.

Figura 60 - Perda de massa fresca em camu-camus colhidos em quatro estádios de maturação (estádio 1 = verde, estágio 2 = verde-avermelhado, estágio 3 = vermelho-esverdeado e estágio 4 = roxo) e armazenados a 22 ± 1 °C e 85 ± 5 % UR, durante doze dias. Barras verticais representam o erro padrão da média ($n = 10$)

Os teores de sólidos não diferiram significativamente entre os frutos colhidos nos estádio 1 e 2 no momento da colheita, bem como durante o armazenamento (Figura 61). No entanto, nos frutos colhidos nos estádios 3 e 4, os teores de sólidos solúveis foram significativamente superiores aos demais tratamentos. Os camu-camus do estágio 3 foram colhidos com 7,54 °Brix e os frutos do estágio 4 com 8,45 °Brix. Os teores de ambos estádios mantiveram-se estáveis por todo o período de armazenamento. Segundo Chitarra e Chitarra (2005) o teor de açúcares atinge o valor máximo no final da maturação, corroborando, assim, com os resultados encontrados neste trabalho. Silva e Andrade (1997) e Andrade et al. (2010) também relataram o mesmo comportamento em relação aos sólidos solúveis de camu-camus colhidos em diferentes estádios de maturação.

Figura 61 - Teor de sólidos solúveis em camu-camus colhidos em quatro estádios de maturação (estádio 1 = verde, estágio 2 = verde-avermelhado, estágio 3 = vermelho-esverdeado e estágio 4 = roxo) e armazenados a 22 ± 1 °C e 85 ± 5 % UR, durante doze dias. Barras verticais representam o erro padrão da média ($n = 10$)

A acidez titulável, no momento da colheita, foi maior nos frutos colhidos no estágio verde, com 2,87% de ácido cítrico, para os frutos do estágio 1 (Figura 62). Nos demais estádios, os teores foram de 2,77% de ácido cítrico para os frutos do estágio 2; 2,64% de ácido cítrico para os frutos do estágio 3; e 2,65% de ácido cítrico para os frutos colhidos no estágio 4. Observou-se, no decorrer do armazenamento, uma redução nos valores de acidez nos frutos colhidos em todos os estádios, característica normal na fase de amadurecimento dos frutos. Esses resultados estão de acordo com os encontrados por Silva e Andrade (1997) e Andrade et al. (2010). A acidez titulável, no momento da colheita, foi maior nos frutos colhidos nos estádios mais verdes que nos frutos colhidos nos estádios mais maduros.

Figura 62 - Acidez titulável em camu-camus colhidos em quatro estádios de maturação (estádio 1 = verde, estágio 2 = verde-avermelhado, estágio 3 = vermelho-esverdeado e estágio 4 = roxo) e armazenados a 22 ± 1 °C e 85 ± 5 % UR, durante doze dias. Barras verticais representam o erro padrão da média (n = 10)

O camu-camu destaca-se em relação a outros frutos devido ao seu elevado teor de ácido ascórbico, superior à maioria das plantas cultivadas (DONADIO et al., 1992). Dessa forma, a análise do teor de ácido ascórbico torna-se essencial para esse fruto. O teor de ácido ascórbico nos frutos colhidos no estágio 4 foi significativamente maior no momento da colheita e assim manteve-se em relação aos outros estádios durante o período que os frutos permaneceram armazenados (Figura 63). A variação no teor de ácido ascórbico no momento da colheita foi de 760 mg de ácido ascórbico por 100g^{-1} de polpa para os frutos do estágio 1 a 1080 mg de ácido ascórbico por 100g^{-1} de polpa para os frutos colhidos no estágio 4. Durante o armazenamento, ocorreu um aumento significativo no teor de ácido ascórbico nos frutos de todos os estádios de maturação, com posterior estabilização. Zapata et al. (1993) também observaram que os conteúdos de ácido ascórbico foram maiores nos frutos colhidos mais maduros e que esta vitamina teve seus valores aumentados durante a pós-colheita. O aumento no teor de ácido ascórbico em frutos durante o início do amadurecimento está associado ao aumento da síntese de intermediários metabólicos, os quais são precursores do ácido ascórbico. A degradação de polissacarídeos da parede celular possivelmente resulta em um aumento da galactose que é um dos precursores da biossíntese do ácido ascórbico (WHEELER et al., 1998; SMIRNOFF et al., 2001).

Figura 63 - Ácido ascórbico em camu-camus colhidos em quatro estádios de maturação (estádio 1 = verde, estágio 2 = verde-avermelhado, estágio 3 = vermelho-esverdeado e estágio 4 = roxo) e armazenados a 22 ± 1 °C e 85 ± 5 % UR, durante doze dias. Barras verticais representam o erro padrão da média ($n = 10$)

Inicialmente, os camu-camus colhidos nos estádios 1, 2 e 3 apresentaram produção de CO_2 entre 8 e 10 $\text{mL kg}^{-1} \text{h}^{-1}$, enquanto os colhidos no estágio 4, produziram 17 $\text{mL kg}^{-1} \text{h}^{-1}$. Com o avanço dos dias de armazenamento, a atividade respiratória aumentou nos frutos de todos os estádios, alcançando máxima produção entre o 3º e 6º dias (Figura 64A). Após este período, a produção de CO_2 diminuiu em todos os frutos, atingindo valores inferiores aos obtidos na ocasião da colheita.

Em relação à produção de etileno, independente do estágio de maturação, todos os frutos apresentaram aumento na produção deste hormônio após a colheita (Figura 64B). Nos camu-camus colhidos no estágio 1 esse aumento ocorreu após o terceiro dia de armazenamento e o pico ocorreu entre os dias 7 e 8, com uma produção de mais de 5 $\mu\text{L kg}^{-1} \text{h}^{-1}$. Nos frutos dos demais estádios, o pico de produção ocorreu precocemente, sendo que em todos os frutos foram observados picos de produção desse hormônio. Os frutos do estágio 2 apresentaram elevação na produção de etileno após o segundo dia de armazenamento, com pico de produção no sétimo dia após a colheita. Já os frutos dos estádios 3 e 4 apresentaram pico já no quarto dia de armazenamento. Após o pico de produção de etileno, a produção diminuiu em todos os frutos, levando-os à senescência.

Com base na atividade respiratória e na produção de etileno, pode-se inferir que os camu-camus apresentam comportamento típico de frutos climatéricos, os quais são caracterizados pela produção auto-catalítica de etileno antes, juntamente ou depois do aumento na produção de CO_2 , dando continuidade, aos processos de amadurecimento após a colheita. Carrillo et al. (2011) também verificaram este comportamento em camu-camus colhidos semi-maduros e maduros. No entanto, alguns autores classificaram-no como fruto não-climatérico (ANDRADE, 1991; PINEDO, 2002). Estes autores relataram que o camu-camu, quando colhido verde, não consegue alcançar sua maturidade total. Entretanto, os resultados obtidos neste trabalho mostram que, além dos frutos apresentarem aumento na atividade respiratória e na produção de etileno, eles evoluem na qualidade, como observado pelas alterações na coloração da casca.

Figura 64 - Atividade respiratória (A) e produção de etileno (B) em camu-camus colhidos em quatro estádios de maturação (estádio 1 = verde, estágio 2 = verde-avermelhado, estágio 3 = vermelho-esverdeado e estágio 4 = roxo) e armazenados a $22 \pm 1^\circ \text{C}$ e $85 \pm 5\%$ UR, durante doze dias. Barras verticais representam o erro padrão da média ($n = 10$)

Como mencionado anteriormente, os frutos apresentaram períodos de conservação diferentes em função do estágio de maturação em que foram colhidos. A incidência de podridões foi maior nos camu-camus colhidos nos estádios mais avançados (Figura 65). A partir do 3º dia de armazenamento visualizaram-se sintomas de podridão nos frutos do estágio 4, os quais se agravaram e comprometeram 100% no 7º dia de armazenamento. Já os frutos colhidos no estágio 3 apresentaram lesões

a partir do 4º dia, atingindo 100% no 10º dia, enquanto nos frutos dos estádios 1 e 2 estes sintomas foram detectados no 10º e no 6º dia, respectivamente, atingindo, ao final do armazenamento 38 e 63% dos frutos. De acordo com Wills et al. (1998), frutos imaturos são menos suscetíveis à ocorrência de podridões que os maduros, concordando com os resultados obtidos neste trabalho.

Figura 65 - Incidência de podridão em camu-camu colhidos em quatro estádios de maturação (estádio 1 = verde, estágio 2 = verde-avermelhado, estágio 3 = vermelho-esverdeado e estágio 4 = roxo) e armazenados a 22±1 °C e 85±5 % UR, durante doze dias

Com isso, sendo o camu-camu um fruto de comportamento climatérico e que apresenta mudanças características de amadurecimento, observadas nas avaliações realizadas, sugere-se que a colheita ocorra em estágio de maturação menos avançado, possibilitando uma vida pós-colheita maior.

5.8 Camu-camu - Etapa 2: Efeito da aplicação do 1-MCP e do etileno na fisiologia e na qualidade pós-colheita de camu-camu

Na Etapa 1 constatou-se que o estágio de maturação influenciou a qualidade dos camu-camus após a colheita, sendo que os frutos colhidos nos estádios mais maduros apresentaram qualidade superior àqueles colhidos mais verdes, apesar de terem apresentado menor vida de prateleira. Dessa forma, para a realização desta etapa, foram utilizados camu-camus colhidos no estágio 3 (vermelho-esverdeado).

Ocorreram mudanças significativas na coloração da casca (h°) dos frutos de todos os tratamentos, com valores aumentando de 1,35°, no momento da colheita, a

348,28°, 330,16° e 333,91°, nos expostos ao 1-MCP, ao etileno e nos do tratamento controle, no 9º dia de armazenamento (Tabela 8). Estes resultados indicam que os camu-camus exibiram, ao final do período de avaliação, casca de coloração roxa, a qual é a característica de frutos maduros (Figura 66).

Tabela 8 - Valores médios da coloração da casca de camu-camus tratados com 1-MCP, etileno e nos frutos controle, armazenados a 22±1 °C e 85±5 % UR, durante nove dias¹

Tratamento	Dias após o tratamento							
	0		3		6		9	
	----- <i>Hue (h°)</i> -----							
1-MCP	1,35	Aa	358,63	Aa	356,25	Aa	348,28	Ab
Etileno	1,35	Aa	353,23	Bb	345,74	Bc	330,16	Bd
Controle	1,35	Aa	351,51	Cb	344,38	Bc	333,91	Bd
	----- <i>a*</i> -----							
1-MCP	11,16	Aa	10,35	Ab	9,77	Ac	8,81	Ad
Etileno	11,16	Aa	10,27	Ab	9,20	Bc	7,34	Bd
Controle	11,16	Aa	10,13	Ab	9,33	Bc	8,08	Ad
	----- <i>b*</i> -----							
1-MCP	4,13	Aa	3,17	Ab	2,53	Ac	1,05	Ad
Etileno	4,13	Aa	3,22	Ab	2,07	Bc	-0,29	Bd
Controle	4,13	Aa	3,16	Ab	1,98	Bc	-0,96	Bd

¹ Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, em relação a cada variável, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P=0,05).

Figura 66 - Aparência de camu-camus tratados com 1-MCP, etileno e dos frutos controle, no início e no fim do armazenamento a 22±1 °C e 85±5 % UR

Esta alteração pode ser comprovada analisando-se os valores das coordenadas de cromaticidade a^* e b^* da casca, as quais diminuíram significativamente ao longo do armazenamento (Tabela 8). Em relação à coordenada a^* , observou-se redução de 11,16, na ocasião da colheita, a 8,81, 7,34 e 8,08 para os frutos tratados com 1-MCP, etileno e para os do controle, respectivamente. Os valores menores de a^* significam menor intensidade da coloração vermelha, uma vez que esta coordenada varia de verde (valores negativos) a vermelho (valores positivos), sugerindo que o processo metabólico envolvido nesta mudança de cor está relacionado com a degradação dos carotenóides, que conferem pigmentações de amarelo a vermelho.

Tal qual o observado para a coordenada a^* , houve redução nos valores b^* , com o avanço dos dias de armazenamento, independentemente do tratamento (Tabela 8). Entretanto, os frutos tratados com etileno e os do tratamento controle foram os que se caracterizaram no último dia de avaliação pelos menores valores de b^* , indicando maior contribuição da cor azul na composição da coloração da casca destes frutos, em comparação aos tratados com 1-MCP.

Com base nos resultados apresentados na Figura 67, pode-se verificar que, nos frutos, onde houve as maiores mudanças na coloração, foram os que apresentaram redução significativa nos teores de clorofilas e os maiores incrementos nos conteúdos de antocianinas. Ao longo do período de armazenamento, os frutos de todos os tratamentos apresentaram reduções em seus teores de clorofilas totais, corroborando com os resultados obtidos na avaliação da coloração (Figura 67A).

Os frutos tratados com etileno foram os que apresentaram os maiores teores de antocianinas, seguido dos frutos expostos ao 1-MCP e dos frutos do tratamento controle, os quais não diferiram entre si (Figura 67B). Este comportamento pode ser atribuído ao fato do etileno ser capaz de induzir a síntese de pigmentos, durante o amadurecimento dos frutos (TAIZ; ZEIGER, 2006). Contudo, apesar do etileno exógeno em frutos ser usado para acelerar a degradação da clorofila e ativar a síntese dos pigmentos ou promover o aparecimento daqueles preexistentes, e a aplicação do 1-MCP evitar a ação do mesmo sobre os processos fisiológicos de amadurecimento, os teores de antocianinas diferenciaram-se significativamente apenas no final do armazenamento.

Figura 67 - Teores de clorofilas totais (A) e antocianinas totais (B) em camu-camus tratados com 1-MCP, etileno e nos frutos controle, armazenados a 22 ± 1 °C e 85 ± 5 % UR, durante nove dias. Barras verticais representam o erro padrão da média ($n = 10$)

Quanto à firmeza, verificou-se que esta variável diminuiu ao longo dos dias de armazenamento em todos os tratamentos (Figura 68). Todavia, observou-se que a aplicação do 1-MCP retardou a perda da firmeza, devido à sua atuação sobre as enzimas responsáveis pelo amolecimento da polpa. A retenção da firmeza promovida pelo resultado da ação do 1-MCP, é coerente com a hipótese de que o etileno desencadeia a atividade metabólica relacionada ao amaciamento (DONG et al., 2002; JIANG et al., 2002).

Figura 68 - Firmeza da polpa em camu-camus tratados com 1-MCP, etileno e nos frutos controle, armazenados a 22 ± 1 °C e 85 ± 5 % UR, durante nove dias. Barras verticais representam o erro padrão da média ($n = 10$)

A perda de massa dos camu-camus foi crescente ao longo do período de armazenamento em todos os tratamentos, sendo que no 9º dia, essa perda foi de 7,8% para os frutos tratados com 1-MCP, de 9,0% para os expostos ao etileno e de 8,8% para os frutos do controle (Figura 69). Estes resultados indicam que o 1-MCP minimizou a perda de massa dos frutos, o que é diferente do relatado por Cerqueira et al. (2009), que não verificaram este efeito em goiabas 'Kumagai' submetidas a este tratamento e armazenadas a temperatura ambiente.

Figura 69 - Perda de massa em camu-camus tratados com 1-MCP, etileno e nos frutos controle, armazenados a 22 ± 1 °C e 85 ± 5 % UR, durante nove dias. Barras verticais representam o erro padrão da média ($n = 10$)

Os frutos tratados com etileno e os frutos do tratamento controle apresentaram diminuição nos teores de sólidos solúveis e, no último dia de armazenamento, estavam com os menores valores (Figura 70). Os frutos apresentaram teores médios de sólidos solúveis de 6,60 °Brix no momento da colheita. Já os expostos ao 1-MCP tiveram estes teores mantidos e, diferenciaram-se dos demais tratamentos, pelos maiores valores em relação aos demais tratamentos. Este resultado é explicado pelo metabolismo do fruto, que consome açúcares para produção de energia na forma de ATP, além de outros compostos, com o objetivo de manter a homeostase (SAAVEDRA DEL AGUILA, 2009). Lin et al. (2002) associou a redução no teor de sólidos solúveis com a degradação da pectina, celulose e outros polissacarídeos presentes na parede celular dos frutos.

Figura 70 - Teor de sólidos solúveis em camu-camus tratados com 1-MCP, etileno e nos frutos controle, armazenados a 22 ± 1 °C e 85 ± 5 % UR, durante nove dias. Barras verticais representam o erro padrão da média ($n = 10$)

O teor de acidez titulável inicial dos frutos foi de 3,59% de ácido cítrico, ocorrendo variações significativas durante o armazenamento, que se caracterizaram por redução em todos os tratamentos, já no 3º dia de avaliação (Figura 71). No final do período de armazenamento, os frutos tratados com etileno e os do tratamento controle foram os que apresentaram os menores níveis de acidez, com 3,17% e 3,07%, respectivamente, enquanto os camu-camus expostos ao 1-MCP se destacaram pelos maiores teores de ácido cítrico ao final do armazenamento. Teores mais altos de acidez titulável em frutos tratados com 1-MCP foram relatados em caqui (BRACKMANN et al., 2003), mangas 'Kent' (DOLL HOJO et al., 2009) e mangaba (CAMPOS et al., 2011), bem como, em ameixas armazenadas sob atmosfera modificada e mantidas sob refrigeração (STEFFENS et al., 2009). Este comportamento pode ser atribuído à diminuição do metabolismo respiratório e, por conseguinte, ao menor consumo dos ácidos orgânicos.

Figura 71 - Acidez titulável em camu-camus tratados com 1-MCP, etileno e nos frutos controle, armazenados a 22 ± 1 °C e 85 ± 5 % UR, durante nove dias. Barras verticais representam o erro padrão da média ($n = 10$)

Em relação aos teores de ácido ascórbico, verificou-se aumento significativo nos teores dessa variável durante o período em que os camu-camus foram submetidos aos diferentes tratamentos (Figura 72). No entanto, os camu-camus expostos ao 1-MCP e ao etileno chegaram ao final do período de armazenamento com níveis semelhantes aos iniciais. Os teores de ácido ascórbico encontrados variaram de 1580 mg de ácido ascórbico 100 g^{-1} de polpa, no momento da colheita, a 1640; 1692 e 1657 mg de ácido ascórbico 100 g^{-1} de polpa para os frutos tratados com 1-MCP, etileno e controle, respectivamente, ao final do armazenamento. Aumento nos níveis de ácido ascórbico também foram relatados por Linhares et al. (2007) em goiabas tratadas com 1-MCP. Mercado-Silva et al. (1998) sugeriram que, no decorrer do armazenamento, pode haver maior síntese de metabólitos intermediários que promovem a síntese de glucose-6-fosfato, que é o precursor imediato do ácido ascórbico.

Figura 72 - Ácido ascórbico em camu-camu tratados com 1-MCP, etileno e nos frutos controle, armazenados a 22 ± 1 °C e 85 ± 5 % UR, durante nove dias. Barras verticais representam o erro padrão da média (n = 10)

Os frutos do controle e os tratados com etileno apresentaram atividade respiratória semelhante ao longo do período de armazenamento, enquanto os expostos ao 1-MCP exibiram comportamento estável e baixa produção de CO_2 (Figura 73A). Vários estudos têm demonstrado que o 1-MCP reduz consideravelmente a atividade respiratória e atrasa o climatério (GOLDING et al., 1998; FAN et al., 2000; ARGENTA et al., 2001; DONG et al., 2002).

O camu-camu apresenta padrão respiratório climatérico, tal fato justifica os altos níveis de produção de etileno durante o armazenamento, observados nos frutos tratados com etileno e nos do controle, que apresentaram comportamento semelhante e máxima produção no 3º dia, com $4,53$ e $2,37 \mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$, respectivamente (Figura 73B). Já os frutos que foram expostos ao 1-MCP se caracterizaram pela produção inferior, quando comparado aos demais tratamentos. Os efeitos do 1-MCP na redução da produção de etileno e no atraso na ocorrência do pico concordam com o observado por Fan et al. (2000), Watkins et al. (2000) e Dong et al. (2002). Esta resposta possibilita prolongar o período de conservação dos frutos uma vez que está relacionada a atrasos em eventos relacionados com o amadurecimento (FAN et al., 2000).

Figura 73 - Atividade respiratória (A) e produção de etileno (B) em camu-camu tratados com 1-MCP, etileno e nos frutos controle, armazenados a 22 ± 1 °C e 85 ± 5 % UR, durante nove dias. Barras verticais representam o erro padrão da média ($n = 10$)

A aplicação do 1-MCP mostrou-se eficaz na contenção da incidência de podridão, uma vez que somente foram visualizados sintomas no último dia de armazenamento, o que diferiu do observado nos demais tratamentos (Figura 74). Esta é uma informação importante, considerando a alta perecibilidade de frutas tropicais, a exemplo do camu-camu, quando mantidas em temperatura ambiente. O 1-MCP tem sido utilizado como uma ferramenta que auxilia no controle de podridões pós-colheita, inibindo os efeitos deletérios do etileno sobre os tecidos das frutas, retardando o amadurecimento e o efeito dos fungos que causam apodrecimento. Sua aplicação tem mostrado resultados positivos em melão, lima ácida, mamão, goiaba, manga e banana (ZAMBOLIM et al., 2002), pois, segundo Sommer et al. (1983), o etileno induz os frutos ao amadurecimento e os predispõe ao ataque de microrganismos, diminuindo a resistência da parede celular ao ataque de fungos, através da degradação das pectinas. Dessa forma, o 1-MCP, além de ter retardado o amadurecimento dos camu-camu, foi bastante eficaz na conservação dos frutos.

Figura 74 - Incidência de podridão em camu-camus tratados com 1-MCP, etileno e nos frutos controle, armazenados a 22 ± 1 °C e 85 ± 5 % UR, durante nove dias

5.9 Camu-camu - Etapa 3: Influência da temperatura no armazenamento de camu-camus

Conforme descrito no experimento com estádios de maturação, os camu-camus utilizados para a realização desta etapa foram colhidos no estágio de maturação 3, com frutos apresentando ângulo de cor ($^{\circ}\text{h}$) da epiderme em $1,59^{\circ}$, o que caracteriza casca de coloração predominantemente vermelha (Tabela 9). Durante o armazenamento, houve alteração significativa no ângulo de cor nos camu-camus mantidos a 15, 20 e 25 °C, a qual foi menos acentuada nos frutos armazenados a 15°C, caracterizando mudança da cor vermelha para a roxa (Figura 75). Nos frutos armazenados a 5 e a 10 °C, os valores de h° permaneceram próximos aos valores da obtidos na caracterização do lote, indicando que as baixas temperaturas foram eficientes em manter a coloração da casca dos camu-camus. Segundo Amarante et al. (2008) o aumento na temperatura promove a degradação da clorofila e a redução do ângulo de cor da epiderme de diversos frutos, como, por exemplo, em goiabas.

Tabela 9 - Valores médios da coloração da casca de camu-camus armazenados a 5±1 °C, 10±1 °C, 15±1 °C, 20±1 °C e 25±1 °C e 85±5 % UR, durante nove dias¹

Temperatura	Dias de armazenamento							
	0		3		6		9	
	-----Hue (h°)-----							
5 °C	1,59	Aa	1,72	Aa	356,25	Aa	358,28	Aa
10 °C	1,59	Aa	1,25	Aa	350,38	ABa	349,82	ABa
15 °C	1,59	Aa	359,41	Aa	345,12	ABb	343,41	ABb
20 °C	1,59	Aa	346,63	Bb	341,54	Bb	330,01	Bc
25 °C	1,59	Aa	340,55	Bb	336,25	Bb	331,52	Bc
	-----a*-----							
5 °C	12,03	Aa	12,41	Aa	11,59	Aa	10,88	Aa
10 °C	12,03	Aa	11,38	ABa	10,24	Bb	9,35	Bb
15 °C	12,03	Aa	11,03	Bab	10,37	Bab	9,03	Bb
20 °C	12,03	Aa	11,35	ABa	8,59	Cb	6,35	Cc
25 °C	12,03	Aa	10,41	Bb	7,18	Cc	5,93	Dd
	-----b*-----							
5 °C	3,45	Aa	3,38	Aa	3,01	Aa	3,11	Aa
10 °C	3,45	Aa	3,25	Aa	3,21	Aa	2,99	Ba
15 °C	3,45	Aa	3,01	Aab	2,59	Bb	1,87	Cc
20 °C	3,45	Aa	3,24	Aa	1,38	Cb	-0,77	Dc
25 °C	3,45	Aa	1,02	Bb	-1,14	Dc	-1,51	Dd

¹ Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, em relação a cada variável, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P=0,05).

Figura 75 - Aparência de camu-camus armazenados a 5 ± 1 °C, 10 ± 1 °C, 15 ± 1 °C, 20 ± 1 °C e 25 ± 1 °C e 85 ± 5 % UR no início e no fim do armazenamento

Os valores da coordenada de cromaticidade a^* , que varia do vermelho ao verde, diminuíram durante o período de armazenamento nos frutos de todos os tratamentos, com exceção dos camu-camus mantidos a 5 °C, os quais apresentaram manutenção da coloração avermelhada da casca dos frutos. Tendência de redução também foi observada para coordenada b^* da casca nos camu-camus armazenados a 15, 20 e 25 °C, a partir do 2° dia, indicando maior contribuição da coloração relacionada aos tons de azul, como a cor roxa, o avanço do período de armazenamento (Tabela 9).

Em relação ao teor de clorofilas totais houve redução nos conteúdos deste pigmento na casca dos camu-camus (Figura 76A). Conforme observado na avaliação da coloração, os frutos armazenados a 5 e 10 °C apresentaram retenção dos níveis de clorofila durante o armazenamento, confirmando a manutenção da coloração da casca dos mesmos. Nos demais tratamentos, estes teores diminuíram, indicando perda deste pigmento. Concomitantemente a esse processo, houve acréscimo nos valores de antocianinas ao longo do armazenamento nos mesmos frutos, o qual ocorreu de forma mais acentuada nos frutos armazenados nas temperaturas de 20 e a 25 °C (Figura 76B).

As mudanças de coloração são resultantes principalmente da degradação da clorofila, mas também é resultado da síntese de pigmentos como carotenóides e

antocianinas (TUCKER, 1993). A degradação da clorofila ocorre em função das mudanças de pH, de ácidos, do aumento dos processos oxidativos e da ação das clorofilases (WILLS et al., 1998). Quando a cor passa do verde para o roxo ocorre a degradação da clorofila, que está associada à síntese de antocianinas, as quais são responsáveis pela cor característica da superfície de diversos frutos (GIRARDI et al., 2000), a exemplo do camu-camu.

Figura 76 - Teores de clorofilas totais (A) e antocianinas totais (B) em camu-camus armazenados a 5±1 °C, 10±1 °C, 15±1 °C, 20±1 °C e 25±1 °C e 85±5 % UR, durante nove dias. Barras verticais representam o erro padrão da média (n = 10)

A firmeza da polpa se caracterizou pelo decréscimo gradual e significativo com o avanço dos dias de armazenamento, principalmente nos frutos mantidos a 20 e 25 °C (Figura 77). Por ocasião da colheita, a firmeza da polpa foi de 5,60 N, sendo que ao final dos nove dias, os frutos dos tratamentos a 20 e 25°C apresentaram uma firmeza da polpa de 2,71 N e 2,20 N, respectivamente. Esta tendência também foi verificada nos conservados a 15 °C, porém com menor intensidade. Os camu-camus armazenados a 5 e 10 °C apresentaram ao final do armazenamento valores de firmeza próximos aos iniciais, o que pode ser devido ao efeito das baixas temperaturas que colaboraram para a retenção da firmeza da polpa (DONG et al., 2002).

A perda de firmeza é um evento característico do processo de amadurecimento dos frutos. No entanto, ela pode ser influenciada por diversos fatores que levam à hidrólise de polissacarídeos da parede celular e à degradação enzimática de compostos pécticos da lamela média (SALUNKE; DESAI, 1984). Este parâmetro é de fundamental importância no manuseio pós-colheita, em razão dos frutos mais firmes

serem mais resistentes à injúrias mecânicas sofridas durante o as operações de transporte e comercialização.

Figura 77 – Firmeza da polpa de camu-camus armazenados a 5 ± 1 °C, 10 ± 1 °C, 15 ± 1 °C, 20 ± 1 °C e 25 ± 1 °C e $85\pm 5\%$ UR, durante nove dias. Barras verticais representam o erro padrão da média (n = 10)

Analisando-se o efeito da temperatura na perda de massa observou-se que os camu-camus tiveram perda crescente e gradual, independente do tratamento (Figura 78). No entanto, os frutos armazenados em temperaturas mais altas foram os que apresentaram os maiores índices de perda. Esta modificação atingiu os maiores valores quando armazenados a 25°C, com perda de 9,85% aos nove dias, enquanto que a 5°C os frutos atingiram 5,50% ao final do armazenamento. Este comportamento pode ser atribuído à perda excessiva de água dos tecidos, com a diminuição da pressão de turgescência que ocorre em situações de armazenamento em elevadas temperaturas (CRISOSTO et al., 1997). Além disso, a perda de massa pode ser devida à perda de material de reserva por evapotranspiração e respiração e, constitui um dos principais fatores limitantes da vida útil pós-colheita de frutos e hortaliças. Esta perda também pode ser influenciada por fatores, como cultivar, tratamentos pós-colheita, condição e duração do armazenamento, entre outros (GONÇALVES et al., 1996). De acordo com Doll Hojo (2005), as condições de armazenamento, determinadas pelas temperaturas e umidade relativa, interferem diretamente sobre o metabolismo da fruta, restringindo ou favorecendo a perda de água.

Figura 78 - Perda de massa de camu-camus armazenados a 5 ± 1 °C, 10 ± 1 °C, 15 ± 1 °C, 20 ± 1 °C e 25 ± 1 °C e $85\pm 5\%$ UR, durante nove dias. Barras verticais representam o erro padrão da média (n = 10)

Não foi verificado efeito significativo das temperaturas e do período de armazenamento nos teores de sólidos solúveis, sendo que, no momento da colheita, os frutos estavam com um valor médio de $6,59^\circ\text{Brix}$ (Figura 79). Ao final do armazenamento, os valores médios nas temperaturas de 5°C e 25°C foram semelhantes, com $6,39^\circ\text{Brix}$ e $6,89^\circ\text{Brix}$, respectivamente, não havendo diferença significativa.

Figura 79 - Teor de sólidos solúveis de camu-camus armazenados a 5 ± 1 °C, 10 ± 1 °C, 15 ± 1 °C, 20 ± 1 °C e 25 ± 1 °C e $85\pm 5\%$ UR, durante nove dias. Barras verticais representam o erro padrão da média (n = 10)

Para os valores de acidez titulável, independentemente da temperatura de armazenamento, houve redução significativa na porcentagem de ácido cítrico dos frutos com o decorrer dos dias (Figura 80). Naumann e Wittenburg (1980) observaram considerável diminuição de ácido cítrico em frutos de quatro cultivares de amoreira-

preta após a colheita. Este decréscimo na acidez ocorre comumente em diversos frutos e, possivelmente, está relacionado à maior atividade metabólica dos mesmos.

Figura 80 - Acidez titulável de camu-camus armazenados a 5 ± 1 °C, 10 ± 1 °C, 15 ± 1 °C, 20 ± 1 °C e 25 ± 1 °C e $85\pm 5\%$ UR, durante nove dias. Barras verticais representam o erro padrão da média ($n = 10$)

Em relação aos teores de ácido ascórbico, os frutos armazenados a 15 e 25 °C apresentaram redução a partir do segundo dia de armazenamento, porém após esse período, mantiveram-se estáveis. Os camu-camus mantidos a 20 °C apresentaram diminuição nestes teores na mesma ocasião, chegando no último dia de avaliação com níveis semelhantes aos constatados no dia 0 (Figura 81). Já, a conservação a 5 e 10 °C foi eficiente em preservar os conteúdos de ácido ascórbico na polpa dos camu-camus. Perdas substanciais de nutrientes podem ocorrer com o armazenamento, especialmente perda de vitamina C (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Frutos com teores elevados de vitamina C são desejáveis, uma vez que parte dela é perdida durante o transporte, armazenamento e processamento (COELHO, 1994). O ácido ascórbico é facilmente oxidado quando exposto ao calor, luz e oxigênio, podendo também ser perdido durante o manuseio dos produtos. Jeronimo e Kaneshiro (2000) relataram comportamento semelhante desta variável em mangas 'Palmer' independentemente da temperatura de armazenamento, enquanto Brunini et al. (2008) descreveram a mesma tendência em jaboticabas armazenadas em diferentes temperaturas.

Figura 81 - Ácido ascórbico de camu-camus armazenados a 5 ± 1 °C, 10 ± 1 °C, 15 ± 1 °C, 20 ± 1 °C e 25 ± 1 °C e $85\pm 5\%$ UR, durante nove dias. Barras verticais representam o erro padrão da média (n = 10)

Durante o armazenamento foi possível observar que os frutos exibiram padrão respiratório do tipo climatérico, caracterizado por aumento na respiração, atingindo um pico entre o 1º e o 3º dia após a colheita (Figura 82A). Verificou-se que a atividade respiratória dos camu-camus foi diretamente proporcional à temperatura de armazenamento, sendo que os mantidos a 5 °C apresentaram as menores produções, com o pico da atividade respiratória em $6,50 \text{ mL CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ e, os armazenados a 25 °C, as maiores, com $22,5 \text{ mL CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$. Este resultado está de acordo com Chitarra (1998), que afirma que temperaturas baixas reduzem significativamente a respiração de frutas e hortaliças. Resultados similares foram obtidos por Carrillo et al. (2011) em camu-camus armazenados a 20 °C, que apresentaram produção de CO_2 superior à dos frutos mantidos a 10 e 6 °C.

Em relação ao etileno, observou-se que, de maneira geral, quanto mais baixa a temperatura, menor a produção desse hormônio (Figura 82B), o que possibilita o aumento da vida útil dos frutos, por retardar o amadurecimento dos mesmos (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Tal qual o verificado na atividade respiratória, os camu-camus armazenados a 5 °C apresentaram produção de etileno significativamente inferior à dos mantidos nas demais temperaturas, com produção máxima de $0,9 \text{ } \mu\text{L de C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$.

Figura 82 - Atividade respiratória (A) e produção de etileno (B) de camu-camus armazenados a 5 ± 1 °C, 10 ± 1 °C, 15 ± 1 °C, 20 ± 1 °C e 25 ± 1 °C e 85 ± 5 % UR, durante nove dias. Barras verticais representam o erro padrão da média (n = 10)

A deterioração causada por patógenos é a principal causa de perdas em pós-colheita de pequenas frutas, em virtude da fragilidade de sua epiderme. Observou-se que o armazenamento em temperaturas elevadas favoreceu a incidência de podridões, sendo a antracnose, causada por fungos do gênero *Colletotrichum*, a principal doença pós-colheita em camu-camus. O índice de incidência e severidade de podridões também aumentou acentuadamente e de forma linear nos frutos mantidos a 25°C, após a colheita (Figura 83), sendo que, no 8º dia de análise, 100% dos frutos a 25°C apresentaram podridão. Nos frutos armazenados a 5 e 10 °C esses índices mantiveram-se baixos, indicando que estas temperaturas inibiram o desenvolvimento de podridões.

Figura 83 - Incidência de podridão em camu-camus armazenados a 5 ± 1 °C, 10 ± 1 °C, 15 ± 1 °C, 20 ± 1 °C e 25 ± 1 °C e 85 ± 5 % UR, durante nove dias

Segundo Zambolim et al. (2002), a refrigeração é importante tanto para reduzir a deterioração fisiológica e a perda de umidade, quanto para reduzir o progresso da doença no tecido hospedeiro. Mesmo quando o hospedeiro é retirado da condição de armazenamento, o crescimento do fungo é reduzido, havendo casos em que há até a inativação do fungo. Desse modo, o armazenamento do camu-camu deve ser realizado sob baixas temperaturas, pois além de ser eficiente na manutenção da qualidade dos frutos, a refrigeração a 5° C foi eficaz em controlar a incidência de podridões.

6 CONCLUSÕES

Abiu

Os abius, classificados como frutos climatéricos, devem ser colhidos no estágio de maturação 2, com casca de coloração verde-amarela, e armazenados a 10 °C, sendo que, quando tratados com 1-MCP, têm seu amadurecimento retardado.

Bacupari

Os bacuparis, classificados como frutos não-climatéricos, devem ser colhidos no grau máximo de amadurecimento, ou seja, no estágio 3, com casca laranja, e devem ser armazenados a 10 °C, sendo que, quando tratados com 1-MCP, a incidência de podridão é reduzida, porém, sem influenciar sua qualidade pós-colheita.

Camu-camu

Os camu-camus, classificados como frutos climatéricos, devem ser colhidos no estágio de maturação 3, com casca de coloração vermelho-esverdeada, e armazenados a 5 °C, sendo que, quando tratados com 1-MCP, têm seu amadurecimento retardado.

REFERÊNCIAS

- ABELES, F.B.; MORGAN, P.W.; SALTVEIT JR, M.E. Fruit ripening abscission and postharvest disorders. In: ABELES, F.B.; MORGAN, P.W.; SALTEVEIT JR, M.E. (Ed.) **Ethylene in plant biology**. 2nd ed. California: Academic Press, 1992. cap. 6, p. 182-221.
- ALBERTINO, A.; BARGE, A.; CRAVOTTO, G.; GENZINI, L.; GOBETTO, R.; VINCENTI, M. Natural origin of ascorbic acid: Validation by ¹³C NMR and IRMS. **Food Chemistry**, Washington, v. 112, p. 715-720, 2009.
- ALMEIDA, L.S.B.; MURATA, R.M.; R. YATSUDA, M.H.; NAGEM, T.J.; ALENCAR, S.M.; KOO, P.L. Antimicrobial activity of *Rheedia brasiliensis* and 7-epiclusianone against *Streptococcus mutans*. **Phytomedicine**, Jena, n.15, p. 886-891, 2008.
- AGRIOS, G.N. **Plant Pathology**. 4nd . ed. San Diego: Academic Press, 1997. 635p.
- AMARANTE, C.V.T. do; STEFFENS, C.A.; DUCROQUET, J.P.H.J.; SASSO, A. Qualidade de goiaba serrana em resposta à temperatura de armazenamento e ao tratamento com 1-metilciclopropeno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.12, p.1683-1689, 2008.
- ANDRADE, J.S.; SILVEIRA, J.S.; FERREIRA, S.A.N.; BRASIL, J.E.B. Effects of ripening stage and environment conditions on stored postharvest camu-camu (*Myrciaria dubia*) fruits. **Acta Horticulturae**, Leuven: ISHS, n. 864, p.423-429, 2010.
- ANDRADE, J.S.; GALEZZI, M.A.; ARAGÃO, C.G.; CHAVES-FLORES, W.B. Valor nutricional do camu-camu (*Myrciaria dubia*) cultivado em terra firme na Amazônia Central. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v.13, n.3, p.307-311, 1991.
- ANDREUCCETTI, C; FERREIRA, M.D.; MORETTI, C.L.; HONÓRIO, S.L. Qualidade pós-colheita de frutos de tomate cv. Andréa tratados com etileno. **Horticultura Brasileira** Brasília, n. 25, p.122-126, 2007.
- ANTHON, G. E.; SEKINE, Y.; WATANABE, N. Thermal inactivation of pectinmethylesterase, polygalacturonase, and peroxidase in tomato juice. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 50, p. 6153-6159, 2002.
- ANUÁRIO Brasileiro da Fruticultura**. Santa Cruz do Sul: Eitora Gazeta Santa Cruz, 2012. 132p.
- ARAUJO NETO, S.E.; PRAÇA, E.F.; CARVALHO, E.F.; ALVES, R.E. MENEZES, J. B.; MORAIS, E.A.A. Desenvolvimento de frutos de sapotizeiro (*Manilkra achras*). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.23, n.1, p. 25-29, 2001.
- ARAÚJO, E.R.; ALVES, L.I.F.; RÊGO, E.R.; RÊGO, M.M.; CASTRO, J.P.; SAPUCAY, M.J.L.C. Caracterização físico-química de frutos de biri-biri (*Averrhoa bilimbi* L.). **Biotemas**, Florianópolis, v. 22, n. 4, p. 225-230, 2009.

ARGENTA, L.C; MATTHEIS, J.; FAN, X. Retardamento da maturação de maçãs 'Fuji' pelo tratamento com 1-MCP e manejo da temperatura. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.23, n.2, p.270-273, 2001.

AVELLO, M.; SUWALSKY, M. **Radicales libres, antioxidantes naturales y mecanismos de proteccion**. Atena: Concepción, v.494, n. 2, p.161-172, 2006.

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

AZZOLINI, M. **Fisiologia pós-colheita de goiabas 'Pedro Sato': estádios de maturação e padrão respiratório**. 2002. 100p. Dissertação (Mestrado em Bioquímica e Fisiologia de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

AZZOLINI, M.; JACOMINO, A. P.; BRON, I. U. Índices para avaliar qualidade pós-colheita de goiabas em diferentes estádios de maturação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.2, p.139-145, 2004.

BASSETTO, E. **Conservação de goiabas 'Pedro Sato' tratadas com 1-Metilciclopropeno: concentrações e tempo de exposição**. 2002. 83p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

BASSETTO, E.; JACOMINO, A.P.; PINHEIRO, A.L.; KLUGE, R.A. Delay of ripening 'Pedro Sato' guava with 1-methylcyclopropene. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 35, p. 303-308, 2005.

BARREIROS, L.B.S.; DAVID, J.M.; DAVID, J.P. Estresse oxidativo: relação entre geração de espécies reativas e defesas do organismo. **Química Nova**, São Paulo, v.29, n.1, p.113-123, 2006.

BARROS, J.C.S.M.; GOES, A.; MINAMI, K. Condições de conservação pós-colheita de frutos de pimentão (*Capsicum annuum* L.). **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 51, p. 363-368, 1994.

BARROSO, G.M.; PEIXOTO, A.L.; ICHASO, C.L.F.; GUIMARÃES, E.F.; COSTA, C.G. **Sistemática de angiospermas no Brasil**. 2. ed. Viçosa: UFV, v.1, 2002, 309p.

BIALE, J.B.; YOUNG, R.E. **Bioquímica da la maturación de los frutos**. London: Endeavour, 1962. 179p.

BLAKENSHIPE, S.M.; DOLE, D.E. 1-Methylcyclopropene: a review. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 28, p. 1-25, 2003.

BLEINROTH, E.W.; SIGRIST, J.M.M.; ARDITO, E.F.G.; CASTRO, J.V.; SPAGNOL, W.A.; NEVES FILHO, L.C. **Tecnologia de pós-colheita de frutas tropicais**. 2. ed. Campinas: ITAL, 1992. 203 p. (Manual Técnico, 9).

BLEINROTH, E.W. Determinação do ponto de colheita. In: GAYET, J.P.; BLEINROTH, E.W.; MATALLO, M.; GARCIA, E.E.; GARCIA, A.E.; ARDITO, E.S.G.; BONDIN, M.R. **Mamão para exportação**: procedimentos de colheita e pós-colheita. Brasília, 1996. 38p. (Série Publicações Técnicas Frupep, 14).

BOTREL, N. **Efeito do peso do fruto no escurecimento interno e qualidade do abacaxi 'Smooth Cayenne'**. 1991. 81p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1991.

BRACKMANN, A.; FREITAS, S.T.; MELLO, A.M.; STEFFENS, C.A. Aplicação de 1-MCP em caqui 'Quioto' armazenado sob refrigeração e atmosfera controlada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 42-44, 2003.

BRACKMANN, A.; SAQUET, A.A. Armazenamento de maçã cv. Gala em atmosfera controlada. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.1, n.2, p.55-60, 1995.

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

BRAZ, V.B.; NUNES, E.S.; VIEIRA, G.; RIBEIRO JÚNIOR, J.I.; BERTINI, L.A.; COUTO, F.A.D. Indução do amadurecimento de mangas cv. Tommy Atkins e cv. Ubá pela aplicação de ethephon pós-colheita. **Bragantia**, Campinas, v.67, n.1, p.225-232, 2008.

BRUNINI, M.A.; OLIVEIRA, A.L.; SALANDINI, C.A.R.; BAZZO, F.R. Influência de embalagens e temperatura no armazenamento de jaboticabas (*Myrciaria jaboticaba*) cv 'Sabará'. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 3, p. 378-383, 2008.

BUTT, V.S. Direct oxidases and related enzymes. In: STUMPF, P.K.; CONN, E.E. (Ed.). **The biochemistry of plants**: a comprehensive treatise. New York: Academic, 1980. v. 2, p. 81-123

CALZAVARA, B.B.G. **Fruteiras**: Abieiro, Abricozeiro, Bacurizeiro, Biribazeiro, Cupuaçuzeiro. Belém: Instituto de Pesquisa e Experimentação Agropecuária do Norte. Série culturas da Amazônia, 84p. 1970.

CAMPOS, R.P.; KNOCH, B.; HIANE, P.A.; RAMOS, M.I.L.; RAMOS FILHO, M.M. 1-MCP em mangabas armazenadas em temperatura ambiente e a 11°C. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, p. 206-212, 2011.

CANUTO, G.B.; XAVIER, A.A.O.; NEVES, L.C.; BENASSI, M.T. Caracterização físico-química de polpas de frutos da Amazônia e sua correlação com a atividade anti-radical livre. **Revista Brasileira Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, n. 4, p. 1196-1205, 2010.

CAPECKA, E.; MARECZEK, A.; LEJA, M. Antioxidant activity of fresh and dry herbs of some Lamiaceae species. **Food Chemistry**, Washington, v.93, p.223-226, 2005.

CARNEIRO, J.G. Estudos sobre a caracterização físico-química de frutas: II. Jamelão (*Syzygium jambolana* DC) **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v.8, n.2, p. 41-43, 1986.

CARRILLO, M.P.; HERNÁNDEZ, M.S.; CARDONA, J.E.C.; BARRERA, J., MARTÍNEZ, O.; FERNÁNDEZ-TRUJILLO, J.P. Prolonging postharvest quality of camu camu (*Myrciaria dubia* h.b.k.) as the first step in the commercial chain . **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 906, p. 31-36, 2011.

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

CARVALHO, V.D.; BOTREL, N. Características da fruta para exportação. In: GORGATTI NETTO, A. et al. **Abacaxi para exportação**: procedimentos de colheita e pós-colheita. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1996. 41p. (FRUPEX. Publicações Técnicas, 23).

CARVALHO, J.E.U.; MÜLLER, C.H. **Biometria e rendimento percentual de polpa de frutas nativas da Amazônia**. Belém: EMBRAPA Amazônia Oriental, 2005. 4p. (Comunicado técnico, 139).

CERQUEIRA, T.S.; JACOMINO, A.P.; SASAKI, F.F.; AMORIN, L. Controle do amadurecimento de goiabas 'Kumagai' tratadas com 1-metilciclopropeno. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, p. 687-692, 2009.

CERQUEIRA-PEREIRA, E.C.; PEREIRA, M.A.; MELLO, S.C.; JACOMINO, A.P.; TREVISAN, M.J.; DIAS, C.T.S. Efeito da aplicação de etileno na qualidade pós-colheita de frutos de pimentão vermelhos e amarelos. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 4, p. 590-583, 2007 .

CHITARRA, M.I.F. Fisiologia e qualidade de produtos vegetais. In: BOREN, F.M. **Armazenamento e processamento de produtos agrícolas**. Lavras: Ufla/SBEA, 1998. p.1-57.

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

COELHO, A.H.R. Qualidade pós-colheita de pêssegos. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 17, n. 180, p. 31-39, 1994

CORTEZ, L.A.B.; HONÓRIO, S.L.; MORETTI, C.L. **Resfriamento de frutas e hortaliças**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. p. 95-121.

COSTA, A.F.S.; BALBINO, J.M.S. Características da fruta para exportação e normas de qualidade. In: FOLEGATTI, M.I.S.; MATSUURA, F.C.A.U. (Ed.). **Mamão**: pós-colheita. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. p. 12-18. (Série Frutas do Brasil, 21).

COUEY, H.M. Chilling injury of crops of tropical and subtropical origin: an overview. **HortScience**, Alexandria, v.17, n.2, p.158-162, 1982.

CRISOSTO, C.H.; CRISOSTO, G.M.; METHENEY, P. Consumer acceptance of 'Brooks' and 'Bing' cherries is mainly dependent on fruit SSC and visual skin color. **Postharvest Biology and Technology**. Amsterdam, v. 28, p. 159-167, 2003.

CROSS, J. **Pigments in fruit**. London: Academic, 1987. 303p.

CRUZ, A.J.; LEMOS, V.S.; SANTOS, M.H.; NAGEM, T.J.; CORTES, S.F. Vascular effects of 7-epiclusianone, a prenylated benzophenone from *Rheedia gardneriana*, on the rat aorta. **Phytomedicine**, Jena, n. 13, p. 442-445, 2006.

DAMIANI, C.; VILAS BOAS, E.V.B.; SOARES JUNIOR, M.S.; CALIARI, M.; PAULA, M.L.; PEREIRA, D.E.P.; SILVA, A.G.M. Análise física, sensorial e microbiológica de geleias de manga formuladas com diferentes níveis de cascas em substituição à polpa. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 5, p. 1418-1423, 2008.

DAVIES, J.N.; HOBSON, G.E. The constituents of tomato fruit - The influence of environment, nutrition and genotype. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Cleveland, v.15, n.3, p.205-220, 1981.

DINUS, L.A.; MACKEY, A.C. Chemical and physical attributes of muskmelon related to texture. **Journal of Texture Studies**, Westport, v. 5, p. 41-50, 1974

DOLL HOJO, E.T. **Qualidade de mangas 'Palmer' tratadas com 1-metilciclopropeno e armazenadas sob refrigeração**. 2005. 127p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.

DOLL HOJO, E.T.; ABREU, C.M.P.; ASMAR, S.A.; HOJO, R.H.; CÔRREA, A.D.; VILAS BOAS, E.V.B. Avaliação da qualidade de manga 'palmer' tratada com 1-metilciclopropeno e armazenada sob refrigeração e condição ambiente. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, n. 1, p. 28-38, 2009.

DONADIO, L.C. Frutas tropicais exóticas. In: DONADIO, L.C.; MARTINS, A.B.G.; VALENTE, J.P. **Fruticultura Tropical**. Jaboticabal: FUNEP, 1992. p.191-216.

DONADIO, L.C.; MORO, F.V.; SERVIDONE, A.A. **Frutas brasileiras**. Jaboticabal: Funep, 2002. 288p.

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

EMBRAPA. **Fruteiras da Amazônia**. Brasília: Embrapa-SPI, 1996. 204p.

FAN, X.; ARGENTA, L.; MATTHEIS, J. Inhibition of Ethylene Action by 1-methylcyclopropene Prolongs Storage Life of Apricots. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.20, n.2, p.135-142, 2000.

FARAONI, A.S.; RAMOS, A.M.; STRINGHETA, P.C. Caracterização da manga orgânica cultivar ubá. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campinas Grande, v.11, n.1, p.9-14, 2009.

FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras: UFLA, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.

FILGUEIRAS, H.A.C.; CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. Armazenamento de ameixas sob refrigeração e atmosfera modificada - 2: colapso interno (internal breakdown) e textura. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 18, n. 1, p. 129-135, 1996.

FINGER, F.L.; VIEIRA, G. **Controle da perda pós-colheita de água em produtos hortícolas**. Viçosa: UFV, 2002. 29p.

FONSECA, S.C.; OLIVEIRA, F.A.R.; BRECHT, J.K. Modelling respiration rate of fresh fruits and vegetables for modified atmosphere packages: a review. **Journal of Food Engineering**, Chicago, v.52, p.99-119, 2002.

FONTENELE, M.A.; FIGUEIREDO, R.W.; MAIA, G.A.; ALVES, R.E.; SOUSA, P.H.M.A.; SOUZA, V.A.B. Conservação pós-colheita de bacuri (*Platonia insignis* Mart.) sob refrigeração e embalado em PVC. **Revista Ceres**, Viçosa: UFV, v. 57, p. 292-296, 2010.

FOX, A.J.; POZO-INSFRAN, D.D.; LEE, J.H.; STEVEN, A.S.; TALCOTT, T.S. Ripening-induced chemical and antioxidant changes in bell peppers as affected by harvest maturity and postharvest ethylene exposure. **Hortscience**. Alexandria, n. 40, p.732-736, 2005.

GARCIA, E.E.C.; GARCIA, A.E.; ARDITO, E.F.; BORDIN, M.R. Embalagem. In: GORGATTI NETTO, A. **Abacaxi para exportação**: procedimentos de colheita e pós-colheita. Brasília: Embrapa-SPI, 1996. p.32-41. (Série Publicações Técnicas FRUPEX, 23).

GIRARDI, C.L.; ROMBALDI, C.V.; PARUSSOLO, A.; DANIELI, R. **Manejo pós colheita de pêssegos cultivar Chiripá**. Bento Gonçalves, 2000. 36p.

GOLDING, J.B.; SHEARER, D.; McGLASSON, W.B.; WYLLIE, S.G. Application of 1-MCP and propylene to identify ethylene-dependent ripening processes in mature banana fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.14, n.1, p.87-98, 1998.

GONÇALVES, E.D.; ANTUNES, P.L.; BRACKMANN, A. Armazenamento de pêra 'Nijisseiki' em atmosfera controlada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 22, n. 2, p. 226-231, 2000.

GONÇALVES, F.C.; MENEZES, J.B.; ALVES, R.E. Armazenamento de melão "Piel de Sapo" sob condições ambiente. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.14, n.1, p.49-52, 1996.

GOÑI, O.; SNACHEZ-BALLESTA, M.T.; MERODIO, C.; ESCRIBANO, M.I. Ripening-related defense proteins in Annona fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.55, p.169-173, 2010.

GONZÁLEZ-AGUILAR, G.A.; BUTA, J.G.; WANG, C.Y. Methyl jasmonate reduces chilling injury symptoms and enhances color development of 'Kent' mangoes. **Journal of Science Food Agriculture**, New York, v. 81, p. 1244-1249, 2001.

GUTHRIE, H.A. **Introductory nutrition**. 7th. ed. St. Louis: Mosby, 1989. p.381-394.

IBAMA. **Ecossistemas Brasileiros: Amazônia**. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/ecossistemas/amazonia.htm>>. Acesso em: 09.mar.2012.

INOUE, T; KOMODA, H; UCHIDA, K.; NODE, K. Tropical fruit camu-camu (*Myrciaria dubia*) has anti-oxidative and anti-inflammatory properties. **Journal of Cardiology**. Riverton, 52, p. 127-132, 2008.

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.

JAIN, N.; DHAWAN, K.; MALHOTRA, S.P.; SIDDIQUI, S.; SINGH, R. Compositional and enzymatic changes in guava (*Psidium guajava* L.) fruits during ripening. **Acta Physiologiae Plantarum**, Poland, v.23, p.357-362, 2001.

JERONIMO, R.F.; KANESIRO, M.A.B. Efeito da associação de armazenamento sob refrigeração e atmosfera modificada na qualidade de mangas 'Palmer'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 22, n. 2, p. 237-243, 2000.

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

JIANG, Y.; JOYCE, D.C. 1-Methylcyclopropene treatment effects on intact and fresh-cut apple. **Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, Ashford, v. 77, p. 19-21, 2002.

JOHNSTON, J.W.; HEWETT, E.W.; HERTOOG, M.L.A.T.; HARKER, F.R. Temperature induces differential softening responses in apple cultivars. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.23, p.185-196, 2001.

JUSTI, K.C.; VISENTAINER, J.V.; SOUZA, N.E.; MATSUSHITA, M. Nutritional composition and vitamin c stability in stored camu-camu (*Myrciaria dubia*) pulp. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Caracas, v. 50, p. 405-408, 2000.

KADER, A.A. Postharvest biology and technology: an overview. In: KADER, A.A. **Postharvest technology of horticultural crops**. 3rd.ed. Davis: University of California, Division of Agriculture and Natural Resources, 2002. p.15-20.

KAYS, S.J. **Postharvest physiology of perishable plant products**. Athens: Avi, 1997. 532p.

KE, D.; SALTVEIT, M.E. Developmental control of Russet Spotting, phenolic enzymes, and IAA oxidase in cultivares of iceberg lettuce. **Journal of American Society Horticultural Science**, Alexandria, v.114, n.3, p.472-477, 1978.

KLUGE, R.A.; RODRIGUES, S.; KALIL, G.P.C.; RUSSO, R.; LUCAS, M.B.; MINAMI, K. Influência do estágio de maturação e da cobertura com polietileno na conservação de tomates frigorificados. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.53, n.1, p.6-13, 1996.

LANA, M.M.; TIJSKENS, L.M.M.; KOOTEN, O. Effects of storage temperature and fruit ripening on firmness of fresh cut tomatoes. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.35, p.87-95, 2005.

LEDERMAN, I.E.; SILVA JUNIOR, J.F.; BEZERRA, J.E.F; MOURA, R.J.M. **Sapotizeiro (*Manilkara zapota*)**. Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2001. 71p.

LEE, L.J.; DURST, R.W.; WROLSTAD, R.E. Determination of total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices, beverages, natural colorants, and wines by the pH differential method: Collaborative Study. **Journal of AOAC International**, Maryland, v.88, n.5, p.1269-1278, 2005.

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

LICHTENTHALER, H.K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. **Methods of Enzymology**, New York, v.148, p.350-382, 1987.

LIMA, M.A. **Conservação pós-colheita de goiaba pelo uso de reguladores de crescimento vegetal, cálcio e da associação destes com refrigeração e embalagens plásticas**. 2003. 115p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2003.

LIMA, M.A.C.; ALVES, R.E.; FILGUEIRAS, H.A.C. Mudanças relacionadas ao amaciamento da graviola durante a maturação pós-colheita. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.12, p.1707-1713, 2006.

LIMA, M.A.C.; ALVES, R.E.; BISCEGLI, C.I.; FILGUEIRAS, H.A.C.; COCOZZA, F.M. Conservação pós-colheita de melões Galia ‘Solar King’ tratados com 1-metilciclopropeno. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.1, p. 121-126, 2004.

LIMA, M.A.; DURIGAN, J.F. Conservação de goiaba ‘Pedro Sato’ associando-se refrigeração com diferentes embalagens plásticas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 22, n. 2, p. 232-236, 2000.

LIMA, V.L.A.G.; MÉLO, E.A.; LIMA, D.E.S. Fenólicos e carotenóides totais em pitanga. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 59, n. 3, p. 447-450, 2002.

LIMA, F.V.; SAAVEDRA DEL AGUILA, J.; ORTEGA, E.M.M.; KLUGE, R.A. Pós colheita de lichia 'Bengal' tratada com etileno e 1-metilciclopropeno. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.41, n.7, 2011.

LIN, H.T.; XI, Y.F.; CHEN, S.J.; CHEN, J.Q.; HONG, Q.Z. Research advances of postharvest physiology, postharvest pathology and storage and transport technologies for longan fruit. **Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering**, Beijing, v.18, p.185-190, 2002.

LINHARES, L.A.; SANTOS, C.D.; ABREU, C.M.P.; CORRÊA, A.D.C. Transformações químicas, físicas e enzimáticas de goiabas "Pedro Sato" tratadas na pós-colheita com cloreto de cálcio e 1-metilciclopropeno e armazenadas sob refrigeração. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 3, p. 829-841, 2007.

LORENZI, H. **Frutas brasileiras e exóticas cultivadas (de consumo "in natura")**. Nova Odessa: Instituto Platarum de Estudos da Flora, 2006. 672p.

MANICA, I. **Frutas nativas, silvestres e exóticas 1**. Porto Alegre: Cinco Continentes Editora, 2000. 327p.

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

MARINHO, H.A.; CASTRO, J.S. Carotenóides e valor de pró-vitamina A em frutos da região amazônica: pajurá, piquiá, tucumã e umari. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 17., 2002, Belém. **Anais...** Belém: Meio magnético, 2002. CD-ROM.

MARKAKIS, P. Stability of anthocyanins in foods. In: MARKAKIS, P. (Ed.) **Anthocyanins as food colors**. New York: Academic Press. v.1. 1982. p. 163-180.

MAZZA, G.; MINIATI, E. **Anthocyanins in fruits, vegetables and grains**. Boca Raton: CRC Press, 1993. v.1, 101p.

MELÉNDEZ-MARTÍNEZ, A.J.; VICARIO, I.M.; FRANCISCO, H. Importancia nutricional de pigmentos carotenoides. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Caracas, v.54, n.2, p.149-155, 2004.

MENEZES, J.B.; CHITARRA, A.B.; CHITARRA, M.I.F.; BICALHO, U.O. Caracterização do melão tipo Galia durante a maturação. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.16, n.2, p.123- 127, 1998.

MENEZES, J.B.; CHITARRA, A.B.; CHITARRA, M.I.F.; CARVALHO, H.A. Caracterização pós-colheita do melão amarelo "Agroflora 646". **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.13, n.2, p.150-153, 1995.

MERCADO-SILVA, E.; BAUTISTA, P.B.; GARCIA-VELASCO, M.A. Fruit development, harvest index ripening changes of guavas produced in central Mexico. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 13, n. 2, p. 143-150, 1998.

MOLINARI, A.F.; CASTRO, L.R.; ANTONIALI, S.; PORNCHALOEMPONG, P.; FOX, A.J.; SARGENT, S.A. The potential for bell pepper harvest prior to full color development. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, Winter Haven, v. 112, p. 143-146, 1999.

MORETTI, C.L.; ARAUJO, A.L.; MAROUELLI, W.A.; SILVA, W.L.C. 1-methylcyclopropene delays tomato fruit ripening. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, p. 659-663, 2002.

MORRIS, L.L. Chilling injury of horticultural crops: an overview. **HortScience**, Alexandria, v.17, n.2, p.157-158, 1982.

MOURA, M.L.; SARGENT, S.A.; OLIVEIRA, R.F. Efeito da atmosfera controlada na conservação de tomates colhidos em estágio intermediário de maturidade. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.56, n.1, p.135-142, 1999.

NAUMANN, W. D.; WITTENBURG, U. Antocyanins, soluble solids, and titratable acidity in blackberries as influenced by preharvest temperatures. **Acta Horticulturae**, Leuven, n. 112, p. 183-190, 1980.

NISHIYAMA, K.; GUIS, M.; ROSE, J.K.C.; KUBO, Y.; BENNETT, K.A.; WANGJIN, L.; KATO, K.; USHIJIMA, K.; NAKANO, R.; IANBA, A.; BOUZAYEN, M.; LATSCH, A.; PECH, J.C.; BENNETT, A.B. Ethylene regulation of fruit softening and cell wall disassembly in Charentais melon. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 58, n. 6, p. 1281-1290, 2007.

OETIKER, J.H.; YANG, S.F. The role of ethylene in fruit ripening. **Acta Horticulturae**, Wellington, v.398, p.167-178, 1995.

OSUNA-GARCÍA, J.A.; WALL, M.M.; WADDELL, C.A. Endogenous levels of tocopherols and ascorbic acid during fruit ripening of New Mexican-Type Chile (*Capsicum annum* L.). **Journal Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 46, p. 5093-5096, 1998.

PADH, H. Vitamin C: never insights into its biochemical functions. **Nutrition Reviews**, Hoboken, v.49, n.3, p.65-70, 1991.

PANTÁSTICO, E.B. **Postharvest physiology, handling and utilization of tropical and subtropical fruits and vegetables**. Westport: AVI, 1975. 560p.

PINEDO, A.R. **Manutenção dos atributos de qualidade do camu-camu desidratado durante o armazenamento**. 2002. 96p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

PURVIS, A.C. The role of adaptive enzymes in carbohydrate oxidation by stressed and senescing plant tissues. **Hortscience**, Alexandria, v. 32, n. 7, p. 195-168, Dec. 1997.

RAISON, J.K. Effect of low temperature on respiration. In: STUMP, P.K.; CONN, E.E. **The biochemistry of plants, a comprehensive treatise**. New York: Academic Press, 1980. p. 613-625.

RHODES, M.J.C. The maturation and ripening of fruits. In: THIMANN, K.V.; ADELMAN, R.C.; ROTH, G.S. **Senescence in plants**. Boca Raton: CRC Press, 1980. p. 157-205.

RIBEIRO, W.S.; BARBOSA, J.A.; COSTA, L.C. **Capuchinha (*Tropaeolum majus* L.)**. Brasília: Editora Kiron, 2012, v. 1, 100p.

ROBINSON, J.C. **Bananas and Plantains**. Wallingford: CAB International, 1996. p. 8-33;129-142

ROCHA, J.L.V. Fisiologia pós-colheita de banana. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE BANANICULTURA. 1., 1984. Jaboticabal, **Anais...**, Jaboticabal: FCAVJ/UNESP, 1984. p.353-364.

RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. **Carotenoids and food preparation**: the retention of provitamin A carotenoids in prepared, processed, and stored foods. Washington, DC: OMNI/USAID, 1997. 99p.

RODRIGUES, R.B.; MENEZES, H.C.; CABRAL, L.M.C. An Amazonian fruit with a high potential as a natural source of vitamin C: the camu-camu (*Myrciaria dubia*). **Fruits**, New York, v. 56, p. 345–354, 2001.

RODRIGUES, R.B.; MARX, F. Camu camu (*Myrciaria dubia*): a promising fruit from the Amazon Basin. **Nutrition**, Amsterdam, v. 30, n. 9, p. 376-381, 2006.

RUFINO, M.S.M.; ALVES, R.E.; FERNANDES, F.A.N.; BRITO, E.S. Free radical scavenging behavior of ten exotic tropical fruits extracts. **Food Research International**, Toronto, v. 44, p. 2072–2075, 2010.

SAAVEDRA DEL AGUILA, J. **Consevação pós-colheita de Lichia (*Litchi chinensis* Sonn.)**. 2009. 162p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

SALTVEIT, M.E. Effect of ethylene on quality of fresh fruits and vegetables. **Postharvest Biology and Technology**. Amsterdam, v. 15, p. 279–292, 1999.

SALUNKHE, D.K.; DESAI, B.B. **Postharvest Biotechnology of fruits**. Boca Raton: CRC Press, 1984. v.1, p.77-93.

SANTOS, M.H.; OLIVEIRA, T.T.; NAGEM, T.J.; OLIVEIRA, J.R.; QUEIROZ, M.E.L.; LIMA, R.D. Efeito de constituintes químicos extraídos do fruto de *Rheedia gardneriana* (bacuparí) sobre bactérias patogênicas. **Revista Brasileira De Ciências Farmacêuticas**, São Paulo, n. 35, p. 297-301, 1999.

SCALON, S.P.Q.; CHITARRA, A.B.; CHITARRA, M.I.F.; ABREU, M.S. Conservação de morangos (*Fragaria ananassa* Duch) cv. Sequóia em atmosfera modificada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz da Almas, v. 18, n. 3, p. 431-436, 1996.

SEGANTINI, D.M.; LEONELI, S.; LIMA, G.P.P; COSTA, S.M.; RAMOS, A.R.P. Caracterização da polpa de pêssegos produzidos em São Manuel-SP. *Ciência Rural*, v.42, n.1, 2012. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.42, n.1, p.52-57, jan, 2012

SENTANIN, M.A; AMAYA, D.B.R. Teores de carotenóides em mamão e pêssego determinados por cromatografia líquida de alta eficiência. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.27, n.1, p.13-19, 2007.

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

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

SHAHIDI, F.; NACZK, M. **Food phenolics: sources, chemistry, effects and applications**. Lancaster: Technomic, 1995. v. 1 331p.

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

SILVA, A.V.C.; MUNIZ, E.N. Qualidade de atemóia colhida em dois estádios de maturação. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 4, p. 9-13, out.-dez., 2011.

SILVA, C.T.C.; ANDRADE, J.S. Post harvest modifications in camu-camu fruit (*Myrciaria dubia* McVaugh) in response to stage of maturation and modified atmosphere. **Acta Horticulture**, Wageningen, v. 452, p. 23-26, 1997.

SILVA, D.F.P.; SALOMÃO, L.C.C.; SIQUEIRA, D.L.; CECON, P.R.; ROCHA, A. Potassium permanganate effects in postharvest conservation of the papaya cultivar 'Sunrise Golden'. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, p.669-675, 2009.

SILVA, P.A.; ABREU, C.M.P.; CORREA, A.D.; ASMAR, S.A. Modificações nas atividades da poligalacturonase e pectinametilesterase em morangos armazenados a temperatura ambiente. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 33, p. 1953-1958, 2009.

SINGH, S.P.; PAL, R.K. Response of climateric-type guava (*Psidium guajava* L.) to postharvest treatment with 1-MCP. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 47, p. 307-314, 2008.

SISLER, E.C.; SEREK, M. Inhibitors of ethylene responses in plants at the receptor level: recent developments. **Plant Physiology**, Washington, v. 100, p. 577-582, 1997.

- SMIRNOFF, N.; CONKLIN, P.; LOEWUS, F.A. Biosynthesis of ascorbic acid in plants: a renaissance. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 52, p. 437-467, 2001.
- SOMMER, N.F.; FORTLAGE, R.J.; EDWARDS, D.C. Minimizing postharvest diseases of kiwifruit. **California Agriculture**, Davies, v. 37, n. 1, p.16-18, 1983.
- SOTO, B. M. **Bananos**: Cultivo y comercialización. 2.ed. San José: Litografia e Imprenta Lil, 1992. 674p.
- SOUZA, A.G.C.; SILVA, S.E.L. Frutas Nativas da Amazônia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA. 20., 2008. Vitória, **Anais..**, Vitória: Incaper, 2008. 1 CD-ROM.
- SOUSA, R.F.; FILGUEIRAS, H.A.C.; COSTA, J.T.A.; ALVES, R.E.; OLIVEIRA, A.C. de. Armazenamento de ciriguela (*Spondia purpurea* L.) sob atmosfera modificada e refrigeração. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 22, n. 3, p. 334-338, 2000.
- STEFFENS, C.A. **Maturação e qualidade pós-colheita de maçãs, 'Gala' e 'Fuji', com aplicação pré-colheita de aminoetoxivinilglicina e ethephon**. 2003. 88p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.
- STEFFENS, C.A.; AMARANTE, C.V.T.; ALVES, E.O.; TANAKA, H.; BRACKMANN, A.; BOTH, V. Armazenamento de ameixas 'Laetitia' em atmosfera modificada. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 9, p. 2439-2444, 2009.
- STEFFENS, C.A.; BRACKMANN, A.; PINTO, J.A.V.; EISERMANN, A.P. Taxa respiratória de frutas de clima temperado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.3, p.313-321, 2007.
- 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.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. Trad. Santarén. 3rd .ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 722p.
- TEIXEIRA, A.S.; CHAVES, L.S.; YUYAMA, K. Esterases for examining the population structure of camu-camu (*Myrciaria dubia*). **Acta Amazônica**, Manaus, v. 34, p. 75-78, 2004.
- THEOLOGIS, A.; ZAREMBINSKI, T.I.; OELLER, P.W.; LIANG, X.; ABEL, S. modification of fruit ripening by suppressing gene expression. **Plant Physiology**, Bethesda, v. 100, p. 549-551, 1992.
- TUCKER, G.A. Introduction. In: SEYMOR, G.B.; TAYLOR, J.E.; TUCKER, G.A. **Biochemistry of fruit ripening**. New York: Chapman & Hall, 1993. p. 2-51.

ULRICH, R. Organic acids. In: HULME, A.C. **The Biochemistry of fruits and their products**. New York: Academic Press, 1970. 118p.

VENDRELL, M.; PALOMER, X. Hormonal control of fruit ripening in climacteric fruits. **Acta Horticulturae**, Leuven, v.463, p.325-334, 1997.

VICENTINI, N.M.; CEREDA, M.P.; CAMARA, F.L.A. Revestimentos de fécula de mandioca, perda de massa e alteração da cor de frutos de pimentão. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.56, n.3, p. 713-716, 1999.

VIEITES, R.L.; DAIUTO, E.R.; MORAES, M.R.; NEVES, L.C.; CARVALHO, L.R. Caracterização físico-química, bioquímica e funcional da jaboticaba armazenada sob diferentes temperaturas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 2, p. 362-375, 2011.

VOLP, A.C.P.; RENHE, I.R.T.; STRINGUETA, P.C. Pigmentos naturais bioativos. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v.20, n.1, p.157-166, 2009.

WATKINS, C.B.; NOCK, J.F.; WHITAKER, B.D. Responses of early, mid and late season apple cultivars to postharvest application of 1- methylcyclopropene (1-MCP) under air controlled atmosphere storage conditions. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.19, n.1, p.17-32, 2000.

WHEELER, G.L.; JONES, M.A.; SMIRNOFF, N. The biosynthetic pathway of vitamin C in higher plants. **Nature**, London, v.393, p.365-369, 1998.

WILLS, R.; McGLASSON, B.; GRAHAM, D.; JOYCE, D. **Introducción a la fisiología y manipulación poscosecha de frutas, hortalizas y plantas ornamentales**. GONZÁLES, J.B (Trad.). 2.ed. Zaragoza: Acribia, 1998. 240p.

WILLS, R.H.H. **Postharvest**: an introduction to the physiology and handling of fruit and vegetables. London, 1981. 163p.

YAHIA E.M.; CONTERAS-PADILLA M.; GONZALEZ-AGUIAR G. Ascorbic acid content in relation to ascorbic acid oxidase activity and polyamine content in tomato and bell pepper fruits during development, maturation and senescence. **Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie**. Frankfurt, v. 34, p. 452-457, 2001.

YAHIA, E.M. The Contribution of Fruit and Vegetable Consumption to Human Health. In: ROSA, L.A.; ALVAREZ-PARRILLA, E.; GONZALEZ-AGUILAR, G.A. **Fruit and vegetable phytochemicals**: chemistry, nutritional value and stability. Hoboken: Wiley-Blackwell, 2010. p. 3-51.

YAMAUCHI, N.; AKIYAMA, Y.; KAKO, S.; HASHINAGA, F. Chlorophyll degradation in Wase satsuma mandarin (*Citrus unshiu* Marc.) fruit with on-tree maturation and ethylene treatment. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 71, n. 1, p. 35-42, 1997.

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

YANG, S.; YANG, S.; SUN, C.; WANG, P.; SHAN, L.; CAI, L.; ZHANG, B. Expression of expansin genes during postharvest lignification and softening of 'Luoyangqing' and 'Baisha' loquat fruit under different storage conditions. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 49, p. 43-53, 2008.

YUYAMA, L.K.O.; MAEDA, R.N.; PANTOJA, L. Processamento e avaliação da vida de-prateleira do tucumã (*Astrocaryum aculeatum* Meyer) desidratado e pulverizado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 2, p. 408-412, 2008.

YUYAMA, L.K.O.; YONEKURA, L.; AGUIAR, J.P.L.; SOUSA, R.F.S. Biodisponibilidade dos carotenóides do buriti (*Mauritia exuosa* L.) em ratos. **Acta Amazonica**, Manaus: INPA, v. 28, n. 4, p. 409-415, 1998.

ZAMBOLIM, L.; COSTA, H.; VENTURA, J.A.; VALE, F.X.R. Controle de doenças em póscolheita de frutas tropicais. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Manejo Integrado: Fruteiras Tropicais – Doenças e Pragas**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2002. p.443-512.

ZAMBRANO, J.; BRICEÑO, C.; MENDES, E.C. Repuesta de los frutos de mango al permanganato de potasio como absorbente del etileno durante el almacenamiento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 14 ., 1996. Curitiba, PR, **Resumos...**, Curitiba: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 1996. p. 480.

ZANATTA, C.F.; MERCADANTE, A.Z. Carotenoid composition from the Brazilian tropical fruit camu-camu (*Myrciaria dubia*). **Food Chemistry**. Washington, v. 101, p. 1526-1532, 2007.

ZAPATA, S.M.; DUFOUR, J.P. Camu-camu *Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaugh: chemical composition of fruit. **Journal of Science and Food Agriculture**, Hoboken, v. 61, p. 349-351, 1993.