

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA
E TECNOLOGIA GOIANO – *CAMPUS* RIO VERDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU*
EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS

**ADEQUAÇÃO DE METODOLOGIA PARA A DETERMINAÇÃO
DA TAXA RESPIRATÓRIA E CARACTERIZAÇÃO DA
FISIOLOGIA PÓS-COLHEITA DE MURICI [*Byrsonima
verbascifolia* (L.) Rich]**

Autor: Hélio Naressi Neto

Orientador: Prof. Dr. Alan Carlos Costa

RIO VERDE - GO
FEVEREIRO - 2013

**ADEQUAÇÃO DE METODOLOGIA PARA A DETERMINAÇÃO
DA TAXA RESPIRATÓRIA E CARACTERIZAÇÃO DA
FISIOLOGIA PÓS-COLHEITA DE FRUTOS DE MURICI
[*Byrsonima verbascifolia* (L.) Rich]**

Autor: Hélio Naressi Neto

Orientador: Prof. Dr. Alan Carlos Costa

Dissertação apresentada como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS, no Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – *Campus* Rio Verde – Área de concentração Ciências Agrárias.

RIO VERDE - GO
FEVEREIRO – 2013

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação na (CIP)
Elaborada por Igor Yure Ramos Matos – Bibliotecário CRB1 - 2819

N187a Naressi Neto, Hélio.

Adequação de metodologia para a determinação da taxa respiratória e caracterização da fisiologia pós-colheita de Murici [*Byrsonima verbascifolia* (L.) Rich] / Hélio Naressi Neto. – 2013.
71 f.: il., fig. tabs.

Orientador: Prof. Dr. Alan Carlos Costa.

Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Campus de Rio Verde, 2013.

Biografia.

Inclui índice de tabelas, figuras e lista de símbolos, siglas, abreviações.

1. Murici. 2. [*Byrsonima verbascifolia* (L.) Rich]. 3. Fruto-Cerrado. I. Autor. II. Título.

CDU: 634.6(213.54)::582.754

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

**ADEQUAÇÃO DA METODOLOGIA PARA
DETERMINAÇÃO DE TAXA RESPIRATÓRIA E
CARACTERIZAÇÃO DA FISIOLOGIA PÓS-COLHEITA DE
FRUTOS DE MURICI (*Byrsonima verbascifolia* (L) RICH)**

Autor: Hélio Naressi Neto

Orientador: Dr. Alan Carlos Costa

TITULAÇÃO: Mestre em Ciências Agrárias – Área de concentração
Ciências Agrárias – Ciências Agrárias

APROVADA em 28 de fevereiro de 2013.

Prof^a. Dr^a. Ana Maria Mapeli
Avaliadora externa
UFBA/BA

Dr^a. Clarice Aparecida Megger
Avaliadora interna
(Bolsista PNPd) IF Goiano/RV

Dr^a. Julien da Silva Lima
Avaliadora interna
(Bolsista DCR) IF Goiano/RV

Prof. Dr. Alan Carlos Costa
Presidente da banca
IF Goiano/RV

AGRADECIMENTOS

Aos meus familiares, especialmente meus pais, Hélio e Waldete, meu irmão Bruno, minha avó Maria Beatriz e meu amado filho Arthur, pelo apoio, carinho e compreensão nessa etapa importante da minha vida.

Ao Dr. Alan Carlos Costa e a Dra. Clarice Aparecida Megguer, pela orientação responsável e competente, constante incentivo, dedicação em todas as etapas do trabalho, amizade e serenidade que de forma significativa contribuiu para o meu crescimento profissional.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – *Campus* Rio Verde e ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, pela oportunidade de ter ingressado no mesmo.

Ao Laboratório de Ecofisiologia e Produtividade Vegetal do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – *Campus* Rio Verde, pela estrutura na realização deste trabalho.

Aos amigos do Laboratório de Ecofisiologia e Produtividade Vegetal, Yasmin, Vanessa, Viviane, Deborah, Gabriela, Luciana, Rodolfo, Gabriel, Jônatas, Sueisla, Marília, pelo companheirismo, paciência e amizade.

Aos colegas do Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, pelas experiências compartilhadas e apoio, especialmente a Maíra Paixão, Colemar, Luiz, Alexandre Bizão, Wainer, José Fausto, Ellen, Daniel, Vinicius, Thais, Gilberto, Karen, Lilian, Glicéria, Letícia, Juliana Cabral e Cíntia Faria.

A Capes, pela bolsa de estudos concedida.

Ao CNPq, CAPES e FINEP, pelos recursos de financiamento de infraestrutura.

A todos que de forma direta ou indireta contribuíram para a realização desse trabalho.

BIOGRAFIA DO AUTOR

HÉLIO NARESSI NETO, filho de Hélio Antônio Naressi e Waldete Gouveia da Silva Naressi, nasceu no dia 06 de março de 1988, na cidade de Rio Verde, Goiás.

Em janeiro de 2006, ingressou no curso de Ciências Biológicas – Modalidade Médica na Fundação Educacional de Fernandópolis (FEF), interior de São Paulo, graduando-se em dezembro de 2009.

Em março de 2011, iniciou no curso de mestrado pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, no Instituto Federal Goiano – *Campus* Rio Verde, sob a orientação do Professor Doutor Alan Carlos Costa.

ÍNDICE

	Página
ÍNDICE DE TABELAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS E ABREVIATURAS	xix
RESUMO	xivxiii
ABSTRACT	xvi xv
INTRODUÇÃO GERAL	1847
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	2120
CAPÍTULO I:.....	6
AJUSTE DE METODOLOGIA PARA DETERMINAÇÃO DA TAXA RESPIRATÓRIA EM FRUTOS.....	6
RESUMO	6
1. INTRODUÇÃO.....	8
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	9
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	13
4. CONCLUSÕES	18
5. REFERÊNCIAS	19
CAPITULO II.....	21
CARACTERIZAÇÃO PÓS-COLHEITA DE FRUTOS DE MURICI COLHIDOS NO ESTÁDIO VERDE E VERDE-AMARELO E ARMAZENADOS SOB DIFERENTES TEMPERATURAS. 21	
RESUMO	21
1. INTRODUÇÃO.....	23
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	25
2.1 Local de coleta dos frutos e de execução dos experimentos	25
2.2 Estudo 1 – Estádio de maturação na colheita e armazenamento em diferentes temperaturas 25	
a) AVALIAÇÕES.....	26
a.1) firmeza de polpa.....	26
a.2) sólidos solúveis.....	26
a.3) acidez titulável	27
a.4) pigmentos cloroplastídicos.....	27

2.3 Estudo 2 – Respiração em frutos de murici	27
2.3.1 <i>Taxas respiratórias</i>	27
2.3.2 <i>Conteúdo de carboidratos</i>	30
a) <i>Açúcares solúveis totais</i>	31
b) <i>Açúcares redutores</i>	31
c) <i>Açúcar não redutor</i>	31
d) <i>Amido</i>	31
2.4 Delineamento experimental e análise estatística	32
3. RESULTADOS e DISCUSSÃO	32
3.1 Estudo 1 – Estádio de maturação na colheita e armazenamento em diferentes temperaturas	32
3.2 Estudo 2 – Respiração em frutos de murici	42
4. CONCLUSÕES	45
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46
CONCLUSÃO GERAL	53

ÍNDICE DE TABELAS

PÁGINA

Tabela 1. Taxas respiratórias de pseudofrutos de morango armazenados a 6°C e 25°C e submetidos aos fluxos de ar 200, 300 e 400 mL min ⁻¹ . Rio Verde, GO.	31
Tabela 2. Porcentagem de açúcar não redutor em frutos de murici colhidos no estágio de maturação verde e verde-amarelo e armazenado em diferentes temperaturas.	57
Tabela 3. Porcentagem de amido em frutos de murici colhidos no estágio de maturação verde e verde-amarelo e armazenados em diferentes temperaturas.....	57

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I

Figura 1. Câmara de medição. (A) Pseudofrutos de morango acondicionados na câmara de medição; (B) câmara vazia; (C) frascos para o armazenamento dos frutos.	25
Figura 2. Acessórios do analisador de trocas gasosas. (A) bolsa de ar; (B) bomba de fluxo G103; (C) sensor de temperatura e umidade S161; (D) interface Lab Pro; (E) monitor de fluxo de ar G265; (F) analisador de gases no infravermelho IRGA S151.....	26
Figura 3. Pote de vidro e tampa de polietileno que compõem a câmara para medição da taxa respiratória em frutos de murici.....	26
Figura 4. Curva de calibração de CO ₂ obtida pelo IRGA, modelo S151 (Qubit systems, Ontário, Canadá).	28
Figura 5. Liberação de CO ₂ pelos pseudofrutos de morango armazenados a 6°C (linha azul) e 25°C (linha vermelha), nos fluxos de (A) 200 mL min ⁻¹ ; (B) 300 mL min ⁻¹ ; (C) 400 mL min ⁻¹ , usando o software Logger Pro.....	323 30
Figura 6. Taxa respiratória de pseudofrutos de morango armazenados a 6°C e 25°C, por até quatro dias.....	353 43

CAPÍTULO II

Figura 1. Acessórios do analisador de trocas gasosas. (A) Bolsa de ar; (B) Bomba de fluxo G103; (C) Sensor de Temperatura e Umidade S161; (D) Interface Lab Pro; (E) Monitor de fluxo de ar G265; (F) Analisador de gases no infravermelho IRGA S151.....	46
Figura 2. Pote de vidro e tampa de polietileno que compõem a câmara para medição da taxa respiratória em frutos de murici.....	46
Figura 3. Conteúdo de pigmentos [(A e B) Clorofila total e (C e D) Carotenoides] em frutos de murici colhidos nos estádios verde e verde-amarelo e armazenados sob as temperaturas de 6, 12 e 25°C. Diferenças mínimas significativas entre temperatura de armazenamento estão indicadas no interior da figura e foram calculadas pelo teste LSD ($p \leq 0,01$).....	50

- Figura 4. Firmeza de polpa (A e D), acidez (B e E) e sólidos solúveis (C e F) em frutos de murici colhidos nos estádios de maturação verde e verde-amarelo e armazenados sob as temperaturas de 6°C, 12°C e 25°C. Diferenças mínimas significativas entre temperatura de armazenamento estão indicadas no interior da figura e foram calculadas pelo teste LSD ($p \leq 0,01$). 52
- Figura 5. Porcentagem de açúcares solúveis (A e C) e açúcares redutores (B e E) em frutos de murici colhidos nos estádios de maturação verde e verde-amarelo e armazenados sob as temperaturas de 6°C, 12°C e 25°C. Diferenças mínimas significativas entre temperatura de armazenamento estão indicadas no interior da figura e foram calculadas pelo teste LSD ($p \leq 0,01$).....56
- Figura 6. Perda de massa em frutos de murici colhidos nos estádios de maturação verde (A) e verde-amarelo (B) e armazenados sob as temperaturas de 6°C, 12°C e 25°C. Diferenças mínimas significativas entre temperatura de armazenamento estão indicadas no interior da figura e foram calculadas pelo teste LSD ($p \leq 0,01$).....58
- Figura 7. Respiração em frutos de murici armazenados sob as temperaturas de 12°C e 25°C. Diferenças mínimas significativas entre temperatura de armazenamento estão indicadas no interior da figura e foram calculadas pelo teste LSD ($p \leq 0,01$).....60
- Figura 8. Perda de massa frutos de murici armazenados sob as temperaturas de 12°C e 25°C. Diferenças mínimas significativas entre temperatura de armazenamento estão indicadas no interior da figura e foram calculadas pelo teste LSD ($p \leq 0,01$).....61

LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS E ABREVIATURAS

cm.....	centím
etro	
mm.....	milím
etro	
mg.....	miligra
ma	
$\text{kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$	quilograma por
hora	
%.....	porcenta
gem	
ATP.....	adenosina
trifosfato	
RCO_2	taxa
respiratória	
ΔCO_2	delta de
CO_2	
mmol.....	mili
mol	
Kgf.....	quilograma
força	
CaCO_3	carbonato de
cálcio	
DMSO.....	dimetilsulfó
xido	

AR.....	açúcar	
reductor		
ANR.....	açúcar	não
reductor		
AST.....	açúcar	solúvel
total		

RESUMO

NARESSI NETO, Hélio, M.Sc., Instituto Federal Goiano – *Campus* Rio Verde – GO, fevereiro de 2013. **Adequação de metodologia para a determinação da taxa respiratória e caracterização da fisiologia pós-colheita de frutos de murici [*Byrsonima verbascifolia* (L.) Rich].** Orientador: Dr. Alan Carlos Costa. Coorientadora: Dr^a Clarice Aparecida Megguer.

Frutos de murici são muito apreciados pela população da região centro-oeste do Brasil basicamente em razão do seu aroma característico, colocando-os em destaque no mercado nacional de frutíferas nacionais do Cerrado. Portanto, o conhecimento do comportamento respiratório e as características físico-químicas do murici são essenciais para a comercialização no cenário nacional e internacional de pequenas frutas. Objetivou-se com o presente estudo caracterizar o comportamento respiratório dos frutos de murici, pelo ajuste de metodologia utilizando o analisador de gases no infravermelho; além de caracterizar o comportamento pós-colheita de frutos de murici, nos estádios de maturação verde e verde-amarelo, e armazenados sob diferentes temperaturas. O ajuste da metodologia foi baseado em testes feitos com pseudofrutos de morango armazenados a 6 e 25°C, avaliando a taxa respiratória desses pseudofrutos nos fluxos de ar de 200, 300 e 400 mL min⁻¹. Observou-se que o fluxo de 400 mL min⁻¹ promoveu as melhores respostas. O analisador de gases no infravermelho se mostrou sensível na obtenção das taxas

respiratórias, sendo possível ajustar aos diferentes fluxos e trabalhar com pequenos frutos. A adoção dessa metodologia possibilitou quantificar as taxas respiratórias nos frutos de murici. Demais atributos pós-colheita foram avaliados para fins de caracterização físico-química dos frutos colhidos nos estádios de maturação verde e verde-amarelo e armazenados a 6, 12 e 25°C. A temperatura de 12°C preservou a qualidade dos frutos de murici, ao contrário da temperatura de 6°C que causou injúria nos frutos logo no início do armazenamento. A maior temperatura empregada no armazenamento, 25°C acelerou as reações metabólicas e conseqüente senescência dos frutos. Os frutos no estágio de maturação verde apresentaram melhores atributos pós-colheita. Os frutos de murici apresentaram pico respiratório, sendo que a temperatura de 12°C houve atraso do pico respiratório em seis dias em relação aos frutos armazenados a 25°C. O armazenamento refrigerado reduziu as taxas respiratórias dos frutos de murici permitindo melhor preservação da qualidade pós-colheita, além de aumentar em oito dias o período de armazenamento.

Palavras-chave: Comportamento respiratório, frutos do Cerrado, estágio de maturação, qualidade pós-colheita.

ABSTRACT

NARESSI NETO, Hélio, M.Sc., Instituto Federal Goiano – *Campus* Rio Verde – GO, february, 2013. **Characterization of postharvest physiology and adjustment of methodology to determine the respiratory rate of murici fruits (*Byrsonima verbascifolia* (L) Rich).** Advisor: DSc. Alan Carlos Costa. Co-advisor: DSc. Clarice Aparecida Megguer.

Murici fruits are highly appreciated by the people from central- western region of Brazil mainly due to its characteristic aroma, placing them in a prominent place in the national market of Cerrado fruits. Therefore, knowledge of respiratory behavior and physicochemical characteristics of murici is essential for national and international marketing of small fruits. The objective of the present study was to characterize the respiratory behavior of murici fruits, by setting methodology using an infrared gas analyzer, and to characterize the post -harvest behavior murici fruit murici on green and yellow-green maturation and stored at different temperatures . The setting method was based on tests with strawberry cashew stored at 6 and 25°C, assessing the respiratory rate in these cashews in air streams 200, 300 and 400 ml min⁻¹. It was observed that the flow of 400 ml min⁻¹ produced the best results. The infrared gas analyzer was sensitive in obtaining respiratory rates, being possible to adjust different flows and to work with small fruits. The adoption of this methodology allowed quantifying respiration rates of fruits

murici. Other postharvest attributes were evaluated for the purpose of physico-chemical characterization of the harvested fruits in the green and yellow-green maturity stages and stored at 6, 12 and 25°C. The temperature of 12°C to preserved the quality of murici fruit unlike temperature of 6°C which caused injury in the fruit early in the storage. The highest temperature employed in storage, 25°C accelerated the metabolic reactions and consequent the senescence of fruits. The fruit at the green maturity showed better post-harvest attributes. The fruit had maximal respiratory rate , and for the temperature of 12°C there was a delay in the respiratory peak in six days compared to fruits stored at 25°C. Cold storage reduced respiration rates of murici fruits allowing better preservation of postharvest quality, and increasing in eight days the storage period .

Key words: Behavior respiratory, fruits of Cerrado, maturation stage, postharvest quality.

INTRODUÇÃO

O Brasil é considerado um dos principais centros de diversidade genética de espécies frutíferas ainda pouco estudadas. Estima-se que a fruticultura comercial envolva pouco mais de vinte espécies, sendo que mais de 3.000 não possuem utilização comercial (LORENZI et al, 2006). No entanto, o potencial de exploração comercial de algumas espécies frutíferas nativas do Cerrado tem sido identificado nos últimos anos, à medida que são desvendados os atributos de qualidade de seus frutos sob ponto de vista de apreciação e propriedades nutracêuticas (WESTON, 2010).

A constante busca, pelo mercado internacional, por frutos com aromas, sabores e texturas diferenciados, faz do Brasil um país com imenso potencial para a exploração de recursos naturais (SCHWARTZ et al., 2010). Principalmente quando se considera que as espécies frutíferas, de maneira geral, possuem elevado valor econômico, tanto para o comércio de frutas frescas, como para a produção de matéria-prima para a agroindústria. Além disso, são fontes de renda para populações de baixa renda (JESUS, 2009). Contudo, este potencial pode ser limitado pela ausência de informação quanto às condições de acondicionamento e armazenamento.

A capacidade de armazenamento, o período adequado para se realizar a colheita das frutas e hortaliças depende das características físico-químicas e principalmente das várias reações metabólicas que culminam no amadurecimento dos frutos, reações moduladas pela temperatura (SUGAR; EINHORN, 2011).

Os gases na atmosfera circundante aos frutos e incrementos na temperatura de armazenamento regulam a respiração, principal processo fisiológico envolvido na

fisiologia pós-colheita de frutos e hortaliças, e determinam a vida útil do fruto após a colheita (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

O estágio de maturação dos frutos no momento da colheita é o fator de maior relevância em relação à qualidade, já que influencia as características organolépticas e o potencial de armazenamento dos frutos (CECI et al., 2011).

A taxa de respiração dos tecidos vegetais aumenta exponencialmente com o aumento da temperatura e a perda da qualidade dos produtos hortícolas é influenciada pela respiração, que desencadeia um conjunto de mudanças fisiológicas que podem ser acompanhadas por perda de sabor, aroma, perda da cor, podridões, rápido amolecimento (CECI et al., 2011). A firmeza vem a ser um atributo importante, definindo a qualidade do fruto para ser consumido *in natura* e para processamento, contribuindo para a vida pós-colheita do fruto oferecendo proteção durante o transporte e resistência ao ataque de patógenos (ABREU, et al., 2012).

A refrigeração é uma técnica importante para retardar os processos metabólicos que envolvem a ação das enzimas degradativas e oxidativas que atuam nos processos de amadurecimento (VIEITES et al., 2011). O armazenamento refrigerado é a ferramenta importante para o prolongamento da vida útil de frutos e hortaliças (MIGUEL et al., 2011) e também pelo efeito da refrigeração na redução da taxa respiratória (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

A quantificação da evolução das taxas respiratórias e de produção do etileno, pode ser obtida por cromatografia gasosa (SANTELLI, et al., 2009). No mercado, no entanto, existe um analisador de gases no infravermelho que ao sofrer ajuste de metodologia pode ser utilizado para a quantificação das taxas respiratórias em produtos hortícolas.

A partir dessas informações, podem-se adotar técnicas pós-colheita que possibilitem ampliar o tempo de armazenamento e preservar a qualidade dos frutos, sem, contudo, alterar suas características físicas, químicas, organolépticas e nutricionais (SÁ et al., 2008).

O murici (*Byrsonima verbascifolia* (L) Rich) é um arbusto que pode atingir até 5 metros de altura. Apresenta tronco tortuoso de 15-25 cm de diâmetro, revestido por casca grossa e áspera. Suas folhas são simples, concentradas em direção à extremidade dos ramos. O fruto é uma drupa globosa, de polpa suculenta e adocicada (LORENZI et al.,

2006). Floresce durante os meses de agosto-novembro e os frutos amadurecem a partir do mês de dezembro (LORENZI et al., 2006). O fruto do murici possui aroma característico e é muito apreciado regionalmente, sendo um fruto de importância regional e com potencial econômico para o mercado de frutíferas nacionais do Cerrado.

Neste estudo, objetivou-se a adequação de metodologia para a determinação da taxa respiratória e caracterização da fisiologia pós-colheita em frutos de murici (*Byrsonima verbascifolia* (L) Rich).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, J. R. de.; SANTOS, C. D. dos.; ABREU, C. M. P. de.; CASTRO, E. M. de. Histochemistry and morphoanatomy study on guava fruit during ripening. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 32, n. 1, p.179-186, 2012.

CENCI, S. A.; ALVARENGA, A. L. B.; SARANTÓPOULOS, C. I. G. L.; TOLEDO, J. de.; OLIVEIRA, L. M. de. **Processamento mínimo de frutas e hortaliças: tecnologia, qualidade e sistemas de embalagem**. Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2011.

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

JESUS, N. de. Mercado de venda por consignação de frutíferas, **Toda fruta**, Jaboticabal, 2009. Disponível em:
<http://www.todafruta.com.br/todafruta/mostra_conteudo.asp?conteudo=9092>

LORENZI, H.; BACHER, L.; LACERDA, M.; SARTORI, S. **Frutas brasileiras e exóticas cultivadas: de consumo *in natura***. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2006. 672p.

MIGUEL, A. C. A.; DURIGAN, J. F.; MORGADO, C. M. A.; GOMES, R. F de. O. Injúria pelo frio na qualidade pós-colheita de mangas Cv. Palmer. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, SP, volume especial, p. 255-260, Outubro 2011.

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

SANTELLI, P.; CALBO, M. E. L.; CALBO, A. G. Fisiologia pós-colheita de frutos de palmeira *Mauritia vinifera* Mart. (Arecacea). **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 23, n. 3, p. 697-702, Julho 2009.

SCHWARTZ, E.; FACHINELLO, J. C.; BARBIERI, R. L.; da SILVA, J. B. Avaliação de populações de *Butia capitata* de Santa Vitória do Palmar. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, SP, v. 32, n. 3, p. 736-745, Setembro 2010.

SUGAR, D.; EINHORN, T. C. Conditioning temperature and harvest maturity influence induction of ripening capacity in 'd' Anjou' pear fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 60, p. 121-124, 2011.

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

WESTON, R.J. Bioactive products from fruit of the feijoa (*Feijoa sellowiana*, Myrtaceae): A review. **Food Chemistry**, Maryland Heights, v.121, n.1, p.923-926, 2010.

CAPÍTULO I

AJUSTE DE METODOLOGIA PARA DETERMINAÇÃO DA TAXA RESPIRATÓRIA EM FRUTOS

RESUMO

A respiração é um dos principais processos fisiológicos que continua ocorrendo após a colheita dos frutos. O processo respiratório envolve uma série de reações em que compostos orgânicos são oxidados a CO_2 , contribuindo para as perdas pós-colheita. Neste sentido, objetivou-se com o presente estudo desenvolver uma metodologia alternativa para determinação das taxas respiratórias em frutos, utilizando um analisador de gases no infravermelho (IRGA, modelo S151, QUBIT SYSTEMS, ONTÁRIO, CANADÁ). Os frutos foram armazenados em duas temperaturas, sendo a 6°C em B.O.D e a 25°C em sala climatizada. A taxa respiratória foi avaliada diariamente por um período de 4 dias para frutos mantidos a 6°C e 2 dias a 25°C . A câmara foliar original do IRGA foi substituída por um frasco com capacidade para 250 mL. Nas medições foram testados três diferentes fluxos, 200; 300 e 400 mL min^{-1} para verificar àquele que exerceria a melhor resposta na evolução de CO_2 , em pseudofrutos de morango adquiridos no mercado local. Maior acúmulo de CO_2 no interior da câmara de medição foi observado para o fluxo de 200 mL min^{-1} . O fluxo de 300 mL min^{-1} retardou, mas não impediu o incremento na concentração

de CO₂, porém o fluxo de 400 mL min⁻¹ foi capaz de manter constante a concentração de CO₂ no interior da câmara de medição. As taxas respiratórias para o fluxo de 200 mL min⁻¹ foram 8 e 13% menores quando comparados com o fluxo de 400 mL min⁻¹ nas temperaturas de 6°C e 25°C, respectivamente. O IRGA, mediante adaptações no sistema, foi eficiente na determinação das taxas respiratórias em pseudofrutos de morango. O fluxo de ar de 400 mL min⁻¹ forneceu melhores respostas de taxas respiratórias em comparação com os demais fluxos. O fluxo de 200 mL min⁻¹ promoveu inibição das taxas fotossintéticas em pseudofrutos de morango.

Palavras-chave: IRGA, respiração, pequenos frutos.

1. INTRODUÇÃO

O grande entrave para a conservação de frutos está relacionado às condições ideais de armazenamento pós-colheita. Ao estudar o padrão respiratório das espécies se obtém subsídios para inferir sobre o ambiente que irá preservar as características organolépticas do fruto.

A respiração é um dos principais processos fisiológicos que continua ocorrendo após a colheita dos frutos, sendo influenciada, principalmente pela temperatura (BULENS et al., 2012).

O efeito da temperatura nas reações químicas, tradicionalmente quantificada pelo Q10, que é um coeficiente pelo qual é possível calcular o aumento da velocidade de reação para cada aumento de 10°C na temperatura (BAGI, et al., 2013). O Q10 é a relação entre a taxa de uma reação específica numa dada temperatura versus a taxa de reação na temperatura acrescida de 10°C (CHITARRA; CHITARRA, 2005). O controle e a quantificação das taxas respiratórias de frutos e hortaliças podem ser conseguidos pelo uso de cromatografia gasosa e/ou analisador de gases no infravermelho (IRGA) com sistema aberto ou fechado (CALBO; HENZ, 2007). A cromatografia gasosa é o método analítico que permite a separação de componentes de misturas complexas, por exemplo, misturas gasosas (BALDISSARELLI, 2012).

No sistema fechado, os produtos são acondicionados em câmaras hermeticamente fechadas por um período de tempo necessário para o acúmulo de gases. Após dado período, dependendo da espécie ou cultivar, amostras são coletas com o auxílio de uma seringa e então injetadas no cromatógrafo. Neste sistema, considera-se o aumento da concentração de CO₂ no interior da câmara durante um intervalo de tempo sem considerar o aumento da concentração de CO₂ na atmosfera interna do fruto (CALBO; HENZ, 2007).

No sistema aberto, os frutos são acondicionados em câmara com entrada e saída de ar, com fluxo de ar conhecido. Assim, a taxa respiratória é obtida pela diferença entre a concentração de CO₂ na entrada e na saída, multiplicada pelo fluxo de ar e dividida pela massa do produto. Um diferencial do sistema aberto em relação do fechado está na

possibilidade de se fazer amostragens repetidas ao longo do tempo (CALBO; HENZ, 2007).

O sistema aberto tem sido empregado para a determinação das taxas respiratórias em raízes tuberosas (MEGGUER, 2010) e flores de corte (ÇELIKEL; REID, 2005) pelo auxílio do analisador de gases no infravermelho. Neste caso, a respiração é quantificada após o ajuste de metodologia para o fluxo de ar que circula no interior da câmara. Dentre os equipamentos disponíveis no mercado, o IRGA modelo S151 (Qubit Systems) tem recebido atenção nos últimos anos, por possuir componentes e sensores acoplados entre si por mangueiras flexíveis e conexões ajustáveis, permitindo adaptações de modo a alterar o caminho do ar de referência e do ar de análise (ROSA, 2011).

Neste sentido, objetivou-se desenvolver a metodologia alternativa para determinação das taxas respiratórias em frutos utilizando o analisador de gases no infravermelho.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Local do experimento e espécie estudada

O ajuste de metodologia para determinação das taxas respiratórias foi realizado no Laboratório de Ecofisiologia e Produtividade Vegetal do Instituto Federal Goiano – *Campus* Rio Verde, utilizando pseudofrutos de morango (*Fragaria ananassa*.) cultivar ‘Aromas’ adquiridos no mercado local. Os morangos foram utilizados pela facilidade de encontrá-los no mercado local e principalmente, por se tratar de pequenos frutos, característica semelhante observada para a maioria dos frutos nativos do Cerrado.

Os frutos foram selecionados quanto a ausência de lesões, de fungos e, padronizados quanto ao estágio de maturação com base na coloração vermelha da epiderme. Após a seleção, aproximadamente 30 gramas de frutos foram acondicionados em frascos de vidro com capacidade para 250 mL (Figura 1) e posteriormente vedados com filme plástico de cloreto de polivinila (PVC). Para evitar o acúmulo de gás no interior da câmara e diminuir a perda de água por transpiração, cinco orifícios foram feitos no plástico de vedação. Em seguida os frutos foram armazenados em câmara B.O.D, sob temperatura de 6°C, e em uma sala climatizada com temperatura constante de 25°C, permanecendo por

um período de 24 horas, posteriormente a esse período se iniciou a avaliação de taxa respiratória.

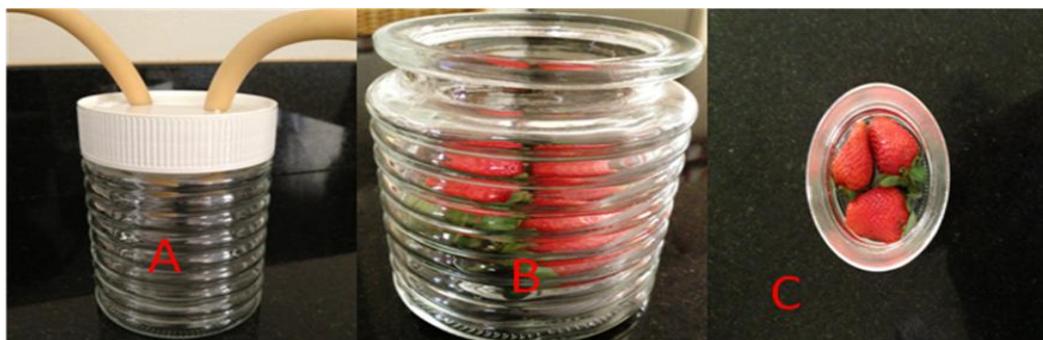


Figura 1. Câmara de medição. (A) Pseudofrutos de morango acondicionados na câmara de medição; (B) câmara vazia; (C) frascos para o armazenamento dos frutos.

Determinação da concentração de CO_2 de referência e CO_2 de análise

A determinação das taxas respiratórias foi realizada diariamente, utilizando um analisador de gases no infravermelho [IRGA, modelo S151 (Qubit Systems, Kingston, ON, Canadá)]. O IRGA S151 (Figura 2), usado nesse estudo possuiu componentes e sensores acoplados entre si por mangueiras flexíveis e conexões ajustáveis, que permite adaptações de modo a alterar o caminho do ar de referência e do ar de análise.

Originalmente, o IRGA S151 possuía uma câmara foliar que para a adequação da metodologia foi substituída por um frasco de vidro com capacidade para 250 mL (Figura 3). O aparelho possuiu uma bomba de fluxo conectada a câmara, posteriormente, um sensor de umidade e temperatura e finalmente o analisador de CO_2 .

O funcionamento do aparelho consiste no bombeamento de ar, proveniente de uma bolsa de ar contendo concentração conhecida de CO_2 , para o interior da câmara com o auxílio de uma bomba de fluxo (Figura 2). O ar de saída da câmara é direcionado para um sensor de umidade e temperatura e, em seguida, para um analisador de CO_2 .



Figura 2. Acessórios do analisador de trocas gasosas. (A) bolsa de ar; (B) bomba de fluxo G103; (C) sensor de temperatura e umidade S161; (D) interface Lab Pro; (E) monitor de fluxo de ar G265; (F) analisador de gases no infravermelho IRGA S151.

No momento da determinação das taxas respiratórias o filme plástico usado para vedação dos frascos foi substituído por uma tampa de polietileno contendo duas entradas. Em cada uma das entradas foram adaptadas mangueiras flexíveis (Figura 2) para que permitissem a circulação de ar, a fluxo constante, no interior da câmara. Previamente às avaliações, o possível acúmulo de gás no interior do frasco foi removido com o auxílio de ventilação com ar frio.

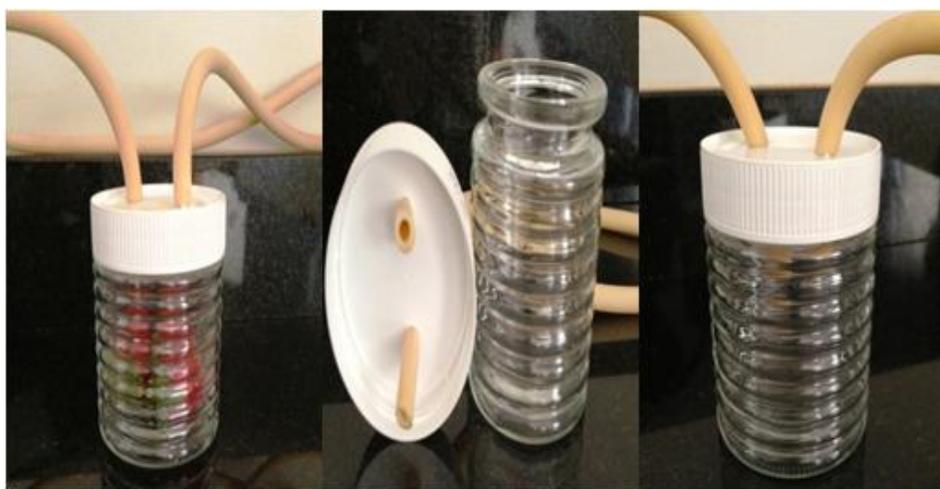


Figura 3. Pote de vidro e tampa de polietileno que compõem a câmara para medição da taxa respiratória em frutos de morango.

Antes de cada avaliação os frutos foram pesados, em balança analítica, para obtenção da massa fresca. A determinação da concentração do CO₂ foi obtida pelas diferenças entre o ar de referência e o ar de análise. O ar de referência foi obtido com a câmara vazia. Para maior precisão nos valores do ar de referência, no início e ao final da avaliação, foi medido a concentração de CO₂ no ar de entrada na câmara, sendo essa medição considerada o CO₂ de referência, quando ao CO₂ de análise (ar de saída da câmara) foi utilizado ar com concentração de CO₂ de 394 ppm proveniente de um cilindro pressurizado da Air Liquid (São Paulo, Brasil), objetivando aumentar a precisão das medidas. O ar de análise foi obtido após os frutos serem acondicionados na câmara e ao final do período de análise até a estabilidade.

Cálculo da taxa respiratória dos frutos

A variação, ou o delta de CO₂ em ppm, foi utilizado para calcular a taxa respiratória dos frutos segundo VINES et al. (1965), conforme equação 1.

Equação 1:

$$RCO_2 = \frac{(\Delta CO_2 \times \text{fluxo} (mL.h^{-1}) \times FC)}{(1.000.000 \times MF (kg))}$$

Em que:

RCO₂ = taxa respiratória, expressa em mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ ;

ΔCO₂ = ar de referência – ar de análise;

Fluxo = fluxo que circulava pela câmara de medição durante as análises;

FC = fator de correção de mL de CO₂ para mg de CO₂*;

MF = massa fresca dos frutos (kg) no dia da análise.

Equação 2:

$$* FC = \frac{\text{gramas} \cdot \text{de} \cdot CO_2}{22,415 \times \left(\frac{T + C}{T} \right)}$$

Em que:

T = temperatura em Kelvin (273K);

C = temperatura em graus Celsius (°C);

22,415 = constante do volume molar de um gás.

O experimento foi montado em delineamento inteiramente ao acaso em esquema fatorial 2 x 3 (duas temperaturas de armazenamento: 6 e 25°C; três fluxos de CO₂: 200, 300 e 400 mL min⁻¹;) com quatro repetições. Cada repetição correspondeu a um frasco contendo aproximadamente 30 gramas de frutos. Os dados obtidos foram submetidos à análise descritiva.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A calibração do IRGA S151 foi obtida pela passagem do CO₂ de concentração conhecida (394 ppm, Air Liquide Brasil, São Paulo, SP) por uma câmara de medição vazia, durante 15 minutos. Esse período foi definido pela estabilidade da curva observada no gráfico gerado pelo software Logger Pro (Figura 4).

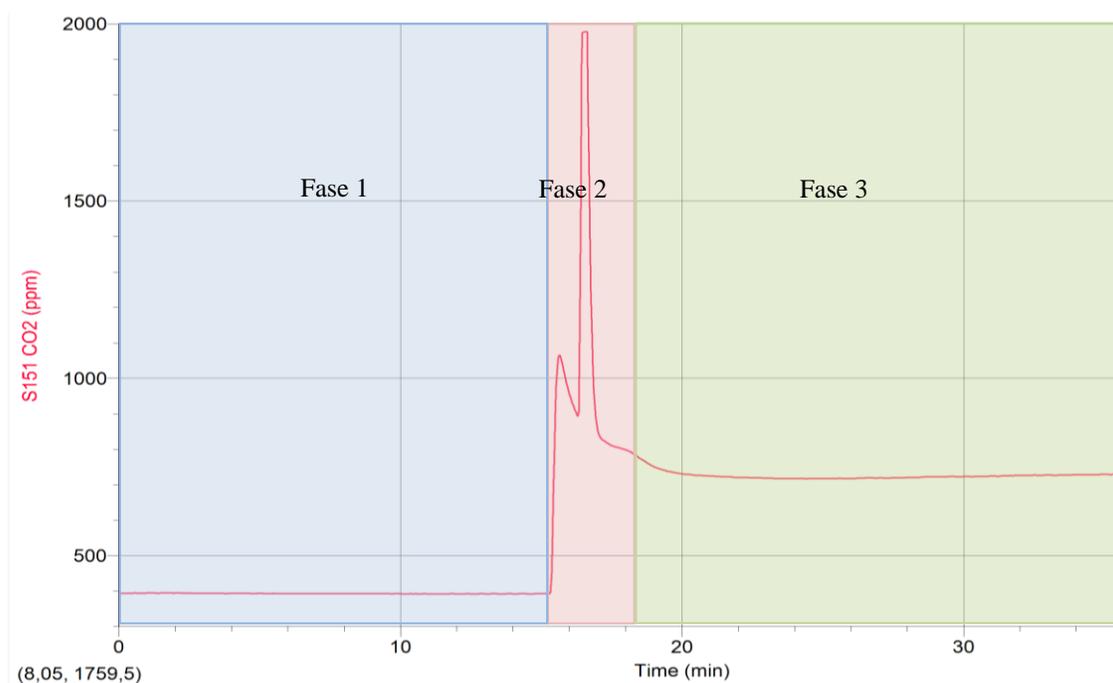


Figura 4. Curva de calibração de CO₂ obtida pelo IRGA, modelo S151 (Qubit systems, Ontário, Canadá).

Para cada fluxo de CO₂ utilizado, o CO₂ de referência utilizado para o cálculo das taxas respiratórias foi de 393 ppm. O pico observado após os 15 minutos indica o momento em que a câmara de medição foi aberta. Essa abertura se fez necessária para a transferência da tampa de polietileno entre a câmara de medição vazia e a câmara que continha os frutos.

O tempo de equilíbrio ou estabilização é ponto-chave para uma resposta adequada da leitura do CO₂. Visto que qualquer vazamento de gás na câmara de medição ou em alguma conexão entre as mangueiras e o aparelho pode influenciar de forma decisiva no fluxo utilizado, bem como, qualquer contaminação com o ar ambiente pode comprometer a experimentação com dados imprecisos.

Neste sentido, a câmara de medição foi vedada com filme plástico e na tampa foi usada adesivo de silicone, objetivando vedar as adaptações realizadas para a entrada e saída do ar. No momento em que a câmara foi aberta para trocar as amostras, o contato com o CO₂ da sala de medição foi inevitável, porém para não comprometer o resultado as medições iniciavam quando a curva visualizada no software Logger Pro estava estável, ou seja, sem picos discrepantes.

A estabilização da curva durante as medições também depende do fluxo de ar que circula pela câmara de medição. Para isso fluxos de ar de 200, 300 e 400 mL min⁻¹ foram usados para verificar àquele que exerceria melhor resposta na evolução de CO₂ (Figura 5).

Maiores valores de CO₂ foram verificados para o fluxo de 200 mL min⁻¹ (Figura 5A), pelo acúmulo de gás no interior da câmara de medição. Indicando que o fluxo utilizado não foi suficiente para remover o CO₂ e estabilizar a curva de leitura. O aumento do fluxo para 300 mL min⁻¹ retardou, mas não impediu que o CO₂ se acumulasse no interior da câmara de medição (Figura 5B). O fluxo de 400 mL min⁻¹, no entanto, foi capaz de manter constante o gás no interior da câmara de medição. Isso pode ser comprovado pela estabilidade da curva de liberação de CO₂ ao longo de todo o período de avaliação, aproximadamente dez minutos (Figura 5C). Nota-se que os valores são semelhantes para os fluxos de 300 e 400 mL min⁻¹, porém no fluxo maior se observou melhor estabilidade da curva.

A partir dos gráficos gerados pelo software Logger Pro foi possível calcular as taxas respiratórias para os diferentes fluxos. As taxas respiratórias para o fluxo de 200 mL min⁻¹ foram 8 e 13% menores em relação do fluxo de 400 mL min⁻¹ nas temperaturas

de 6°C e 25°C, respectivamente (Tabela 1). Provavelmente porque o aumento da concentração de CO₂ no interior da câmara foi capaz de inibir a respiração dos pseudofrutos de morango.

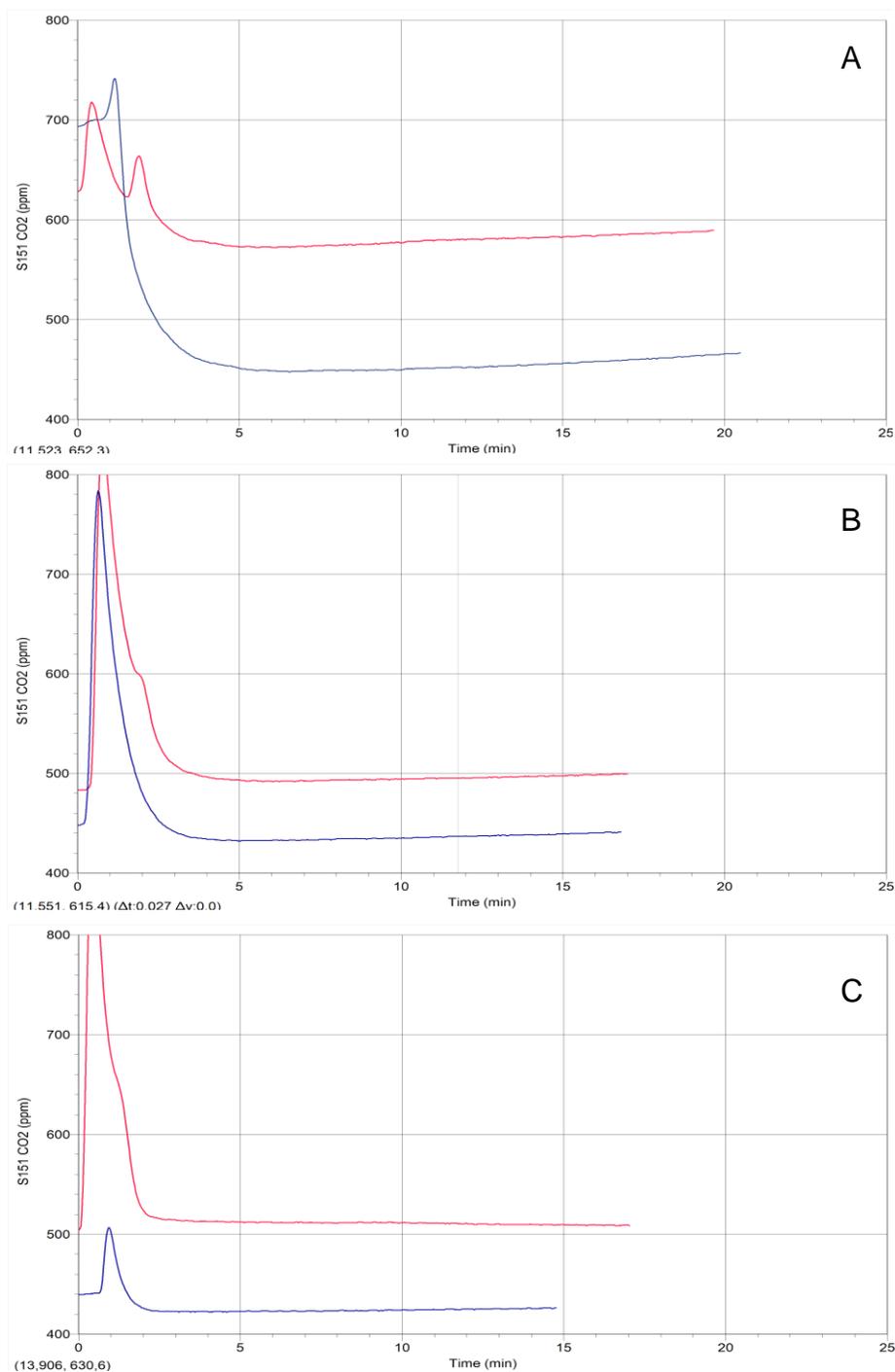


Figura 5. Liberação de CO₂ pelos pseudofrutos de morango armazenados a 6°C (linha azul) e 25°C (linha vermelha), nos fluxos de (A) 200 mL min⁻¹; (B) 300 mL min⁻¹; (C) 400 mL min⁻¹, usando o software Logger Pro.

O efeito do CO₂ sobre as taxas respiratórias tem sido largamente estudado em frutos armazenados sob atmosfera modificada e comprovam que níveis elevados de CO₂ no interior das embalagens promovem efeitos na redução das taxas respiratórias de frutos de morango (CALEGARO et al., 2002), pêssego, caqui, kiwi e maçã (STEFENS et al., 2007). Sharma et al. (2010) e Goliás et al. (2010), afirmam que há elevação dos níveis de CO₂ em 10% para frutos de cereja doce pode resultar em melhor qualidade dos frutos armazenados e prolongar a vida pós-colheita. Goni et al. (2010) com altas concentrações de CO₂ em curto prazo atrasou o amadurecimento de frutos de *Annona*.

De acordo com Brackmann et al. (2012) diminuição na concentração de O₂ nas câmaras e aumento do CO₂, provoca redução da taxa respiratória e da produção de etileno, conservando, assim, as características físico-químicas e inibindo ocorrência de distúrbios fisiológicos.

Neste sentido, o fluxo de 200 mL min⁻¹ não é indicado para este sistema de determinação da respiração em frutos, uma vez que poderá subestimar as taxas de liberação de CO₂ por produtos hortícolas. No fluxo de 300 mL min⁻¹, o CO₂ presente na atmosfera interna do fruto era maior do que o CO₂ na atmosfera externa, ou seja, o CO₂ que se acumulou na câmara, daí a maior taxa respiratória pela elevada respiração dos frutos.

Esse fenômeno ocorre quando a pressão sobre um sistema em equilíbrio aumenta a reação no sentido de aliviar a pressão e restaurar o equilíbrio entre os ambientes (HARRIS, 2010). O CO₂ na atmosfera interna do fruto se deslocou para a atmosfera externa, que é a câmara, como reação para manter o equilíbrio entre atmosfera interna do fruto e a atmosfera externa, ou seja, a câmara. Phaer e Kattan (1971), afirmaram que maiores taxas de respiração são associadas com maiores conteúdos internos de CO₂.

Tabela 1. Taxas respiratórias de pseudofrutos de morango armazenados a 6°C e 25°C e submetidos aos fluxos de 200, 300 e 400 mL min⁻¹. Rio Verde, GO.

Temperatura	Fluxo de CO ₂		
	200 mL min ⁻¹	300 mL min ⁻¹	400 mL min ⁻¹
6°C	55,12±4,0973*	73,92±5,661	59,87±5,918
25°C	134,60±4,194	145,38±3,847	151,64±6,586

* Valores expressos como média ± erro padrão da média (n=24).

Neste sentido, a comparação do presente método com resultados obtidos por cromatografia gasosa (MITCHAM, 2004; BOWER et al., 2003) foi realizada com os dados obtidos no fluxo de 400 mL min^{-1} em pseudofrutos de morango armazenados a 6 e 25°C (Figura 6). As taxas respiratórias obtidas pelo IRGA (Qubit systems, modelo S151) foram cerca de três vezes superior para frutos armazenados a 25°C em relação àqueles acondicionados sob temperatura de 6°C . Para morangos armazenados a 6°C as taxas respiratórias variaram entre 45,5 e $79,5 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ (Figura 6). Nos pseudofrutos de morango armazenados a 25°C os valores ficaram em torno de $140 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$, porém foi observado o desenvolvimento de fungos e rápida evolução da senescência, resultando numa curta vida pós-colheita dos morangos. Característica aceitável ao considerar que os produtos foram adquiridos no mercado local.

Os valores observados no presente estudo são similares àqueles obtidos por cromatografia gasosa. Em morangos, de um modo geral, armazenados a 0, 10 e 20°C as taxas respiratórias variam entre 12 a 20, 50 a 100 e 100 a $200 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$, respectivamente (MITCHAM, 2004; BOWER et al., 2003). A consideração da cultivar e temperatura, no entanto, são essenciais para não incorrer em erros de interpretação de resultados. Cultivares de morango ‘Camarosa’ e ‘Ventana’ armazenados a 4°C possuem taxa respiratória em torno de 18,6 e $5,8 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$, respectivamente. Já quando estas mesmas cultivares são armazenadas a 20°C as taxas respiratórias passam para 50,4 e $31,3 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ (AZEVEDO, 2007).

Marazo et al. (2008), avaliou morangos da cultivar ‘Aromas’ quanto a aplicação pré-colheita de quitosana e ASM (acibenzolar-S-metil) sobre as principais características físico-químicas, fisiológicas, bioquímicas e organolépticas e observou taxa respiratória média dos frutos armazenados a 20°C variando de 41,06 a $47,91 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$, medida que foi realizada com um analisador eletrônico de CO_2 Agri-Datalog.

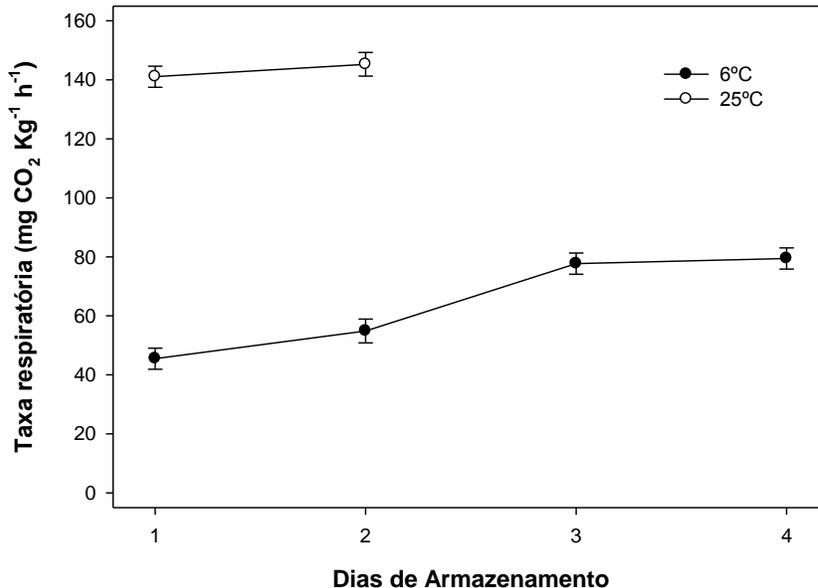


Figura 6. Taxa respiratória de pseudofrutos de morango armazenados a 6°C e 25°C, por até quatro dias.

A redução na temperatura exerceu forte influência sobre a diminuição da taxa respiratória, estando de acordo com Chitarra e Chitarra (2005) que afirmam que a redução da temperatura diminui a atividade respiratória nos frutos.

O uso de baixas temperaturas segundo Scalon et al., (2012) veio a reduzir perda de massa, diminuindo com maior intensidade os metabolismos dos frutos e as trocas gasosas com o meio, reduzindo a atividade respiratória favorecendo o aumento da vida útil de frutos armazenados em menores temperaturas.

O aumento na taxa respiratória dos frutos de morango pode ser proveniente da contaminação dos frutos pelo mofo cinzento, causado pelo fungo *Botrytis cinérea*, seu aparecimento nos frutos durante o experimento foi observado.

O mofo cinzento é o principal patógeno estudado em pós-colheita de morangos e o grande desafio das pesquisas nessa área (MAZARO, et al., 2013).

A vida pós-colheita de produtos hortícolas, no entanto, está diretamente relacionada às taxas respiratórias, ao nível de maturação e com o tempo de armazenamento do produto hortícola (SUGAR; EINHORN, 2011; ABBASI et al., 2011; BECKLES, 2012;).

4. CONCLUSÕES

O analisador de gases no infravermelho (modelo S151, Qubit systems), mediante adaptações no sistema, foi eficiente na determinação das taxas respiratórias em pseudofrutos de morango.

O fluxo de ar de 400 mL min^{-1} forneceu melhores respostas de taxas respiratórias em comparação aos fluxos de 200 e 300 mL min^{-1} .

O fluxo de 200 mL min^{-1} promoveu inibição das taxas respiratórias em pseudofrutos de morango.

5. REFERÊNCIAS

- ABBASI, K. S.; ANJUM, N.; SAMMI, S.; MASUD, T.; ALI, S. Effect of coatings and packaging material on the keeping quality of mangoes (*Mangifera indica* L.) stored at low temperature. **Pakistan Journal of Nutrition**, v. 10, n. 2, p. 129-138, 2011.
- AZEVEDO, S. M da C. **Estudo de taxas de respiração e de factores de qualidade na conservação de morango fresco: fragaria x ananassa duch**. 2007, 225p. Dissertação (Mestrado em Ciências do Consumo Alimentar) – Universidade Aberta, Lisboa, 2007.
- BAGI, A.; PAMPANIN, D. M.; BRAKSTAD, O. G.; KOMMEDAL, R. Estimation of hydrocarbon biodegradation rates in marine environments: A critical review of the Q10 approach. **Marine Environmental Research**, v.89, p. 83-90, 2013.
- BALDISSARELLI, V. Z. **Estudo da degradação do CH₄ e da mistura CH₄/CO₂ por plasma térmico de argônio: identificação e caracterização dos produtos obtidos**. 2012, 175p. Tese (Doutorado em Química) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2012.
- BECKLES, D. M. Factors affecting the postharvest soluble solids and sugar content of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 63, p. 129-140, January 2012.
- BOWER, J.B.W.; MITCHAM, E. Effects of ethylene and 1-MCP on the quality and storage life of strawberries. **Postharvest Biology and Technology**, v. 28, p. 417-423, 2003.
- BRACKMANN, A.; BOTH, V.; WEBER, A.; PAVANELLO, E. P.; SCHORR, M. R. W.; SANTOS, J. R. A dos. Variação da temperatura, oxigênio e CO₂ durante o armazenamento em atmosfera controlada de maçãs ‘Royal Gala’. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 6, p. 2247-2256, Londrina, Novembro-Dezembro, 2012.
- CALBO, A.G.; HENZ, G.P. **Métodos para medir a respiração de frutos e hortaliças**. Brasília: Embrapa Hortaliças (Comunicado técnico 47), 12p, 2007.
- CALEGARO, J.M.; PEZZI, E.; BENDER, R.J. Utilização de atmosfera modificada na conservação de morangos em pós-colheita. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n.8, p. 1049-1055, 2002.
- CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças – fisiologia e manuseio**. 2. Ed. Lavras: EDUFLA, 2005. 875p.

ÇELIKEL, F.G.; REID, M.S. Temperature and Postharvest Performance of Rose (*Rosa hybrida* L. 'First Red') and Gypsophila (*Gypsophila paniculata* L. 'Bristol Fairy') Flowers. Proc. 5th Int. Postharvest Symp. Eds. F. Mencarelli and P. Tonutti. **Acta Horticulture**, 682, ISHS, p. 1789-1794, 2005.

GOLIÁS, J.; HIC, P.; KANOVÁ, J. Effect of low oxygen storage conditions on volatile emission and anaerobic metabolite concentrations in two plum cultivars. **Horticultural Science**, v. 37, p. 145-154, 2010.

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

HARRIS, D. C. **Análise Química Quantitativa**. California: LTC, 8 ed., 2010, 886p.

MARAZO, S. M.; DESCHAMPS, C.; DE MIO, L. L. M.; BIASI, L. A.; GOUVEA, A de.; SAUTTER, C. K. Comportamento pós-colheita de frutos de morangueiro após a aplicação pré-colheita de quitosana e acibenzolar-S-metil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 1, p. 185-190, Jaboticabal, Março 2008.

MAZARO, S. M.; FOGOLARI, H.; WAGNER JÚNIOR, A.; CITADINI, I.; SANTOS, I. Potencial de extratos à base de *Calendula officinalis* L. na indução da síntese de fitoalexinas e no efeito fungistático sobre *Botrytis cinérea*, in vitro. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.15, n. 2, p. 208-216, Campinas, 2013.

MEGGUER, C.A. **Enzymatic activities of the glycolytic pathway and glycolytic flux in sugar beet roots**. 2010, 77p. Tese (*Doctor Scientiae*) – Universidade Federal de Viçosa, MG, 2010.

MITCHAM, E.J. Strawberry. In: GROSS, K.C. et al. The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks. USDA, ARS: **Agricultural Handbook**, 2004. 130p. (Number 66).

PHARR, D. M.; KATTAN, A. A. Effects of air flow rate, storage temperature, and harvest maturity on respiration and ripening of tomato fruits. **Plant Physiology**, Minneapolis, v. 48, p. 53-55, 1971.

ROSA, M. **Metodologia para avaliação da eficiência fotossintética *in vitro* de plantas do cerrado**. 2011, 118p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Câmpus Rio Verde, 2011.

SCALON, S. de P. Q.; OSHIRO, A. M.; DRESH, D. M. Conservação pós-colheita de guavira (*Campomanesia adamantium* Camb.) sob diferentes revestimentos e temperaturas de armazenamento. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, SP, v. 34, n. 4, p. 1022-1029, Dezembro 2012.

SHARMA, M.; JACOB, J. K.; SUBRAMANIAN, J.; PALIYATH, G. Hexanal and 1-MCP treatments for enhancing the shelf life and quality of sweet cherry (*Prunus avium* L.). **Scientia Horticulturae**, v.125, p. 239-247, 2010.

SUGAR, D.; EINHORN, T. C. Conditioning temperature and harvest maturity influence induction of ripening capacity in ‘d’ Anjou’ pear fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 60, p. 121-124, 2011.

STEFFENS, C. A.; BRACKMANN, A.; PINTO, J. A. V.; EISERMANN, A.C. Taxa respiratória de frutas de clima temperado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.3, p.313-321, 2007.

VINES, H.M.; EDWARDS, G.J.; GRIERSON, W. Citrus fruit respiration. **Handling and Processing Section**, 1965. Disponível: [http://fshs.org/Proceedings/Password%20Protected/1965%20Vol.%2078/198-202%20\(VINES\).pdf](http://fshs.org/Proceedings/Password%20Protected/1965%20Vol.%2078/198-202%20(VINES).pdf).

CAPITULO II

CARACTERIZAÇÃO PÓS-COLHEITA DE FRUTOS DE MURICI COLHIDOS NO ESTÁDIO DE MATURAÇÃO VERDE E VERDE-AMARELO E ARMAZENADOS SOB DIFERENTES TEMPERATURAS

RESUMO

O estágio de maturação no momento da colheita e a temperatura de armazenamento são decisivos na preservação da qualidade pós-colheita dos produtos hortícolas. Neste sentido, objetivou-se com esse trabalho caracterizar a pós-colheita de frutos de murici colhidos no estágio verde e verde-amarelo e armazenados sob diferentes temperaturas. Frutos de murici foram padronizados em dois estádios de maturação: verde e verde-amarelo, com porcentagem de coloração verde da epiderme $\geq 80\%$ e entre 35-65%, respectivamente. Em seguida, os frutos foram acondicionados sob as temperaturas de 6, 12 e 25°C e avaliados quanto ao conteúdo de pigmentos, firmeza de polpa, acidez, sólidos solúveis, açúcares solúveis, açúcares redutores e perda de massa. Parte dos frutos foi separada para a determinação da atividade respiratória. O conteúdo de pigmentos foi afetado pelas temperaturas de armazenamento, os frutos armazenados a 6°C apresentaram conteúdo de

clorofila total superior 48% e 55% aos frutos armazenados a 12°C e 25°C respectivamente. Frutos de murici no estágio de maturação verde e verde-amarelo mantidos a 6°C apresentaram firmeza de polpa superior em 52% e 35% respectivamente no período inicial de armazenamento, sendo que as alterações observadas no presente estudo, podem estar relacionadas aos sintomas de injúria por frio. Os teores médios de acidez em frutos colhidos no estágio verde-amarelo foram cerca de 50, 25 e 35% superiores àqueles colhidos no estágio verde e acondicionados nas temperaturas de 6, 12 e 25°C. Os teores de sólidos solúveis foram em média 10 e 20% superiores para frutos colhidos no estágio de maturação verde em relação ao estágio verde-amarelo e armazenados sob as temperaturas de 6 e 12°C. Os açúcares solúveis totais no estágio verde sofreram um incremento na temperatura de 25°C. Os açúcares redutores diminuíram no início do armazenamento e tiveram um aumento de 3,79% para os frutos verdes e 40% para os frutos verde-amarelos ao final desse período, provavelmente ocasionado pela desidratação dos frutos. Para os frutos mantidos a 25°C o incremento nos açúcares redutores, foi em resposta à degradação do açúcar solúvel. Os frutos colhidos no estágio verde e armazenados a 6 e 12°C demonstraram elevada perda de massa ao longo do armazenamento. Na temperatura de 25°C, não foi observada perda significativa de massa. As taxas respiratórias nos frutos de murici armazenados a 25°C foram 3 vezes superiores àquelas observadas nos frutos mantidos a 12°C. Os frutos de murici armazenados sob a temperatura de 12°C tiveram maior vida pós-colheita, porém a baixa temperatura ocasionou perda de massa ao longo do armazenamento. O pico respiratório nos frutos mantidos a 25 e 12°C ocorreu no quarto e décimo dia de armazenamento, respectivamente. Os frutos colhidos no estágio de maturação verde apresentaram os melhores atributos pós-colheita, sendo que o armazenamento refrigerado possibilitou aumento de oito dias no período de armazenamento de frutos de murici.

Palavras-chave: Murici, taxa respiratória, frutos do cerrado, pós-colheita.

1. INTRODUÇÃO

O murici (*Byrsonima verbascifolia* (L) Rich) pertencente à família Malpighiaceae que é predominantemente tropical com 65 gêneros e cerca de 1.250 espécies (CAMERON et al. 2001), das quais aproximadamente 85% são neotropicais (DAVIS et al., 2001). Lorenzi (2002) relata que o gênero *Byrsonima* se diferencia por apresentar indivíduos com hábito arbustivo e arbóreo, sendo o maior da família Malpighiaceae, agrupando espécies de grande importância medicinal, ornamental e produtoras de frutos comestíveis (RIBEIRO et al., 1999; JUDD et al., 2002). Floresce durante os meses de agosto – novembro e os frutos amadurecem a partir do mês de dezembro, ocorre preferencialmente em terrenos secos e elevados de solos arenosos e pobres (LORENZI, 2002).

Estima-se que o gênero *Byrsonima* possua mais de 200 espécies, sendo que 100 delas estão amplamente distribuídas no Brasil, tal diversidade é distinguida pela cor dos frutos e local de ocorrência das plantas (LAREDO, 2012).

A família é facilmente reconhecida pela presença de nectários extraflorais dispostos aos pares na base das sépalas da quase totalidade das espécies (CASTRO, 2005). É um arbusto que pode atingir até 5 metros de altura podendo, entretanto, apresentar como simples arbusto de 1 metro de altura no campo cerrado da região Amazônica. Possui tronco tortuoso de 15-25 cm de diâmetro revestido por casca grossa e áspera. Suas folhas são simples, concentradas em direção à extremidade dos ramos, curto-pecioladas, de superfícies tomentoso-vilosa em ambas as faces. O fruto pode ser classificado como pequeno fruto por ser uma drupa globosa, com aproximadamente 1,3 a 1,5 cm de diâmetro, glabra, de polpa succulenta e adocicada; amarelo; fino; nuculânico 1 a 3 lóculos com cerca de 6 mm de diâmetro, sementes 1 a 3, adnatas ao endocarpo; cálice ligeiramente acrescentado ao fruto (ALMEIDA et al., 1998; LORENZI, 2002).

O fruto do murici possui aroma característico e é muito apreciado regionalmente, sendo um fruto de importância regional e com potencial econômico para o mercado de frutíferas nacionais do Cerrado. No entanto, pouco se conhece sobre as suas características físico-químicas e formas de preservação pós-colheita *in natura*. A conservação pós-colheita é uma ótima alternativa para preservar as características organolépticas dos frutos

e proporcionar melhores níveis de qualidade dos mesmos. Porém depende de cuidados na fase pré-colheita e durante a colheita.

O estágio de maturação em que os produtos hortícolas são colhidos determina o seu potencial de conservação pós-colheita e a qualidade quando são oferecidos ao consumidor (BECKLES, 2012). Frutos colhidos imaturos, além da baixa qualidade sensorial, são suscetíveis à desidratação e desordens fisiológicas (DREHMER et al., 2008).

A aparência externa, tamanho, forma e cor da casca dos frutos, e as características físico-químicas relacionadas ao sabor, odor, textura e valor nutritivo, constituem atributos de qualidade (SILVA et al., 2012). Tais atributos têm importância variada, de acordo com os interesses de cada segmento da cadeia de comercialização. As frutas e hortaliças se destacam pela sua aparência que transmite qualidade e gera interesse comercial (RIBEIRO, 2013).

Neste sentido, o uso de técnicas pós-colheita é primordial para a obtenção do produto final de alta qualidade. Assim o estágio de maturação na colheita associado ao armazenamento refrigerado, principal tratamento pós-colheita, atuam no controle do amadurecimento e deterioração dos frutos. Uma vez que esse tratamento regula os processos fisiológicos e bioquímicos associados com o amadurecimento, tornam-se fatores importantes na conservação pós-colheita, ambos determinam a qualidade e a vida pós-colheita dos produtos vegetais (ABREU et al., 2012).

O armazenamento refrigerado vem sendo a ferramenta muito útil para o prolongamento da vida útil de frutos e hortaliças, porém, frutos tropicais são geralmente sensíveis a disfunção fisiológica denominada *chilling*, quando expostas a temperaturas inferiores a 7-13°C, resultando em perdas pós-colheita de ordem quantitativa e qualitativa (WANG et al., 2008; MIGUEL et al., 2013). Além da temperatura, o tempo de exposição à baixa temperatura é determinante no desenvolvimento de injúrias pelo frio (MIGUEL et al., 2011). Os sintomas comumente reportados são o amadurecimento irregular, o incompleto desenvolvimento da cor e do sabor, o aumento da suscetibilidade a doenças, a descoloração da casca e, em muitos casos, o escurecimento da polpa (WANG et al., 2008; MIGUEL et al., 2013).

São muitos os fatores que reduzem a vida de prateleira das frutas, destacando a deterioração fisiológica, causada pelo seu excessivo amadurecimento, desenvolvimento de

patógenos que ocasionam podridões, e a perda de água pelos frutos, que podem atingir níveis que causam enrugamento e murchamento, fatores que comprometem o aspecto visual e reduzem o seu valor comercial (NUNES et al., 2011; XISTO et al., 2012).

A exposição de frutos e hortaliças a altas temperaturas durante a pós-colheita reduz o seu armazenamento ou a vida comercial, isto é porque, como material vivo, a sua taxa metabólica é normalmente mais elevada a temperaturas mais elevadas (ESKIN; HOEHN, 2013).

O tempo de armazenamento do produto é altamente variável à taxa respiratória e a temperatura a qual o produto foi armazenado (ESKIN; HOEHN, 2013). Dentre as estratégias utilizadas para minimizar as perdas pós-colheita, pode-se destacar o controle da temperatura e a higienização dos frutos, métodos que se destacam pela simplicidade de aplicação e baixo custo, sendo que a associação de duas ou mais técnicas pode possibilitar a garantia de qualidade (CRUZ et al., 2010; NUNES et al., 2011).

Objetivou-se com este trabalho caracterizar o comportamento pós-colheita de frutos de murici colhidos no estágio verde e verde-amarelo e armazenados sob diferentes temperaturas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local de coleta dos frutos e de execução dos experimentos

Os frutos de *Byrsonima verbascifolia* (L) Rich foram colhidos no município de Ouroana – GO, em uma área localizada nas coordenadas S18°06'113'' e W050°38'783'' no mês de fevereiro de 2012. Imediatamente após a colheita os frutos foram acondicionados em caixas térmicas e transportados para o Laboratório de Ecofisiologia e Produtividade Vegetal do Instituto Federal Goiano – *Campus* Rio Verde, onde foram selecionados quanto à ausência de danos mecânicos e ataque de pragas e patógenos. O presente estudo foi dividido em dois estudos conforme segue:

2.2 Estudo 1 – Estádio de maturação na colheita e armazenamento em diferentes temperaturas

Os frutos de murici foram colhidos no mês de fevereiro do ano de 2012, nos estádios de maturação verde e verde-amarelo, com porcentagem de coloração verde da epiderme $\geq 80\%$ e entre 35-65%, respectivamente. Após a colheita e seleção os frutos foram acondicionados em potes plásticos, 100 g por embalagem, e armazenados em B.O.D nas temperaturas de $6^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$, $12^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$ e em uma sala climatizada com temperatura constante de $25^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$. A umidade dos ambientes de armazenamento durante todo o experimento ficou em torno de $85\%\pm 5$. A condição em cada ambiente foi monitorada pelo auxílio de um medidor digital de temperatura e umidade (data logger, modelo DHT 1070, Perceptec[®], São Paulo).

A qualidade pós-colheita dos frutos de murici foi acompanhada pelas determinações dos atributos de maturação aos 0, 2 e 4 dias para frutos armazenados sob temperatura de 25°C e aos 0, 2, 4, 8 e 12 dias em frutos armazenados a 6°C e 12°C . Os atributos avaliados no presente estudo foram firmeza de polpa, teores de sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e conteúdo de pigmentos cloroplastídicos da epiderme. A seguir estão detalhadas as metodologias utilizadas para determinação da qualidade do fruto.

a) AVALIAÇÕES

a.1) firmeza de polpa

A firmeza foi quantificada pelo método de aplanção, descrito por Calbo & Nery (1995). Nesse método, foi utilizado um peso capaz de gerar 0,3kgf (2,943 N) sobre os frutos causando uma elipse de deformação. A área da elipse aplanada foi obtida pela equação:

$$A = 0,784*d1*d2 \quad (1)$$

Em que:

d1 = diâmetro maior (mm);

d2 = diâmetro menor (mm);

Para o cálculo da firmeza da polpa, utilizou-se a seguinte equação:

$$Fz = P/A \quad (2)$$

Em que:

P = peso (N);

A = área obtida pela equação 1.

a.2) sólidos solúveis

O teor de sólidos solúveis foi obtido pela extração do suco celular em um espremedor de alho. Três gotas do suco extraído foram colocadas sobre o prisma de um refratômetro manual (ATAGO, JAPÃO) e efetuadas as leituras. Os valores obtidos por esta metodologia foram expressos em °Brix.

a.3) acidez titulável

A acidez titulável total foi determinada por titulometria de neutralização com NaOH (0,1 N) até atingir pH 8,2 (Instituto Adolfo Lutz, 1985).

a.4) pigmentos cloroplastídicos

A quantificação do conteúdo de pigmentos cloroplastídicos foi realizada a partir da coleta de 1g de amostra da casca de cada repetição. Para a extração o material coletado foi imerso em 5 mL de DMSO saturado com CaCO₃ (50 g L⁻¹) e imediatamente incubadas em banho-maria a 65°C por 24h. Posteriormente, efetuou-se a leituras das absorvâncias, em que as equações e cálculos para a determinação do conteúdo de pigmentos foram baseados no trabalho de Wellburn (1994), considerando:

$$\text{Clorofila } a \text{ (}\mu\text{g.g}^{-1}\text{)} = (12,47A_{665,1} - 3,62A_{649,1}) \quad [1];$$

$$\text{Clorofila } b \text{ (}\mu\text{g.g}^{-1}\text{)} = (25,06A_{649,1} - 6,5A_{665,1}) \quad [2];$$

$$\text{Carotenoides (}\mu\text{g.g}^{-1}\text{)} = (1000A_{480} - 1,29Cl_a - 53,78Cl_b) / 200 \quad [3];$$

$$\text{Clorofila total (}\mu\text{g.g}^{-1}\text{)} = (Cl_a + Cl_b) \quad [4].$$

Em que:

A = absorvância no comprimento de onda indicado;

Cl_a = conteúdo de clorofila *a* obtido pela equação 1;

Cl_b = conteúdo de clorofila *b* obtido pela equação 2.

2.3 Estudo 2 – *Respiração em frutos de murici.*

Frutos de murici foram colhidos nos estádios verde e verde-amarelo, com porcentagem de coloração verde da epiderme $\geq 80\%$ e entre 35-65%, respectivamente, sendo avaliados quanto às taxas respiratórias e conteúdos de carboidratos, conforme descrito a seguir:

2.3.1 *Taxas respiratórias:*

Frutos de murici foram acondicionados em potes de vidro, com capacidade para 250 mL, posteriormente os frascos foram vedados com filme plástico de PVC. Para evitar o acúmulo de gás no interior da câmara e impedir a perda de água por transpiração, pequenos furos foram feitos no plástico de vedação. Em seguida os frutos foram armazenados em B.O.D com umidade relativa em torno de $85\% \pm 5$ e sob as temperaturas de $6^{\circ}\text{C} \pm 1$ e $12^{\circ}\text{C} \pm 1$ e em uma sala climatizada com temperatura constante de $25^{\circ}\text{C} \pm 1$, em que permaneceram até o momento da avaliação. As condições em cada ambiente foram monitoradas pelo auxílio de um medidor digital de temperatura e umidade (data logger, modelo DHT 1070, Perceptec[®], São Paulo).

A determinação das taxas respiratórias foi realizada diariamente utilizando um analisador de gases no infravermelho [IRGA, modelo S151 (Qubit Systems, Kingston, ON, Canadá)]. O IRGA S151 (Figura 1), usado nesse estudo possuiu componentes e sensores acoplados entre si por mangueiras flexíveis e conexões ajustáveis, que permite adaptações de modo a alterar o caminho do ar de referência e do ar de análise.

Originalmente o IRGA S151 possui uma câmara foliar que para a adequação de metodologia foi substituída por um frasco de vidro com capacidade para 250 mL (Figura 2). O aparelho possuiu uma bomba de fluxo conectada a câmara, posteriormente, um sensor de umidade e temperatura e finalmente o analisador de CO_2 .

O funcionamento do aparelho consiste no bombeamento de ar, proveniente de uma bolsa de ar contendo CO_2 de concentração conhecida, para o interior da câmara com o auxílio de uma bomba de fluxo (Figura 1) e o ar de saída da câmara é direcionado para um sensor de umidade e temperatura e em seguida para um analisador de CO_2 .



Figura 1. Acessórios do analisador de trocas gasosas. (A) Bolsa de ar; (B) Bomba de fluxo G103; (C) Sensor de Temperatura e Umidade S161; (D) Interface Lab Pro; (E) Monitor de fluxo de ar G265; (F) Analisador de gases no infravermelho IRGA S151.

No momento da determinação das taxas respiratórias o filme plástico usado para vedação dos frascos foi substituído por uma tampa de polietileno contendo duas entradas. Em cada uma das entradas foram adaptadas mangueiras flexíveis (Figura 2) para que permitissem a circulação de ar, a fluxo constante, no interior da câmara. Previamente às avaliações, o possível acúmulo de gás no interior do frasco foi removido com o auxílio de ventilação com ar frio.

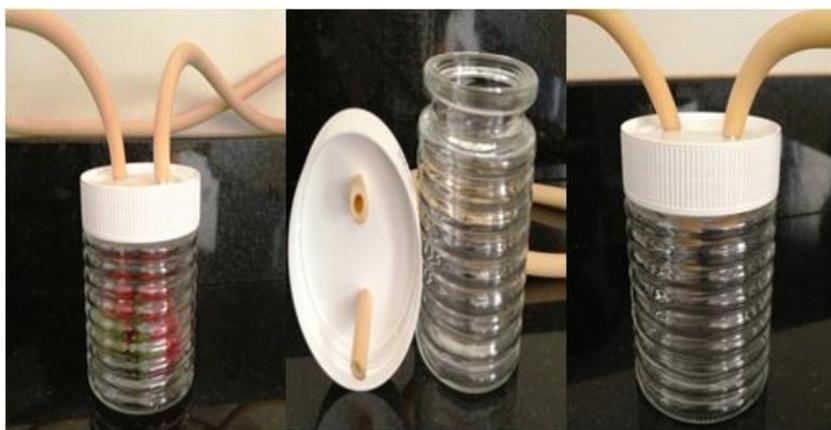


Figura 2. Pote de vidro e tampa de polietileno que compõem a câmara para medição da taxa respiratória em frutos de murici.

Antes de cada avaliação os frutos foram pesados, em balança analítica, para a obtenção da massa fresca. A determinação da concentração do CO₂ foi obtida pelas diferenças entre o ar de referência e o ar de análise. O ar de referência é obtido com a câmara (pote de vidro) vazia. Para maior precisão nos valores do ar de referência, diariamente, no início e ao final da avaliação era obtido um CO₂ de referência, objetivando assim eliminar oscilações causadas por picos de energia e/ou outros fatores que poderiam comprometer a avaliação. Já o ar de análise foi obtido após os frutos serem acondicionados na câmara e ao final do tempo de corrida da amostra, cerca de dez minutos. Esse tempo foi definido por testes prévios. A variação, ou o delta de CO₂ em ppm, foram utilizados para calcular a taxa respiratória dos frutos segundo VINES et al. (1965).

$$RCO_2 = \frac{(\Delta CO_2 \times \text{fluxo} (mL.h^{-1}) \times FC)}{(1.000.000 \times MF (kg))}$$

Em que:

RCO₂ = taxa respiratória, expressa em mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ ;

ΔCO₂ = ar de referência – ar de análise;

Fluxo = fluxo que circulava pela câmara de medição durante as análises;

FC = fator de correção de mL de CO₂ para mg de CO₂*;

MF = massa fresca dos frutos (kg) no dia da análise.

$$* FC = \frac{\text{gramas} \cdot \text{de} \cdot CO_2}{22,415 \times \left(\frac{T + C}{T} \right)}$$

Em que:

T = temperatura em Kelvin (273k);

C = temperatura em graus Celsius (°C);

22,415 = constante dos gases.

2.3.2 *Conteúdo de carboidratos*

Amostras da casca e polpa, aproximadamente 1 g, foram coletadas e submersas em etanol 80% previamente aquecido a 65-70°C. Quando o material vegetal atingiu temperatura ambiente de 30°C, efetuou-se a maceração com o auxílio de um almofariz + pistilo, seguida de filtragem. O extrato foi lavado e filtrado por três vezes com etanol 80% e o volume combinado completado com etanol até atingir volume total de 25 mL. O extrato etanólico foi armazenado em frascos de vidro vedados com filme de PVC e acondicionados em refrigerador para a determinação dos açúcares solúveis totais (AST), açúcares redutores (AR) e açúcares não redutores (ANR).

a) Açúcares solúveis totais

A quantificação do conteúdo de açúcares solúveis totais foi realizada pelo método fenol-sulfúrico proposto por Dubois et al. (1956). Esse método se baseia na determinação de açúcares simples e seus derivados, incluindo os metil-ésteres com grupos redutores livres, após a desidratação dos mesmos pelo ácido sulfúrico e subsequente complexação dos produtos formados com o fenol. A mudança de cor da solução é medida na região do visível e é proporcional a quantidade de açúcares presente na amostra. A reação é sensível e de cor estável e os teores de açúcares solúveis totais foram determinados por espectrofotometria no comprimento de onda de 490nm utilizando a curva padrão de sacarose (1%) com intervalo de 10µg a 90µg.

b) Açúcares redutores

O método do ácido 3-5-dinitrossalicílico (ADNS) proposto por Miller et al., (1959) foi utilizado para quantificar o conteúdo de AR em frutos de murici. Nesse método, o ADNS é reduzido para ácido 3-amino-5-nitrossalicílico, enquanto, no caso mais simples o grupamento aldeído parece ser oxidado a ácido aldônico. Os açúcares redutores foram quantificados por espectrofotometria com comprimento de onda de 540 nm utilizando curva padrão de glicose, cuja concentração varia entre 100 µg a 540µg.

c) Açúcares não redutores

O conteúdo de açúcares não redutores foi estimado pela diferença entre os açúcares solúveis totais e os açúcares redutores.

d) Amido

O conteúdo de amido foi determinado de acordo com metodologia descrita por McCready et al., (1950), sendo que a determinação da concentração do amido efetuada seguindo o mesmo procedimento para quantificar açúcares solúveis totais, sendo o resultado final multiplicado por 0,9.

2.4 Delineamento experimental e análise estatística

O experimento seguiu o delineamento inteiramente ao acaso em esquema fatorial 3x2 (três temperaturas de armazenamento; dois estádios de amadurecimento), com 4 repetições. Cada repetição correspondendo a uma embalagem contendo 100 gramas de frutos. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e as diferenças entre as médias comparadas pelo teste de Tukey por meio do Sistema de Análises Estatísticas Gerais 9.0 (SAEG). Os gráficos foram confeccionados por meio do uso do software SigmaPlot V.10 (SPSS Inc., USA).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Estudo 1 – Estádio de maturação na colheita e armazenamento em diferentes temperaturas

O conteúdo de pigmentos em frutos de murici foi afetado pela temperatura de armazenamento (Figura 3). O conteúdo de clorofila total, em frutos verdes e verde-amarelos armazenados a 6°C, foi superior e se manteve constante em relação aos frutos acondicionados sob 12 e 25°C durante o período de armazenamento (Figura 3A e 3B), portanto a menor temperatura retardou a degradação de clorofila em função do retardo no amadurecimento. Almeida (2006) observou que em frutos de mamão armazenados a 6°C, tiveram a maturação inibida. Portanto os resultados encontrados para clorofila total e carotenoides mantidos a 6°C estão de acordo com essas afirmações. Em temperaturas

elevadas, 25 °C, os processos de amadurecimento acontecem de forma mais intensa, portanto a perda da coloração verde dos frutos ocorre pela degradação da clorofila, (ESKIN; HOEHN, 2013). Todo o processo parece ter início com a ação de duas enzimas, a clorofilase e a Mg-dequelatase, que removem o fitol e o Mg^{2+} (HORTENSTEINER; KRAUTLER, 2011). Apesar da curta vida pós-colheita dos frutos mantidos a 25°C, observou-se rápida degradação da clorofila. Em goiabas, verificou-se diminuição da clorofila com o passar do tempo de armazenamento (RIBEIRO et al., 2005). Com a evolução do amadurecimento frutos de mangaba apresentaram diminuição no conteúdo de clorofila total (MOURA, 2005).

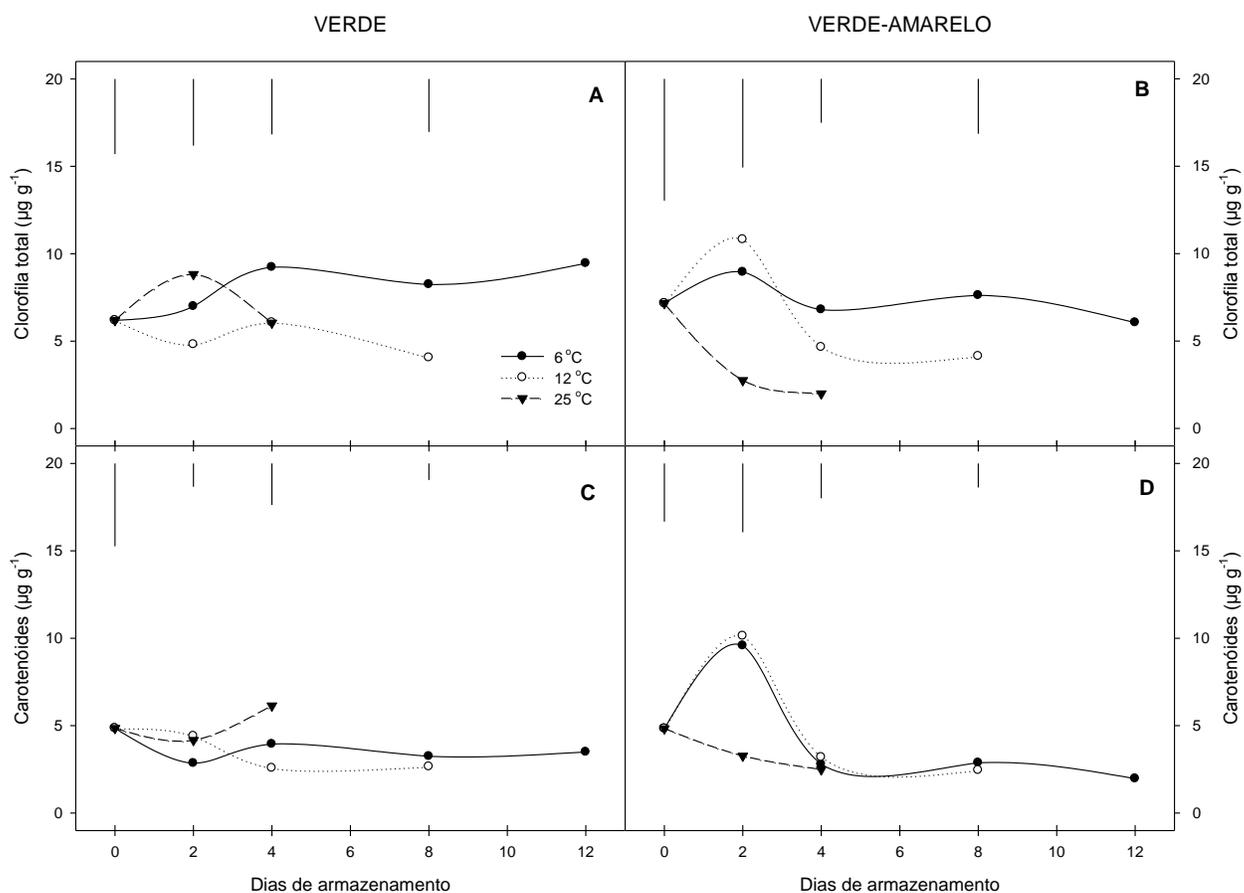


Figura 3. Conteúdo de pigmentos [(A e B) Clorofila total e (C e D) Carotenóides] em frutos de murici colhidos nos estádios verde e verde-amarelo e armazenados sob as temperaturas de 6, 12 e 25°C. Diferenças mínimas significativas entre temperatura de armazenamento estão indicadas no interior da figura e foram calculadas pelo teste LSD ($p \leq 0,01$).

As mudanças de coloração ocorridas durante o amadurecimento das frutas estão relacionadas com processos degradativos e/ou sintéticos dos pigmentos presentes nas frutas (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Nos frutos mantidos a 12 °C, a diminuição da clorofila total aconteceu em decorrência do avanço do amadurecimento e senescência. De acordo com Nassur (2013) o início da produção de etileno desencadeia e coordena as mudanças que ocorrem no amadurecimento, incluído mudanças na cor da polpa e casca, diminuição nos teores de clorofila com aumento nos carotenoides. A variação encontrada no teor de clorofila total ao longo do armazenamento ocorre pelo fato que em cada avaliação, foram usados frutos diferentes, pois a avaliação é destrutiva, ou seja, o processo de maturação não é acompanhado no mesmo fruto.

Juntamente com a degradação da clorofila ocorre a síntese de novos pigmentos, como os carotenoides. No presente estudo, os carotenoides se mantiveram praticamente constante durante o armazenamento independente dos estádios de maturação (Figura 3C e 3D). Diferenças significativas foram observadas para a temperatura de 25 °C em relação as demais. De um modo geral, os carotenoides em células de folhas e frutas se mantêm relativamente constantes até o início da senescência (UENOJO, 2007). Nos frutos verdes, armazenados a 25°C, o aumento no conteúdo de carotenoides coincidiu com a degradação da clorofila total (Figura 3C e 3A). Já para frutos de murici verde-amarelo se observou comportamento semelhante na degradação da clorofila total e carotenoides (Figura 3B e 3D). Demonstrando que a temperatura influenciou na síntese ou degradação dos pigmentos em frutos de murici, como provável resposta ao amadurecimento e a intensificação das reações metabólicas em temperaturas mais elevadas.

As características firmeza de polpa, acidez e sólidos solúveis foram afetadas pela temperatura de armazenamento (Figura 4). A firmeza de polpa foi levemente inferior para frutos colhidos no estágio de maturação verde-amarelo em relação aos frutos verde (Figura 4A e 4D). Frutos de murici armazenados a 6 °C tiveram maior firmeza de polpa, independente do estágio de maturação. No entanto, frutos em estágio de maturação verde tiveram valores mais acentuados na firmeza de polpa no período inicial de armazenamento (Figura 4A). Para frutos verdes armazenados a 12 °C a firmeza de polpa aumentou cerca de três vezes ao longo do armazenamento (Figura 4A), em resposta a desidratação dos frutos.

Enquanto para frutos verde-amarelo a firmeza permaneceu praticamente estável durante todo o armazenamento (Figura 4E).

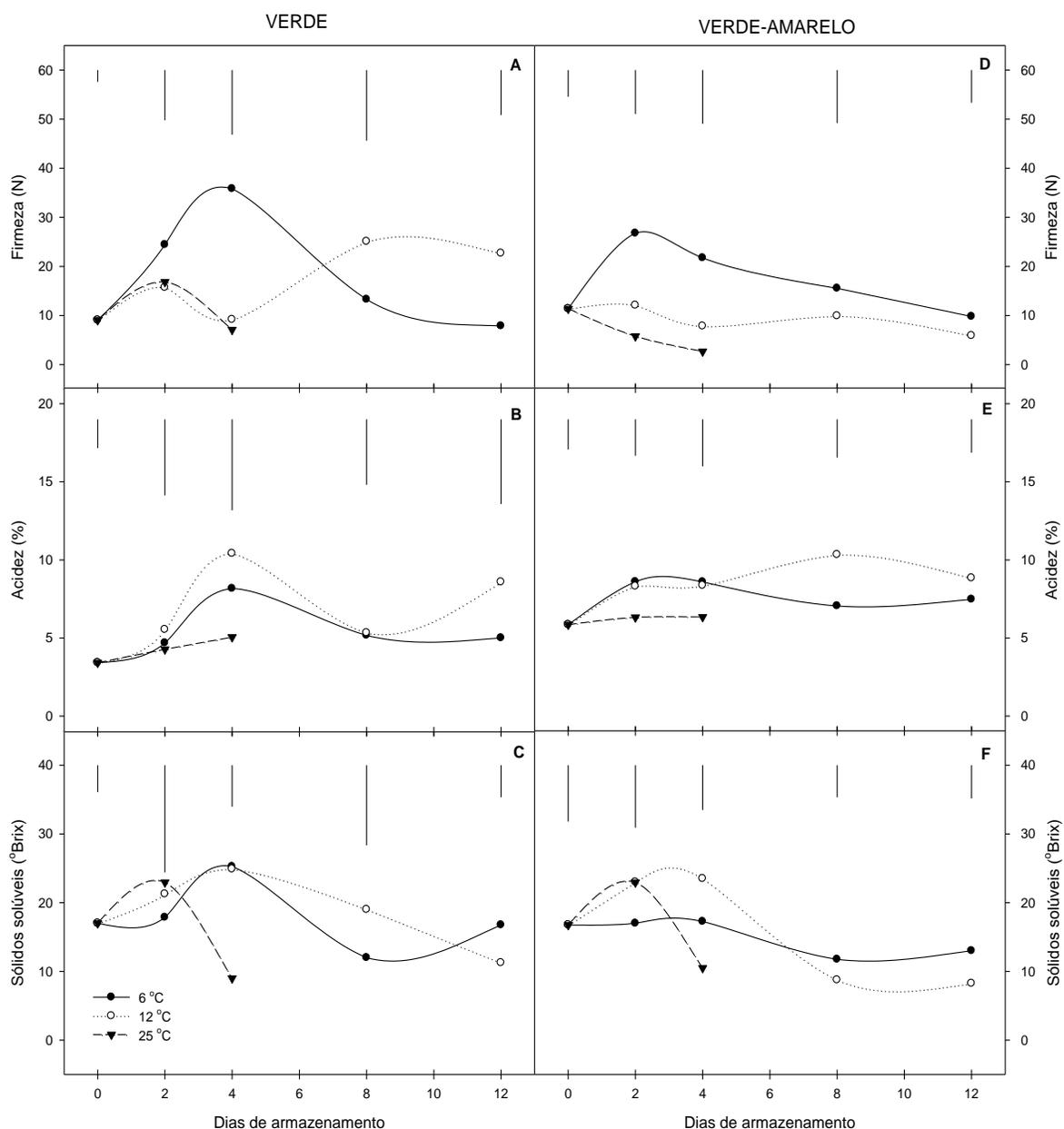


Figura 4. Firmeza de polpa (A e D), acidez (B e E) e sólidos solúveis (C e F) em frutos de murici colhidos nos estádios de maturação verde e verde-amarelo e armazenados sob as temperaturas de 6°C, 12°C e 25°C. Diferenças mínimas significativas entre temperatura de armazenamento estão indicadas no interior da figura e foram calculadas pelo teste LSD ($p \leq 0,01$).

A redução na temperatura constitui o principal fator que influencia na manutenção da qualidade dos frutos durante o armazenamento (STEFFENS et al., 2007), sendo que frutos de origem tropical e subtropical são sensíveis a baixas temperaturas (PAULL, 1990). A associação entre baixas temperaturas e prolongamento do período de armazenamento, favorece o aparecimento de sintomas de *chilling*, culminando no enrugamento e murchamento dos frutos. Neste sentido, as alterações na firmeza dos frutos de murici, observadas no presente estudo, podem estar relacionadas com os sintomas de injúria por frio. O murici é uma drupa globosa, e com a desidratação, o aplanador atingiu o caroço do fruto no momento da avaliação, superestimando a firmeza dos frutos.

Além disso, a redução na firmeza de polpa em frutos de murici, armazenados a 6 e 25°C, pode ser associada ao processo natural de amadurecimento promovido por alterações metabólicas. Durante a pós-colheita de frutos a atividade de enzimas como poligalacturonases e pectinolíticas são intensificadas, especialmente sob temperaturas elevadas, promovendo a degradação de compostos da parede celular, com consequente amolecimento dos tecidos e perda da firmeza de polpa (CERQUEIRA et al., 2009). A atividade metabólica dos vegetais continua após a colheita, por este motivo e também pelo elevado nível de água na composição, os vegetais são perecíveis e para minimizar esse processo, é fundamental conhecer os fatores biológicos e ambientais que provocam a deterioração pós-colheita nos vegetais (EMBRAPA, 2012).

Frutos de murici colhidos nos estádios verde e verde-amarelo e armazenados sob 6 e 12°C tiveram valores de acidez superiores àqueles frutos armazenados a 25°C (Figura 4B e 4E). Um ligeiro aumento nos teores de acidez foi observado para frutos verde acondicionados a 6 e 12°C (Figura 4B). Esse aumento coincidiu com o primeiro pico de CO₂ (Figura 7), indicando hidrólise do amido e modificações na parede celular (GÕNI, 2010), contribuindo no aumento da taxa respiratória. Frutos verdes armazenados na temperatura de 25°C tiveram ligeiro incremento nos valores de acidez (Figura 4B), como provável resposta a processos fermentativos, visto que a velocidade das reações que envolvem os processos bioquímicos se altera com o aumento da temperatura.

Os teores de acidez em frutos colhidos no estágio verde-amarelo foram cerca de 50, 25 e 35% superiores àqueles colhidos em estágio verde e acondicionados nas temperaturas de 6, 12 e 25°C, respectivamente (Figura 4E). Esses teores se mantiveram

praticamente constante durante o período de armazenamento, indicando recomposição dos ácidos orgânicos utilizados pelo metabolismo dos frutos. Já frutos colhidos em estágio de maturação verde, observou-se redução nos níveis de acidez, como provável resposta a demanda por substrato para a manutenção da respiração decorrente do processo de amadurecimento dos frutos (Figura 4B), semelhante ao que foi observado em frutos de cajarana colhidos no estágio de maturação verde por Silva et al.,(2009) e também por Santos et al. (2013) trabalhando com diferentes cultivares de maracujá em diferentes estádios de maturação.

Os sólidos solúveis, independentemente do estágio de maturação e da temperatura de armazenamento, tiveram um ligeiro incremento inicial (Figura 4C e 4F). Possivelmente para suprir a biossíntese de açúcares solúveis ou a degradação de polissacarídeos. O aumento no teor de sólidos solúveis durante o armazenamento e amadurecimento ocorre principalmente pela hidrólise do amido acumulado durante o crescimento do fruto na planta (BRAZ et al., 2008; CHITARRA; CHITARRA, 2005). Para os frutos verdes mantidos a 6 °C ao final do armazenamento os sólidos solúveis aumentaram provavelmente em decorrência da desidratação que os frutos sofreram nessa temperatura, assim concentrando os sólidos solúveis. Segundo Chitarra e Chitarra (2005) o aumento nos sólidos solúveis é mais significativo em frutos verdes, porque esses ainda não teriam convertido o amido em açúcar.

O teor de sólidos solúveis é utilizado como medida indireta do teor de açúcares, uma vez que aumenta de valor à medida que esses teores vão se acumulando na fruta. A sua determinação não representa os teores exatos dos açúcares, pois outras substâncias também se encontram dissolvidas na seiva vacuolar (vitaminas, fenólicos, pectinas, ácidos orgânicos, etc.), no entanto, entre essas, os açúcares são as mais representativas, chegando a constituir até 85%-90% dos sólidos solúveis (SS). Os teores são muito variados com espécies, cultivares, estádios de maturação e clima. Em frutos de butiá o aumento nos teores de sólidos solúveis foram observados durante armazenamento (AMARANTE; MEGGUER, 2008), em frutos de araçá esses teores permaneceram inalterados (DREHMER et al., 2007), enquanto em ameixa os teores de sólidos solúveis diminuem durante a pós-colheita (ARGENTA et al., 2003), Lima et al. (2010) encontraram valores de sólidos solúveis estáveis para frutos de goiaba cv. Paluma. Mariano et al. (2011) afirmaram

que o teor de sólidos solúveis tende a diminuir com o decorrer dos dias e com isso atuar negativamente na qualidade do produto. A redução nos teores de sólidos solúveis, observadas no presente estudo, é possivelmente decorrente da sua utilização como substrato respiratório e para a formação de ácidos orgânicos e compostos fenólicos.

Os teores de sólidos solúveis foram em média 10 e 20% superiores para frutos colhidos no estágio de maturação verde em relação ao estágio verde-amarelo e armazenados sob as temperaturas de 6 e 12°C, respectivamente (Figura 4C e 4F). Frutos verdes armazenados a 25°C tiveram ligeiro aumento no conteúdo de açúcares totais em relação as demais temperaturas (Figura 5A), provavelmente porque frutos verdes contêm maiores quantidades de amido, portanto esse aumento é sugestivo de hidrólise de amido para formação de açúcares, corroborando com o aumento de CO₂ observado através do pico respiratório (Estudo 2).

Os açúcares pertencem ao grupo de extrema importância no que se refere à qualidade do produto vegetal (RUFINO, 2004). Em frutos de murici colhidos nos estádios verde e verde-amarelo não foram observados efeito da temperatura sobre o conteúdo de açúcares solúveis, exceto para frutos verdes armazenados a 25°C (Figura 5A).

Nesse caso, o incremento no conteúdo de açúcares solúveis foi observado no segundo dia de armazenamento, provavelmente porque frutos imaturos contêm maiores quantidades de amido que são hidrolisados para a formação de açúcares, especialmente sob temperaturas elevadas. Ainda em frutos verdes armazenados a 25°C observou-se o incremento no conteúdo de açúcares redutores, no quarto dia de armazenamento, em resposta a utilização dos açúcares durante o armazenamento (Figura 5B).

Os açúcares redutores em frutos de murici armazenados a 6 e 12°C, independentemente do estágio de maturação, reduziram de forma gradativa no período inicial do armazenamento e tiveram ligeiro aumento ao final desse período (Figura 5B e 5D). O aumento observado para o conteúdo dos açúcares redutores pode ter sido ocasionado pela desidratação dos frutos, hidrólise do amido ou pela ativação da via glicolítica. Agostini (2009) trabalhando com jaboticaba constatou que o aumento nos açúcares redutores pode ser explicado pela perda de água dos frutos durante o armazenamento.

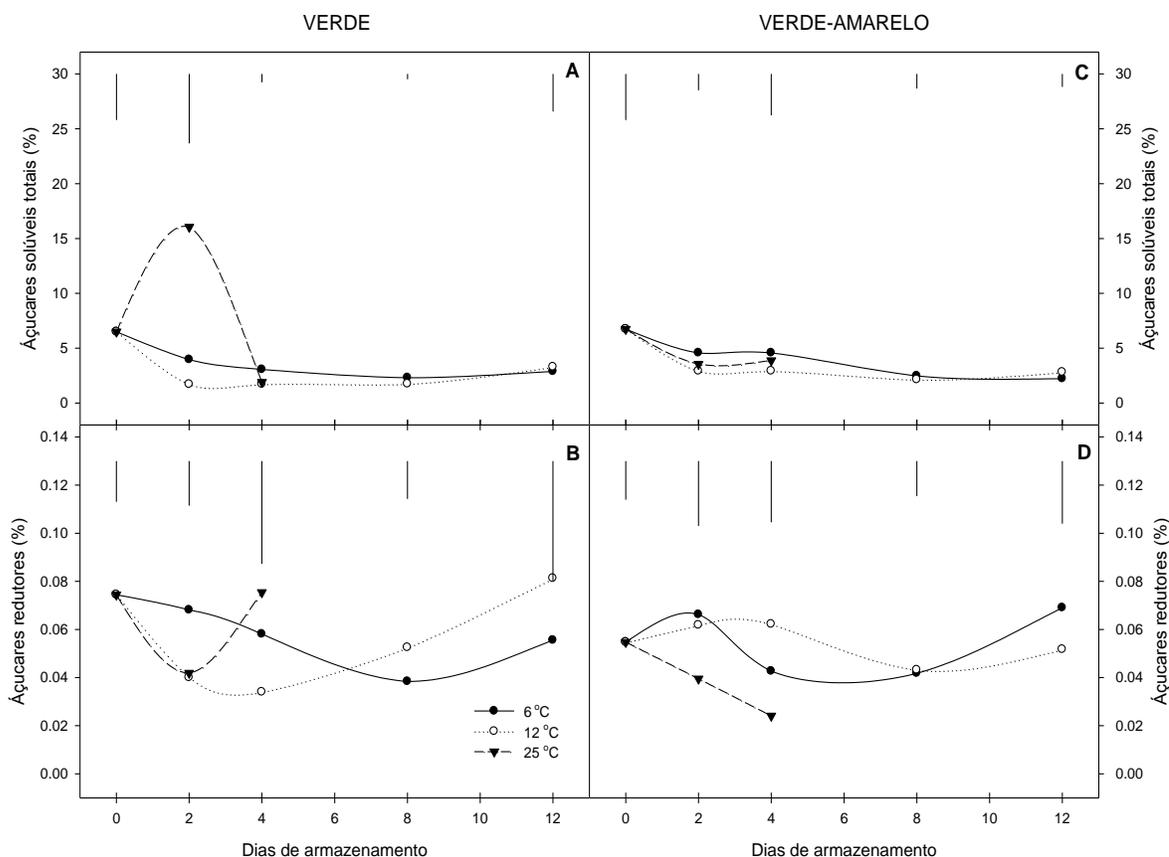


Figura 5. Porcentagem de açúcares solúveis (A e C) e açúcares redutores (B e E) em frutos de murici colhidos nos estádios de maturação verde e verde-amarelo e armazenados sob as temperaturas de 6°C, 12°C e 25°C. Diferenças mínimas significativas entre temperatura de armazenamento estão indicadas no interior da figura e foram calculadas pelo teste LSD ($p \leq 0,01$).

O estágio de maturação verde apresentou valores mais elevados de açúcares não redutores (Tabela 2) quando comparado com o estágio verde-amarelo. Para a temperatura de 6 °C não houve diferença entre os estádios de maturação. Para a temperatura de 12 °C houve diferença entre os estádios de maturação, em que o estágio verde permaneceu com 35,12% superior ao estágio verde-amarelo. Para os frutos mantidos a 25 °C o conteúdo de açúcares não redutores não diferiu entre os estádios de maturação. De acordo com Borsani et al., (2009), a maturação dos frutos inclui um complexo de reações bioquímicas, mudanças fisiológicas e estruturais, como a hidrólise do amido, a degradação da clorofila, a produção de carotenoides, antocianinas e substâncias de caráter fenólico, acumulação de açúcares e utilização dos mesmos contribuindo para modificações na cor, sabor, aroma e textura dos frutos.

Tabela 2. Porcentagem de açúcares não redutores em frutos de murici colhidos no estágio de maturação verde e verde-amarelo e armazenados em diferentes temperaturas.

Temperatura	Verde	Verde-amarelo
6°C	3.1914 ± 1.14 *	3.0468 ± 1.17
12°C	3.9974 ± 4.13	2.5935 ± 1.06
25°C	5.856 ± 6.22	5.446 ± 3.40

*Valores expressos com média ± erro padrão da média (n=24)

Os conteúdos de amido nos frutos de murici foram baixos (Tabela 3), tanto para os frutos no estágio verde quando para os frutos no estágio verde-amarelo, havendo diferença entre os estádios de maturação e também entre as temperaturas de armazenamento. A hidrólise de amido contribui na reposição e mobilização de energia requerida pela respiração. Os baixos níveis de amido e os níveis diminuídos de açúcares solúveis totais ao longo do armazenamento indicam que esses compostos estão sendo utilizados em processos anabólicos, por exemplo, respiração.

Tabela 3. Porcentagem de amido em frutos de murici colhidos no estágio de maturação verde e verde-amarelo e armazenados em diferentes temperaturas.

Temperatura	Verde	Verde-amarelo
6°C	0.0339 ± 0.020 *	0.0689 ± 0.046
12°C	0.0517 ± 0.035	0.0806 ± 0.032
25°C	0.0703 ± 0.057	0.0808 ± 0.069

*Valores expressos com média ± erro padrão da média (n=24)

Prill et al. (2012) observou em bananas ‘Prata-Anã’, fruto que possui grande quantidade de amido, redução nos teores de amido, pela conversão do mesmo em açúcar simples que posteriormente é utilizado como suplemento energético.

Os resultados encontrados para firmeza de polpa, acidez, sólidos solúveis e açúcares solúveis e açúcares redutores são corroborados com a perda de massa, pois o fruto

perdendo massa durante o armazenamento maximiza as demais características físico-químicas. Ao final do armazenamento, frutos de murici colhidos no estágio verde e verde-amarelo e armazenados a 6°C, perderam mais de 50% da sua massa inicial (Figura 6A e 6B). No entanto, a intensidade de perda foi mais notória para frutos em estágio de maturação verde, nesse caso inclusive os frutos acondicionados sob a temperatura de 12°C apresentaram elevada perda de massa (Figura 6A). Já na temperatura de 25°C não foram observadas perdas significativas, independente do estágio de maturação (Figura 6A e 6B).

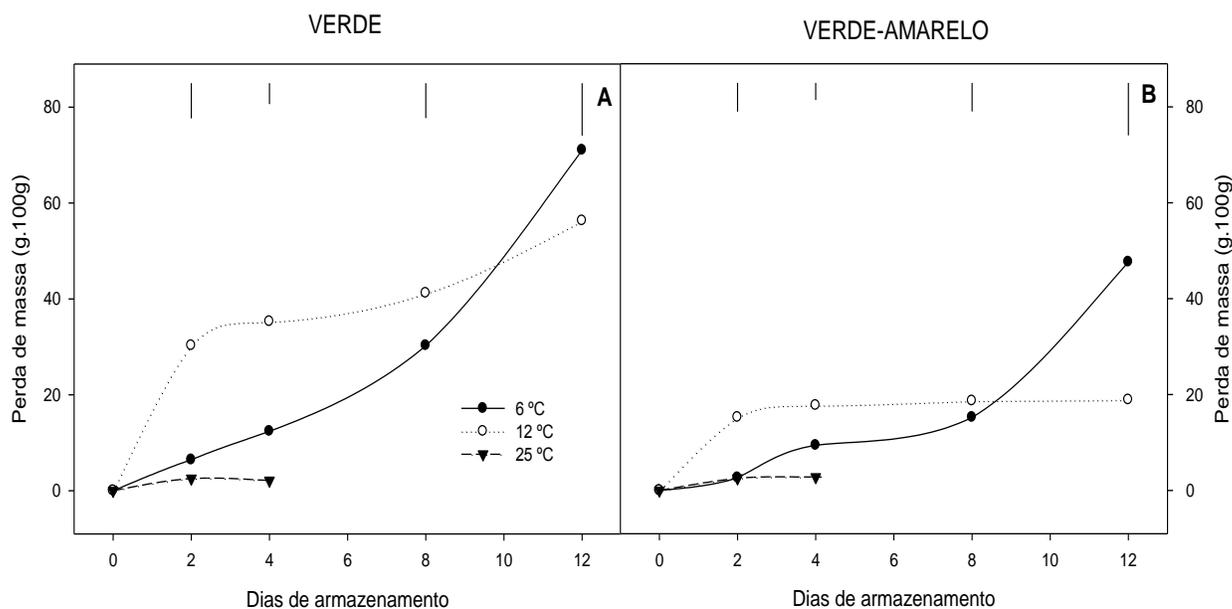


Figura 6. Perda de massa em frutos de murici colhidos nos estádios de maturação verde (A) e verde-amarelo (B) e armazenados sob as temperaturas de 6°C, 12°C e 25°C. Diferenças mínimas significativas entre temperatura de armazenamento estão indicadas no interior da figura e foram calculadas pelo teste LSD ($p \leq 0,01$).

A perda de massa se relaciona a perda de água, causa principal da deterioração, resultando não somente em perdas quantitativas, mas também na aparência com murchamento e enrugamento, nas qualidades texturais apresentando amaciamento, perda de frescura e suculência e por fim na qualidade nutricional (REES et al., 2012). Ao longo do armazenamento foram observados sintomas de enrugamento e murchamento nos frutos acondicionados sob as temperaturas de 6 °C e 12 °C. Além disso, o período de armazenamento e a temperatura na qual os frutos foram acondicionados influenciaram na

perda de massa dos frutos, visto que os processos de transpiração que os frutos sofrem é a causa principal da perda de massa (BRACKMANN et al., 2007).

As menores temperaturas propiciaram maior período de armazenamento com características organolépticas desejáveis, porém a acentuada perda de massa prejudicou o aspecto visual dos frutos gerando frutos de baixa qualidade a partir do oitavo dia de armazenamento.

Mariano et al. 2011 observou perda de massa com o avanço do período de armazenamento em frutos de goiaba, cv. Sassaoka, decorrente da perda de umidade e material de reserva pela transpiração e respiração dos frutos.

A transpiração se traduz na evaporação da água dos tecidos e os produtos hortícolas não podem repor água após a sua retirada da planta mãe, em que a perda de água do produto fresco leva a perda de massa e de turgescência, alterações na textura, que podem levar a rejeição do produto por parte do consumidor (RIBEIRO, 2013).

3.2 Estudo 2 – Respiração em frutos de murici

As taxas respiratórias em frutos de murici armazenados a 25°C foram cerca de três vezes superiores às observadas em frutos acondicionados a 12°C (Figura 7). Além disso, o pico respiratório ocorreu no segundo e décimo dia após a colheita para frutos mantidos a 25°C e 12°C, respectivamente (Figura 7). Nos frutos armazenados a 12°C, verificou-se decréscimo na atividade respiratória logo após a colheita em resposta a baixa temperatura. Assim como a redução na temperatura diminui a atividade respiratória em frutos, o aumento de 10°C na temperatura de armazenamento promove incrementos de duas a quatro vezes na taxa respiratória de frutos (BARBOSA et al., 2011), comportamento que pode ser evidenciado no presente estudo.

A velocidade e a intensidade da atividade respiratória estão diretamente relacionadas com a vida pós-colheita do produto vegetal, sendo que a atividade respiratória varia com a espécie, genótipo, tipo de cultivo, tipo de tecido e também com fatores externos, principalmente a temperatura (TUKADA, 2002; BARBOSA, et al., 2011; ESKIN; HOEHN, 2013). Comprovando que frutos de murici armazenados sob temperatura de 25°C tiveram reduzida vida pós-colheita em resposta a intensificação da atividade

metabólica, como a respiração. Neste sentido, a temperatura de armazenamento é o fator mais importante, não só do ponto de vista comercial, como também por controlar a senescência, uma vez que regula os processos decorrentes do metabolismo celular. Assim, técnicas que atuem na redução ou retardo da respiração promoverão maior preservação das características como aroma, sabor, textura, cor e demais atributos de qualidade.

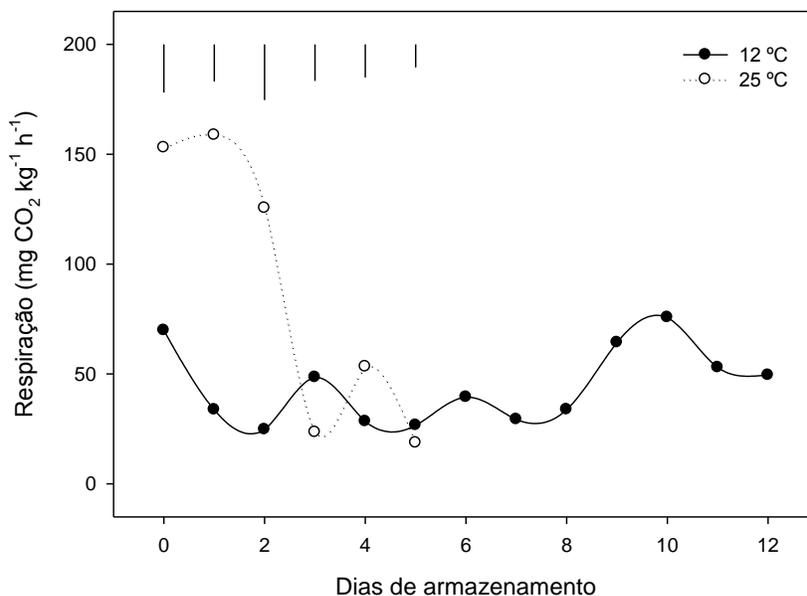


Figura 7. Respiração em frutos de murici armazenados sob as temperaturas de 12°C e 25°C. Diferenças mínimas significativas entre temperatura de armazenamento estão indicadas no interior da figura e foram calculadas pelo teste LSD ($p \leq 0,01$).

No processo de atividade respiratória ocorre a demanda por energia química proveniente de diferentes fontes, como sacarose, polímeros de glucose, frutanos e outros açúcares, lipídeos, ácidos orgânicos e, ocasionalmente proteínas. Dessa forma, a perda de massa está intimamente relacionada com a respiração celular, porque a origem da energia que o fruto precisa para manter o seu metabolismo vem da massa, que são os nutrientes constituintes do fruto. No presente estudo, não foram observadas diferenças significativas entre as temperaturas de armazenamento para a característica perda de massa (Figura 8). Provavelmente o processo respiratório exerceu maior influência sobre a perda de massa do que a temperatura de armazenamento.

A perda de massa em frutos armazenados a 12°C atingiu valores de cerca de 40 e 60% no 5º e 12º dia de armazenamento (Figura 8). De acordo com Chitarra e Chitarra, (2005) a perda de massa durante o armazenamento é atribuída a perda de umidade e do material de reserva pela transpiração e respiração, respectivamente. A transpiração dos frutos durante o processo de armazenamento também influenciou na perda de massa, segundo Maguire (2000) a perda de água dos frutos durante o período de armazenamento se deve principalmente à transpiração que está relacionada ao déficit de pressão entre os frutos e o ambiente em que se encontram armazenados.

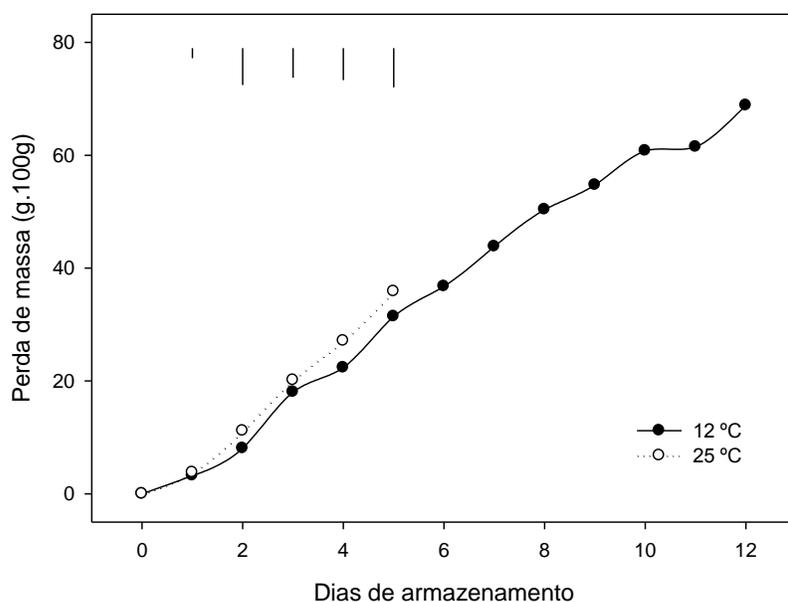


Figura 8. Perda de massa frutos de murici armazenados sob as temperaturas de 12°C e 25°C. Diferenças mínimas significativas entre temperatura de armazenamento estão indicadas no interior da figura e foram calculadas pelo teste LSD ($p \leq 0,01$).

Frutos de murici armazenados sob a temperatura de 12°C tiveram maior vida pós-colheita, porém, a perda de massa excessiva ao longo do armazenamento, provavelmente foi ocasionada pela baixa temperatura, que causou alta perda de água por transpiração e pela atividade respiratória dos frutos. Pinto et al. (2012) afirmaram que o aumento da perda de massa promove aumento na firmeza de polpa, sólidos solúveis totais e respiração, corroborando com os resultados encontrados no presente estudo.

A taxa respiratória dos frutos pode ser retardada através da diminuição da temperatura de armazenamento, mas frutas tropicais representam problema especial nesse aspecto sendo sensíveis à refrigeração (HANAMI et al., 2012).

4. CONCLUSÕES

Os frutos colhidos no estágio de maturação verde apresentaram os melhores atributos pós-colheita.

O armazenamento refrigerado, 12°C, reduziu as taxas respiratórias de frutos de murici e conseqüentemente permitiu melhor preservação da qualidade pós-colheita.

Frutos de murici armazenados a 25 e 12°C tiveram pico respiratório ao 4º e 10º dia de armazenamento, respectivamente.

O armazenamento refrigerado possibilitou aumento de oito dias no período de armazenamento de frutos de murici.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, J. R de.; SANTOS, C. D dos.; ABREU, C. M. P de.; PINHEIRO, A. C. M.; CORRÊA. Ripening of guava cv. Pedro Sato. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 32, n. 2, p. 344-350, Campinas, 2012.

AGOSTINI, J. da S.; CÂNDIDO, A. C. da S.; TEODÓSIO, T. K. C.; RODRIGUES, J. N.; GARCETE, G. J.; SCALON, S. de P. Q. Atmosfera modificada e condições de armazenamento nas características físico-químicas de jabuticaba da cultivar 'paulista'. **Ciência Rural**, v. 39, n. 9, p.2601-2608, Santa Maria, Dezembro 2009.

ALMEIDA, S. P.; PROENÇA, C. E. B.; SANO, S. M.; RIBEIRA, J. F. **Cerrados: espécies vegetais uteis**. Planalina: EMBRAPA-CPAC, 446p. 1998.

ALMEIDA, R. F de.; MARTINS, M. L. L.; RESENDE, E. D de; VITORAZI, L.; CARLOS, L de. A.; PINTO, L. K de. A. Influência da temperatura de refrigeração sobre as características químicas do mamão cv. 'Golden'. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 3, p. 577-581, Campinas, Julho 2006.

AMARANTE, C. V. T do.; MEGGUER, C. A.; Qualidade pós-colheita de butiá em função do estágio de maturação na colheita e do manejo da temperatura. **Ciência Rural**, v. 38, n. 1, p.46-53, Santa Maria, Jan-Fev, 2008.

ARGENTA, L. C.; KRAMES, J. G.; MEGGUER, C. A.; AMARANTE, C. V. T do.; MATTHEIS, J. Ripening and quality of 'Laetitia' plums following harvest and cold storage as affected by inhibition of ethylene action. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 10, p.1139-1148, 2003.

BARBOSA, L. das N.; CARCIOFI, B. A. M.; DANNENHAUER, E.; MONTEIRO, A. R. Influence of temperature on the respiration rate of minimally processed organic carrots (*Daucus carota* L. cv. Brasília). **Food Science and Technology**, v. 31, n. 1, Campinas, p. 78-85, Janeiro-Março 2011.

BECKLES, D. M. Factors affecting the postharvest soluble solids and sugar content of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 63, p. 129-140, January 2012.

BORSANI, J.; CO, B.; PORRINI, L.; LAUXMANN, M. A.; LOMBARDO, V. A.; MURRAY, R.; ANDREO, C. S.; DRINCOVICH, M. F.; LARA, M. V. Carbon metabolism of peach fruit after harvest: changes in enzymes involved in organic acid and sugar level modifications. **Journal of Experimental Botany**, v. 60, p. 1823-1837, 2009.

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

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

BULENS, I.; VAN DE POEL, B.; HERTOOG, M. L. A. T. M.; DE PROFT, M. P.; GEERAERD, A. H.; NICOLAI, B. M. Influence of harvest time and 1-MCP application on postharvest ripening and ethylene biosynthesis of 'Jonagold' apple. **Postharvest Biology and Technology**, v. 72, p. 11-19, Outubro 2012.

CALBO, A.G.; NERY, A.A. Medida da firmeza em hortaliças pela técnica de aplanção. **Horticultura brasileira**, Brasília, v.3, n.1, p.41-46, 1995.

CAMERON, K. M.; CHASE, M. W.; ANDERSON, W. R.; HILLS, H. G. Molecular systematic of Malphigiaceae: evidence from plastid *rbcL* and *matK* sequences. **American Journal of Botany**, v. 88, p. 1847-1862, 2001.

CASTRO, V.S.; LORENZZI, H. **Botânica sistemática**: guia ilustrado para identificação das famílias de Angiospermas da flora brasileira. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, p.354-357, 2005.

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**, v.31, n. 3, p. 687-692, Jaboticabal, Setembro 2009.

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

CRUZ, M. J. S.; CLEMENTE, E.; CRUZ, M. E. S.; MOURA, F.; COSSARO, L.; PELISSON, N. Efeitos dos compostos naturais bioativos na conservação pós-colheita de frutos de manga cv. Tommy Atkins. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 2, p. 428-433, 2010.

DAVIS, C. C.; ANDERSON, W. R.; DONOGHUE, M. J. Phylogeny of Malphiaceae: evidence from chloroplast ndhF and trnL-F nucleotide sequences. **American Journal of Botany**, v. 88, p. 1830-1846, 2001.

DREHMER, A. M. F.; AMARANTE, C. V. T. do. Conservação pós-colheita de frutos de araçá-vermelho em função do estágio de maturação e temperatura de armazenamento. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 2, p. 322-326, Jaboticabal, Junho, 2008.

DUBOIS, M.; GILLES, K. A.; HAMILTON, J. K.; REBERS, P. A.; SMITH, F. Colorimetric Method from Determination of Sugars and Related Substances. **Nature**, v. 28, n.3, p.350-356, 1956.

EMBRAPA HORTALIÇAS. Disponível em < [http:// www.cnph.embrapa.br](http://www.cnph.embrapa.br) > Acesso em: Dezembro 2012.

ESKIN, N. A. M.; HOEHN, E. **Biochemistry of Foods: Chapter 2 – Fruits and Vegetables**. 3. ed. San Diego, p. 49-126, 2013.

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

HANAMI, M. Z. N., ZAHRAH, M. S. H.; ZAIBUNNISA, A. H. Effect of chitosan-palm stearin edible coating on the post harvest life of star fruits (*Averrhoa carambola* L.) stored at room temperatures. **International Food Research Journal**, v. 19, n. 4, p. 1433-1438, 2012.

HORTENSTEINER, S.; KRAUTLER, B. Chlorophyll breakdown in higher plants. **Biochimica et Biophysica Acta**, v. 1807, p. 977-988, 2011.

JUDD, W. S.; CAMPBELL, C. S.; KELLOG, E. A. **Plant Systematics: a phylogenetic approach**. 2 ed. Sunderland: Sinauer Associates, 576p. 2002.

KLUGE, R. A. et al. **Fisiologia e manejo pós-colheita de frutas de clima temperado**. Pelotas: UFPEL, 2002.

LAREDO, G. Brasileiro da gema: O murici tem grande variedade de espécies e inúmeras utilidades, e seu fruto amarelo embeleza o cerrado. Disponível em <<http://revistagloborural.globo.com/>> Acesso em: Dezembro 2012.

LIMA, M. S.; PIRES, E. M. F.; MACIEL, M. I. S.; OLIVEIRA, V. A. Quality of minimally processed guava with different types of cut, sanitification and packing. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.30, n. 1, p. 79-87, Campinas, 2010.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras – Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa, SP, Editora Plantarum. 2002.

McCREADY, R. M.; GUGGOLZ, J.; WENS, H. S. Determination of starch and amylase in vegetables. **Analytical Chemistry**, v. 22, p. 1156-1158, 1950.

MARIANO, F. A. de C.; BOLIANI, A. C.; CORRÊA, L. de S.; MOREIRA, E. R. Vida-de-prateleira de goiabas, cv. Sassaoka, minimamente processadas e armazenadas em diferentes embalagens. **Revista Brasileira de Fruticultura**, volume especial, p. 384-391, Jaboticabal, Outubro, 2011.

MIGUEL, A. C. A.; DURIGAN, J. F.; MORGADO, C. M. A.; GOMES, R. F de. O. Injúria pelo frio na qualidade pós-colheita de mangas Cv. Palmer. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, SP, volume especial, p. 255-260, Outubro 2011.

MIGUEL, A. C. A.; DURIGAN, J. F.; BARBOSA, J. C.; MORGADO, C. M. A. Qualidade de mangas cv. Palmer após armazenamento sob baixas temperaturas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 2, p. 398-408, Jaboticabal, Junho, 2013.

MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical Chemistry**, v.32, n. 3, p.426-428, 1959.

- MOURA, F. T de. **Fisiologia da maturação e conservação pós-colheita de mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes)**. 2005, 159p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2005.
- NASSUR, R. de C. M. R. **Indicadores de qualidade em mangas durante o amadurecimento**. 2013, 87p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 2013.
- NUNES, E. E.; VILAS BOAS, E. V. B.; XISTO, A. L. R. P. Qualidade de mandioquinha-salsa minimamente processada: Uso de antioxidantes. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 2, n. 3, p. 1-8, 2011.
- PAULL, R. E. Chilling injury of crops tropical and subtropical origin. In: C. Y. Wang (ed) **Chilling Injury of Horticultural Crops**. CRC Press, Boca Raton FL, p. 17-36. 1990.
- PINTO, J. A. V.; BRACKMANN, A.; SCHORR, M. R. W.; VENTURINI, T. L.; THEWES. Indução de perda de massa na qualidade pós-colheita de pêsegos ‘Eragil’ em armazenamento refrigerado. **Ciência Rural**, v. 42, n. 6, p. 962-968, Santa Maria. Junho. 2012.
- PRILL, M. A. de S.; NEVES. L. C.; TOSIN, J. M.; CHAGAS, E. A. Atmosfera modificada e controle de etileno para bananas ‘Prata-Anã’ cultivadas na Amazônia setentrional brasileira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 4, p. 990-1003, Jaboticabal, Dezembro, 2012.
- REES, D.; FARRELL, G.; ORCHARD, J. **Crop Post-Harvest: Science and Technology and Perishables**. Wiley-Blackwell, 486p. 2012.
- RIBEIRO, J. E. L. da S.; HOPKINS, M. J. G.; VICENTINI, A. **Flora de Reserva Ducke: Guia de identificação das plantas vasculares de uma floresta de terra-firme na Amazônia Central**. Manaus: INPA, 816p. 1999.
- RIBEIRO, A. R. G. **Impacto da distribuição na qualidade de produtos hortofrutícolas frescos**. 2013, 76p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Alimentar) – Instituto Superior de Agronomia – Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2013.
- RIBEIRO, V. G.; ASSIS, J. S de.; SILVA, F. F.; SIQUEIRA, P. P. X.; VILARONGA, C. P. P. Armazenamento de goiabas ‘Paluma’ sob refrigeração e em condição ambiente, com

e sem tratamento com cera de carnaúba. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 27, n. 2, p. 203-206, Jaboticabal, Agosto 2005.

RUFINO, M. do S. M. **Qualidade e potencial de utilização de cajúis (*Anacardium spp.*) oriundos da vegetação litorânea do Piauí**. 2004, 92p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2004.

SANTOS, J. L. V. dos.; RESENDE, E. D. de.; MARTINS, D. R.; GRAVINA, G. de A.; CENCI, S. A.; MALDONADO, J. F. M. Determinação do ponto de colheita de diferentes cultivares de maracujá. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 7, p. 750-755, Campina Grande, 2013.

SILVA, L. R. da.; MEDEIROS, P. V. Q. de.; LEITE, G. A.; SILVA, K. J. P.; MENDONÇA, V.; SILVA, G. G. da. Caracterização do fruto de *Morinda citrifolia* L. (noni). **Revista Cubana de Plantas Medicinales**, v. 17, n. 1, p. 93-100, 2012.

SILVA, G.G.; MORAES, P.L.D.; ROCHA, R.H.C.; SANTOS, E.C.; SARMENTO, J.D.A. Caracterização do fruto da cajaraneira em diferentes estádios de maturação. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.11, n.2, p.159-163, 2009.

STEFFENS, C. A.; BRACKMANN, A.; PINTO, J. A. V.; EISERMANN, A. C. Taxa respiratória de frutas de clima temperado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 3, p. 313-321, Brasília, 2007.

TUKADA, S. M. **Desenvolvimento de um Sistema e Metodologia de Medição da Taxa de Adsorção de Etileno em Embalagens Plásticas Ativas**. 2002. 91 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

UENOJO, M.; MARÓSTICA JÚNIOR, M. R.; PASTORE, G. M. Carotenoides: propriedades, aplicações e biotransformações para a formação de compostos de aroma. **Química Nova**, v.30, n.3, p.616-622, 2007.

VINES, H.M.; EDWARDS, G.J.; GRIERSON, W. Citrus fruit respiration. **Handling and Processing Section**, 1965. Disponível:

[http://fshs.org/Proceedings/Password%20Protected/1965%20Vol.%2078/198-202%20\(VINES\).pdf](http://fshs.org/Proceedings/Password%20Protected/1965%20Vol.%2078/198-202%20(VINES).pdf).

WANG, B.; WANG, J.; LIANG, H.; YI, J.; ZHANG, J.; LIN, L.; WU, Y.; FENG, X.; CAO, J.; JIANG, W. Reduced chilling injury in mango fruit by 2,4-dichlorophenoxyacetic acid and the antioxidant response. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.48, n. 2, p. 172-181, 2008.

WELLBURN, A. R. The spectral determination of chlorophylls a and b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrometers of different resolution. **Journal of Plant Physiology**, v. 144, p. 307-313, 1994.

XISTO, A. L. R. P.; VILAS BOAS, E. V. B.; NUNES, E. E. Manutenção da qualidade microbiológica de melancia minimamente processada. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 3, n. 2, p. 15-20, 2012.

CONCLUSÃO GERAL

O analisador de gases no infravermelho (modelo S151, Qubit systems), mediante adaptações no sistema, foi eficiente na determinação das taxas respiratórias em pseudofrutos de morango.

O fluxo de 400 mL min⁻¹ forneceu melhores respostas de taxa respiratória em comparação aos fluxos de 200 e 300 mL min⁻¹. Por meio de testes prévios é possível determinar o melhor fluxo a ser utilizado em diversas medições, isso possibilita a economia de gás CO₂.

O fluxo de 200 mL min⁻¹ inibiu as taxas respiratórias em pseudofrutos de morango.

A temperatura é o principal fator envolvido nas taxas respiratórias, portanto, ajustes na temperatura durante as medições se fazem necessárias.

Os gráficos gerados pelo programa são importantes para prevenir qualquer tipo de vazamento que possa dificultar a medição.

Os frutos colhidos no estágio de maturação verde apresentaram os melhores atributos pós-colheita.

O armazenamento refrigerado reduziu as taxas respiratórias dos frutos de murici e conseqüentemente permitiu melhor preservação da qualidade pós-colheita, além de aumentar em oito dias o período de armazenamento dos frutos.