

OSDNÉIA PEREIRA LOPES

**CARACTERIZAÇÃO DO AMADURECIMENTO E USO DE INIBIDORES DO
ETILENO NA CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE MACAÚBA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de Doctor Scientiae.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2016

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

L864c
2016
Lopes, Osdnéia Pereira, 1986-
Caracterização do amadurecimento e uso de inibidores do etileno na conservação pós-colheita de macaúba / Osdnéia Pereira Lopes. – Viçosa, MG, 2016.
xiii, 68f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: José Antônio Saraiva Grossi.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.
Inclui bibliografia.

1. *Acrocomia Aculeata*. 2. Macaúba - Fisiologia pós-colheita. 3. Macaúba - Amadurecimento - Reguladores. 4. Etileno. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Fitotecnia. Programa de Pós-graduação em Fitotecnia. II. Título.

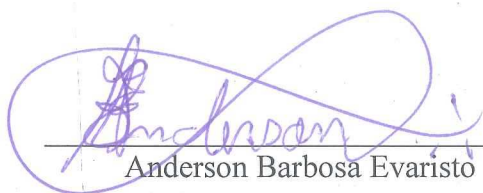
CDD 22. ed. 633.85

OSDNÉIA PEREIRA LOPES

**CARACTERIZAÇÃO DO AMADURECIMENTO E USO DE INIBIDORES DO
ETILENO NA CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE MACAÚBA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 26 de fevereiro de 2016.



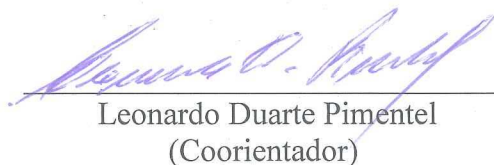
Anderson Barbosa Evaristo



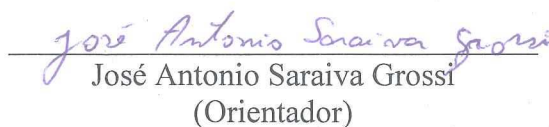
Paulo Cesar Correa



Sebastião Martins Filho



Leonardo Duarte Pimentel
(Coorientador)



José Antonio Saraiva Grossi
(Orientador)

A minha querida mãe por sonhar ao meu lado.

Aos meus irmãos pela torcida.

A minha avó Maria pelas orações.

Ao meu noivo pelo amor.

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

À Deus por fazer maravilhas em minha vida e por me proporcionar esta oportunidade.

À minha amada Família por acreditar em mim e esta sempre ao meu lado, em especial minha Mãe Gerusa e minha Vozinha Maria, que sempre me incentivaram a seguir meus sonhos.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV) e ao Departamento de Fitotecnia (DFT), pela oportunidade.

À Petrobras, pelos recursos financeiros.

Ao professor José Antonio Saraiva Grossi, pela oportunidade, orientação, confiança e amizade.

Ao professor Leonardo Duarte Pimentel, pela constante ajuda em todos os momentos e também pela amizade.

Ao professor Sebastião Martins Filho, por me auxiliar em meus dados e pela presteza.

A Naomi pelas ótimas ideias e sugestões me auxiliando nessa caminhada.

Aos amigos do Laboratório de pós-colheita de Macaúba, Samuel, Anderson, Adalvan, Tila, Gutierrez e Larissa pelos agradáveis momentos proporcionados e pelo aprendizado compartilhado.

Aos amigos do REMAPE, Sebastian, Manuela, Thaís, Ana Paula, Rafael, Patrícia, Fekadu, pela amizade e muitos momentos compartilhados.

Aos técnicos Elimárcio e Edmar, pelo trabalho prestado e pelo companheirismo.

Á todos vocês os meus sinceros agradecimentos.

BIOGRAFIA

Osdnéia Pereira Lopes, filha de Maria Gerusa Pereira Lopes, nasceu em 25 de Dezembro de 1986 na cidade de Januária, MG. Ingressou no curso de Agronomia em 2005 na Universidade Estadual de Montes Claros onde colou grau em 23 de Julho de 2010. Em Agosto do mesmo ano iniciou o curso de mestrado em Produção Vegetal no Semiárido na mesma instituição atuando na linha de pesquisa de Pós-colheita e Fruticultura. Concluiu o mestrado em Março de 2012 e no mesmo mês e ano ingressou no Doutorado na Universidade Federal de Viçosa atuando na linha de pesquisa de Fisiologia e Manejo Pós-Colheita de Produtos Agrícolas.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	vii
RESUMO.....	x
ABSTRACT.....	xii
1 INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1 Macaúba.....	4
2.2 Ponto de colheita.....	6
2.3 Conservação pós-colheita.....	6
2.4 Inibidores do etileno.....	8
2.4.1 1-metilciclopropeno.....	8
2.4.2 Aminoetoxivinilglicina.....	8
3 OBJETIVOS.....	10
4 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	10
5 REFERÊNCIAS	11
CAPÍTULO 1 Caracterização do amadurecimento da macaúba para determinação do ponto ideal para a colheita.....	16
RESUMO.....	16
ABSTRACT.....	17
1 INTRODUÇÃO.....	18
2 MATERIAL E METODOS	19
2.1 Local de coleta e material vegetal.....	19
2.2 Avaliações.....	20
3 RESULTADOS	23
4 CONCLUSÃO	29
2 REFERÊNCIAS	30
CAPÍTULO 2 Uso de inibidores do etileno na conservação pós-colheita da macaúba.....	32
RESUMO	32
ABSTRACT	33
1 INTRODUÇÃO	34
2 MATERIAL E MÉTODOS	36
2.1 Experimentos e avaliações.....	36
3 RESULTADOS	41

4 CONCLUSÃO	62
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	63
6 REFERÊNCIAS	64

LISTA DE FIGURAS

REVISÃO DE LITERATURA

FIGURA 1 – Palmeira Macaúba (A), Cachos na planta (B) e corte longitudinal do fruto.

FIGURA 2. Mecanismo de ligação do etileno em seu sítio receptor e ligação do 1-MCP no sítio receptor de etileno

FIGURA 3. Esquema da biossíntese do etileno, demonstrando o momento de inibição pelo Aminoetoxivinilglicina (AVG).

CAPÍTULO 1

Figura 1 Evolução do teor de sólidos solúveis totais e firmeza do mesocarpo dos frutos de macaúba ao longo dos dias após a antese.

Figura 2 Evolução do teor de sólidos solúveis totais e firmeza do mesocarpo dos frutos de macaúba ao longo dos dias após a antese.

Figura 3 Evolução do teor de sólidos solúveis totais e firmeza do mesocarpo dos frutos de macaúba ao longo dos dias após a antese.

Figura 4 Evolução do teor de sólidos solúveis totais e firmeza do mesocarpo dos frutos de macaúba ao longo dos dias após a antese.

CAPÍTULO 2

Figura 1. Sequencia da aplicação do 1-MCP: A) frutos nos baldes para receber o tratamento, B) 1-MCP inserido no fundo do balde e a colocação da água para ativação do gás, C) ventoinha posicionada para auxiliar na ventilação dos baldes, D) baldes fechados com o tampo de vidro, E) frutos recebendo os tratamentos nos baldes por 12 ou 24 horas, F) frutos armazenamento em caixas plásticas.

Figura 2 Aspecto visual dos frutos da macaúba submetidos a diferentes concentrações e tempos de exposição ao 1-MCP, após armazenamento durante 50 dias.

Figura 3 - a) Sólidos Solúveis Totais do mesocarpo da macaúba em função das concentrações de 1-MCP e do período de armazenamento. Concentrações de 0 nL.L⁻¹ , 1000 nL.L⁻¹ , 2000 nL.L⁻¹, 3000 nL.L⁻¹ e períodos de armazenamento de 10, 20, 30, 40, 50 dias. b) e c) Cortes da superfície de resposta.

Figura 4 - a) Acidez Total Titulável do mesocarpo da macaúba em função das concentrações de 1-MCP e do período de armazenamento. Concentrações de 0 nL.L⁻¹ ,

1000 nL.L⁻¹ , 2000 nL.L⁻¹ , 3000 nL.L¹ e períodos de armazenamento de 10, 20, 30, 40, 50 dias. b) e c) Cortes da superfície de resposta.

Figura 5 - a) Teor de Óleo do mesocarpo da macaúba em função das concentrações de 1-MCP e do período de armazenamento. Concentrações de 0 nL.L⁻¹ , 1000 nL.L⁻¹ , 2000 nL.L⁻¹ , 3000 nL.L¹ e períodos de armazenamento de 10, 20, 30, 40, 50 dias. b) e c) Cortes da superfície de resposta.

Figura 6 - a) Teor de Óleo da amêndoa da macaúba em função das concentrações de 1-MCP e do período de armazenamento. Concentrações de 0 nL.L⁻¹ , 1000 nL.L⁻¹ , 2000 nL.L⁻¹ , 3000 nL.L¹ e períodos de armazenamento de 10, 20, 30, 40, 50 dias. b) e c) Cortes da superfície de resposta.

Figura 7 - a) Acidez do óleo do mesocarpo da macaúba em função das concentrações de 1-MCP e do período de armazenamento. Concentrações de 0 nL.L⁻¹ , 1000 nL.L⁻¹ , 2000 nL.L⁻¹ , 3000 nL.L¹ e períodos de armazenamento de 10, 20, 30, 40, 50 dias. b) e c) Cortes da superfície de resposta.

Figura 8 Média da evolução de etileno e CO₂ ao longo do período de armazenamento dos frutos da Macaúba submetidos ao tratamento com 1-MCP.

Figura 9 - a) Sólidos solúveis totais do mesocarpo da macaúba em função do número de aplicações de 1-MCP e do período de armazenamento. Número de aplicações 1, 2, 3, 4 vezes e períodos de armazenamento de 10, 20, 30, 40, 50 dias. b) e c) Cortes da superfície de resposta.

Figura 10 - a) Firmeza do mesocarpo da macaúba em função do número de aplicações de 1-MCP e do período de armazenamento. Número de aplicações 1, 2, 3, 4 vezes e períodos de armazenamento de 10, 20, 30, 40, 50 dias. b) e c) Cortes da superfície de resposta.

Figura 11 - a) Teor de óleo do mesocarpo da macaúba em função do número de aplicações de 1-MCP e do período de armazenamento. Número de aplicações 1, 2, 3, 4 vezes e períodos de armazenamento de 10, 20, 30, 40, 50 dias. b) e c) Cortes da superfície de resposta.

Figura 12 - a) Acidez do óleo do mesocarpo da macaúba em função do número de aplicações de 1-MCP e do período de armazenamento. Número de aplicações 1, 2, 3, 4 vezes e períodos de armazenamento de 10, 20, 30, 40, 50 dias. b) e c) Cortes da superfície de resposta

Figura 13 Aspecto visual dos frutos já despulpados da macaúba submetidos a diferentes concentrações do AVG, após armazenamento durante 50 dias.

Figura 14 Firmeza e acidez do óleo do mesocarpo da Macaúba ao longo do período de armazenamento

Figura 15 Teor de óleo e Sólidos Solúveis totais do mesocarpo da Macaúba submetido a diferentes concentrações do AVG ao longo do período de armazenamento

Figura 16 Evolução de etileno dos frutos da macaúba submetidos à aplicação do AVG durante o armazenamento

RESUMO

LOPES, Osdnéia Pereira, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2016. **Caracterização do amadurecimento e uso de inibidores do etileno na conservação pós-colheita de macaúba.** Orientador: José Antônio Saraiva Grossi. Coorientador: Leonardo Duarte Pimentel.

Diversas matérias primas podem ser utilizadas para produção de biocombustíveis. O desafio é compatibilizar a produção de maneira sustentável na esfera econômica, social e ambiental. Neste sentido, a palmeira macaúba (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart.), apresenta-se como matéria prima promissora, devido a elevada produtividade de óleo por hectare e ampla adaptabilidade. Entretanto, até recentemente, a exploração econômica da macaúba se restringia ao extrativismo e pouco se conhece sobre o ponto de colheita de seus frutos, a fisiologia pós-colheita e a possibilidade de uso de inibidores de etileno visando à manutenção da qualidade do óleo em pós-colheita. Estas informações são imprescindíveis para viabilizar a produção e a exploração econômica desta matéria prima em larga escala. Assim, objetivou-se caracterizar o amadurecimento e determinar a melhor época de colheita para os frutos da macaúba (CAPÍTULO 1) e avaliar o uso de inibidores do etileno na conservação pós-colheita desses frutos (CAPÍTULO 2 Experimento1, 2, 3). No CAPÍTULO 1 foi estudado o processo de maturação natural dos frutos. Para isto, os frutos foram colhidos no cacho e avaliados dos 315 aos 415 dias após a antese. Como resultados, observou-se que o processo de maturação dos frutos da macaúba ocorre linearmente dos 315 aos 415 dias após a antese. Neste período ocorrem incrementos constantes nos teores de óleo, de açúcares e sólidos solúveis totais concomitantemente ao declínio nos teores de amido e na firmeza da polpa. Os frutos atingiram a maturidade fisiológica aos 400 dias após a antese, o que coincide com a queda natural dos frutos. Um método indireto de fácil mensuração ao nível de campo seria a firmeza da polpa, visto que esta variável está altamente correlaciona ao teor de óleo, isto é, quanto menor a firmeza da polpa (próximo de 30 N), mais avançado será o estágio de maturação do fruto e conseqüentemente maior será o teor de óleo. No CAPÍTULO 2 foi estudado o efeito de inibidores de etileno visando à conservação pós-colheita dos frutos. No experimento 1 foram estudadas doses e tempo de aplicação do 1-MCP na pós-colheita de frutos. Como resultados, observou-se que o 1-MCP retardou o processo de amadurecimento e senescência dos frutos da macaúba. O tempo de aplicação não influenciou nos resultados. A concentração de 3000 nL.L⁻¹, proporcionou maior controle do amadurecimento acelerado dos frutos. O 1-MCP reduz

o acúmulo natural do óleo nos frutos. No Experimento 2 foi estudada a frequência de aplicação do 1-MCP em pós-colheita. Como resultados, verificou-se que o 1-MCP retardou o amadurecimento dos frutos da macaúba. O tratamento com 2 aplicações do 1-MCP proporcionou menores teores de °Brix, de óleo do mesocarpo e de acidez do óleo, indicando que a maturação do fruto foi retardada. No experimento 3 foi estudado o uso do AVG na pós colheita. Foi avaliado o teor de sólidos solúveis totais, firmeza do mesocarpo, teor de óleo e acidez do óleo. Como resultados, observou-se que o AVG retardou o amadurecimento dos frutos da macaúba. A maior concentração utilizada 4g/L foi mais eficiente mantendo o teor de óleo e os sólidos solúveis com menores índices. Os frutos não tratados com o AVG apresentaram maior produção de etileno. Conclui-se que os frutos da macaúba encontram-se maduros aos 400 dias após a antese e que os inibidores de etileno (1MCP e AVG) foram eficazes em retardar o processo de amadurecimento dos frutos da macaúba.

ABSTRACT

LOPES, Osdnéia Pereira, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2016. **Characterization of maturation and use of ethylene inhibitors in post-harvest conservation macaw palm fruits.** Advisor: José Antonio Saraiva Grossi. Co-Advisors: Leonardo Duarte Pimentel.

Various raw materials may be used for biofuel production. The challenge is to match the production sustainably in the economic, social and environmental sphere. In this sense, the palm macaúba (*Acrocomia aculeata*), is presented as promising raw material, due to high oil yield per hectare and wide adaptability. However, until recently, the economic exploitation of macaúba was restricted to the extraction and little is known about the point of harvest its fruits, postharvest physiology and the possibility of using ethylene inhibitors in order to maintain oil quality in post -harvest. This information is essential to enable the production and the economic exploitation of this raw material in large scale. The objective was to characterize the maturity and determine the best time to harvest the fruits of macaúba (Chapter 1) and to evaluate the use of ethylene inhibitors in post-harvest conservation of these fruits (Chapter 2, Experiments 1, 2, 3). In Chapter 1, we studied the natural ripening of the fruit. For this, the fruits were assessed from 315 to 415 days after flowering, collected in the bunch. As a result, the process of ripening of the macaúba occurs linearly from 315 to 415 days after flowering. In this period there are constant increases in oil content, sugars and soluble solids concurrently with the decline in starch content and firmness. It is considered that the fruit reached physiological maturity to 400 days after flowering, since it coincides with the natural fruit drop. An indirect method of easy measurement at field level would be the firmness, as this variable is highly correlated to the oil content, that is, the lower the firmness (close to 30 N), the most advanced is the stage fruit ripening and hence higher oil content. In Chapter 2 we studied the effect of ethylene inhibitors targeting the fruit post-harvest conservation. In experiment 1 doses and time of application of 1-MCP on postharvest fruit were studied. As a result, it was found that 1-MCP delayed the process of maturation and senescence of fruit macaúba. The application time did not influence the results. The concentration of 3000 nL.L⁻¹, provided greater control of the accelerated ripening of fruits. The 1-MCP reduces the natural accumulation of oil in the fruit. In Experiment 2 we studied the frequency of application of 1-MCP on postharvest. As a result, it was found that 1-MCP delayed fruit ripening macaúba. Treatment with two applications of 1-MCP provided lower levels of Brix, mesocarp of the oil and oil

acidity, indicating that was delayed fruit ripening. In experiment 3 was studied using AVG applied to the bunch in order to delay the harvest season and also the natural abscission of fruits. Were evaluated for total soluble solids, flesh firmness, oil content and oil acidity. As a result, it was observed that AVG delayed fruit ripening macaúba. The highest concentration used 4g / L was more efficient while maintaining the oil content and soluble solids with lower indices. The fruits not treated with AVG showed higher ethylene. It was concluded that ethylene inhibitors used in the experiments were effective in delaying the process of maturation and senescence of fruit macaúba

1 - INTRODUÇÃO GERAL

A escolha da matéria prima vegetal é um dos principais pontos para a produção de biodiesel. O sucesso dessa atividade é dependente de diversos fatores, como: o percentual de óleo e a produtividade por área; a maximização do balanço energético entre a energia consumida no processo de produção e a energia disponibilizada pelo combustível produzido; o valor comercial relativo ao alto valor agregado de alguns tipos de óleo, podendo impactar nos preços finais do biodiesel; a vocação agrícola de cada região, identificando a maior disponibilidade e menor custo de matéria prima dentro da ampla diversidade de oleaginosas, que permita flexibilidade de produção; baixo custo de produção e alta escala que pode levar a priorizar óleos ou gorduras residuais em relação a óleos refinados ou reciclados; a manutenção da produção de alimentos, priorizando a produção do biodiesel a partir de matérias-primas não alimentares (QUINTELLA et al., 2009).

Os biocombustíveis derivados de biomassa surgem como alternativa energética e dentre as fontes de biomassa prontamente disponíveis para a produção de biodiesel, os óleos vegetais têm sido largamente utilizados nos programas de energia renovável (RAMOS et al., 2003). Além dos benefícios sociais, o uso da biomassa tem sido estimulado pela possibilidade de contribuir para os rendimentos, promovendo o desenvolvimento econômico de áreas rurais mais carentes (ROSEGRANT et al., 2008). Diversos tipos de matérias primas de origem vegetal podem ser utilizados como biocombustíveis.

Uma planta que vem despertando interesse para a produção de biocombustíveis é a palmeira macaúba (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart.). Esta Palmeira se destaca pela sua rusticidade e produtividade, constituindo-se numa promissora fonte de óleo vegetal para a indústria de combustíveis, cosmética e alimentícia. Além do óleo, o processamento dos frutos da macaúba gera coprodutos de grande valor agregado. Os farelos da polpa e da amêndoa podem ser usados na indústria alimentícia humana e animal e o endocarpo pode ser empregado na fabricação de carvão vegetal. (MOTOIKE, et al, 2013)

A macaúba é uma planta de porte arbóreo, monoestipada, monoica, com inflorescência em espádice. Em média, são emitidos cerca de quatro cachos por planta/ano (MANFIO et al, 2011). Os frutos da macaúba são compostos por: epicarpo (casca); mesocarpo (polpa carnosa); endocarpo e amêndoa ou semente. O epicarpo apresenta casca lenhosa e cerosidade externa. O mesocarpo é carnoso, fibroso,

descoloração amarelada e com alto teor de óleo. O endocarpo é escuro, rígido e possui elevado poder calorífico. A amêndoa, contida pelo endocarpo, apresenta alto teor proteico e lipídico e o óleo é rico em ácido láurico. Esses frutos são esféricos do tipo drupa globosa e de coloração marrom-amarelada quando maduros (HENDERSON et al., 1995). Segundo Coimbra e Jorge (2011), no óleo da polpa predominam ácidos graxos de cadeia longa, insaturados. Já no óleo da amêndoa, predominam ácidos graxos de cadeia curta em geral, saturados.

Atualmente a espécie ainda é explorada de forma extrativista. Porém, para fins industriais, faz-se necessária à implantação de cultivos racionais e a adoção de técnicas agronômicas adequadas para que todo o potencial da espécie seja de fato expresso (WANDECK & JUSTO, 1988). A produtividade pode ser elevada através de plantios racionais, programas de melhoramento e do desenvolvimento de técnicas agronômicas adequadas à cultura (LORENZI, 2006).

É comum encontrar cachos com frutos verdes, maduros e flores abertas numa mesma planta. Entretanto, similar ao que ocorre com o dendê (*Elaeis guineensis*), o acúmulo de óleo nos frutos se dá na fase final do período de maturação (MONTROYA, 2013). Considerando que o principal modelo de exploração econômico da macaúba ainda ocorre no âmbito do extrativismo, e que devido à baixa densidade de plantas nos maciços naturais, a colheita de frutos é realizada de forma inadequada, mesclando-se frutos recém-desprendidos com frutos já em deterioração. Os frutos que chegam à indústria não terão uma homogeneidade quanto à idade cronológica ou fisiológica, sendo impossível obter um óleo de boa qualidade neste sistema.

Assim, para viabilizar a produção de óleo de macaúba em grande escala e com melhor qualidade, é necessário partir de cultivos racionais. A cor da casca do fruto não é um bom indicador da maturação, uma vez que nos estágios iniciais o tamanho do fruto e a cor da casca já estão definidos, ao passo que o acúmulo de óleo (produto principal) ocorre nas fases finais do desenvolvimento. Os frutos colhidos antes de amadurecer apresentam baixo teor de óleo sendo interessante a sua colheita ser realizada quando os frutos estiverem com a sua maturação plena, porém ainda não se tem definido o ponto ideal de colheita para a macaúba, que garanta a qualidade dos seus frutos. Uma alternativa para essa determinação seria o conhecimento da idade dos frutos bem como a utilização de um parâmetro de fácil utilização no campo.

Desta forma é necessário se conhecer melhor o processo de amadurecimento do fruto bem como o ponto ideal para sua colheita, além de buscar por alternativas que aumentem a vida útil desses frutos. Diferentes métodos podem ser empregados com a

finalidade de diminuir a atividade metabólica e minimizar o processo de deterioração dos frutos, aumentando a vida pós-colheita do produto. Os métodos químicos atuam na fisiologia e controle de microrganismos deteriorantes através da utilização de compostos químicos específicos. Apesar do grande potencial, há poucas pesquisas sobre seu armazenamento o que pode tornar-se um gargalo para o cultivo racional e em grande escala. O uso de inibidores do etileno como o 1-Metilciclopropano (1-MCP) e a Aminoetoxivivilglicina (AVG) podem ser úteis na conservação pós-colheita da macaúba uma vez que competem com o etileno hormônio responsável pelo processo de amadurecimento dos frutos. (CHITARRA & CHITARRA, 2005). A eficácia desses inibidores já foram observados para outras culturas como relatados por Pinheiro et al., (2010), Asmar et al., (2010), Vieira et al., (2010), Gardin et al., (2012) e Hendges et al., (2015) ao trabalharem com o 1-MCP e Tavares et al, 2009; Steffens et al., 2006; Amarante et al, 2009; Ferri et a.l, 2002) ao trabalharem com AVG.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 MACAÛBA (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Martius)

A família *Palmae* (*Arecaceae*) é amplamente distribuída em regiões tropicais e subtropicais. É composta de 200 gêneros e 2.780 espécies (JUDD et al, 2009). O gênero *Acrocomia* é encontrado em toda a América tropical e subtropical, que vai da Califórnia (EUA) à Argentina e é composto por duas espécies principais: *Acrocomia aculeata* e *Acrocomia hassleri*, as quais diferem entre si pelo tamanho da planta (LORENZI, 2006).

A macaúba distribui-se ao longo da América tropical e subtropical desde o sul do México e Antilhas até o sul do Brasil, chegando ao Paraguai e Argentina, porém estando ausente no Equador e no Peru (HENDERSON et al., 1995). Esta espécie possui adaptabilidade às condições edafoclimáticas diversas, uma vez que são encontrados maciços naturais desta planta desde o estado do Pará (clima equatorial) até o Paraná (clima subtropical) (PIMENTEL, et al, 2011).

Esta palmeira se destaca pela rusticidade e produtividade, constituindo-se numa promissora fonte de óleo vegetal para a indústria de combustíveis, cosmética e alimentícia além da possibilidade de utilização em serviços ambientais como a recuperação de pastagens degradadas, plantios consorciados e sistemas agrossilvipastoris, proporcionando uma atividade com sustentabilidade econômica e ambiental (MOTOIKE, et al, 2013). É uma planta oleífera natural das Américas Central e do Sul, com maiores concentrações no Brasil. É uma planta arbórea, monoestipada que pode atingir 16m de altura (SCARIOT E LLERAS, 1991).

As inflorescências são compostas por flores amareladas unissexuais reunidas em espigas e protegidas por uma espata de até 2m de comprimento. As numerosas flores masculinas e femininas estão dispostas em partes distintas da mesma inflorescência. A inflorescência apresenta uma marcada protoginia, em que as flores femininas entram em antese antes das flores masculinas (SCARIOT E LLERAS, 1991). Em Minas Gerais, por exemplo, o pico de abertura das flores ocorre nos meses de novembro e dezembro, ao passo que o pico de queda de frutos ocorre em janeiro e fevereiro (CETEC, 1983).

Seu fruto é cilíndrico, tipo drupa e é constituído pela casca fibrosa (epicarpo), polpa oleaginosa (mesocarpo), endocarpo (lignificado) e amêndoa (oleaginosa). A polpa e amêndoa apresentam elevados teores de óleo, sendo que o óleo obtido em cada porção apresenta características bem distintas. Segundo Coimbra e Cardoso (2011), no óleo da

polpa predominam ácidos graxos de cadeia longa, insaturados. Já no óleo da amêndoa, predominam ácidos graxos de cadeia curta e média, em geral, saturados. Essa disponibilidade de diferentes tipos de óleos na macaúba é extremamente importante, pois em uma mesma planta industrial pode-se produzir biodiesel, a partir do óleo de polpa e bioquerosene, a partir do óleo da amêndoa.

O óleo extraído do mesocarpo, com alto teor de ácido oleico, é comparável ao azeite de oliva, enquanto que na amêndoa predomina o ácido linoleico, atendendo o setor de fármaco-cosméticos (HIANE et al., 2005; BERTON et al., 2014). Contudo, a predominância de ácidos graxos insaturados no óleo do mesocarpo (BORA & ROCHA 2004) o torna uma matéria prima de excelente qualidade para a produção de biodiesel (KUSDIANA & SAKA, 2001).



FIGURA 1 – Palmeira Macaúba (A), Cachos na planta (B) e corte longitudinal do fruto.

2.2 PONTO DE COLHEITA

O ponto de colheita é um dos principais parâmetros na qualidade do fruto, tanto para consumo “in natura” quanto para a indústria, podendo ser determinado em função de diferentes atributos relacionados a cada espécie de fruto (BALBINO, 2005). A colheita no estágio próprio de maturidade é primordial para obtenção de produtos de qualidade, sendo decisivo para o prolongamento da vida de prateleira ou em relação ao potencial de armazenamento (CHITARRA E CHITARRA, 2005). A composição física e química dos frutos durante a maturação está intrinsecamente relacionada com o ponto de colheita. As condições do fruto na época da colheita determinam seu comportamento e, conseqüentemente, sua qualidade final e valor na comercialização (BALBINO, 2005).

A indicação da maturidade do fruto para a colheita pode ser feita por meios físicos ou visuais, análises químicas, computação dos dias pós-florada e fatores fisiológicos. Esses índices compreendem medidas físicas ou químicas que sofrem mudanças perceptíveis ao longo da maturação da fruta, eles devem assegurar a obtenção de frutos de qualidade, além de um comportamento adequado durante o armazenamento (KLUGE et al.,2002). A forma mais segura para o estabelecimento correto do ponto ideal de colheita é o acompanhamento das fases de desenvolvimento e maturação dos frutos, com medições físicas e determinações de seus constituintes químicos.

2.3 CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA

Os frutos são considerados produtos perecíveis porque apresentam atividade metabólica elevada, após a colheita, conduzindo aos processos de deterioração. A manutenção de sua qualidade através de manuseio cuidadoso e da aplicação de tecnologias adequadas na cadeia de comercialização depende do conhecimento da estrutura, da fisiologia e das transformações metabólicas (aspectos físicos, físico-químicos, químicos e bioquímicos) que ocorre no seu ciclo vital (CHITARRA E CHITARRA, 2005).

A tecnologia pós-colheita tem o objetivo de manter os atributos de qualidade dos frutos pelo maior tempo possível (KADER, 1992). A vida útil pós-colheita de um fruto atinge o seu máximo potencial quando a qualidade inicial, por ocasião da colheita, é elevada, permitindo que o mesmo seja conservado em seu estado ótimo de maturidade (CHITARRA e CHITARRA, 2005). O conhecimento da fisiologia do amadurecimento se faz necessário para entender como esse fenômeno é regulado, possibilitando

manipulá-lo visando à manutenção da qualidade e a redução de perdas pós-colheita (BOAS, 2002; CAVALINI, 2008).

O amadurecimento de uma fruta consiste em um complexo processo genético programado, que culmina em mudanças na cor, textura, sabor e aroma. Baseado em seus padrões respiratórios, as frutas podem ser divididas em 2 grupos: os climatéricos, nos quais o amadurecimento ocorre acompanhado por um pico respiratório e concomitantemente aumento do etileno, e os não climatéricos, no qual não existe mudança na respiração e produção de etileno ou estes são em níveis muito baixos (LÓPEZ-GÓMEZ et al., 2009).

Malgarim et al. (2005) afirmaram que a refrigeração convencional é o método mais utilizado para o armazenamento de frutas. Tratamentos suplementares à refrigeração como uso de atmosfera modificada ou controlada, irradiação, tratamentos químicos, revestimentos comestíveis, ceras e biotecnologia e inibidores do etileno também são benefícios que controlam danos, reduzindo a perda de umidade, prevenindo as desordens fisiológicas e aumentando o período de vida útil dos vegetais (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

O hormônio responsável por desencadear todos os processos envolvidos com o amadurecimento de frutos é o etileno. A via de biossíntese do etileno foi descrita por Yang e Hoffman (1984). Segundo o modelo proposto, o aminoácido metionina é o precursor biológico do etileno em todas as plantas superiores, e é convertido a etileno pela via de biossíntese que compreende vários passos com reações enzimáticas. A Sadenosil-metionina (SAM), um dos produtos do ciclo de Yang, é convertida em ácido 1-carboxílico-1-aminociclopropano (ACC) pela ação da enzima ACC sintase. O ACC é então metabolizado pela enzima ACC-oxidase, por uma reação de oxidação que necessita de O₂ e ferro, e que é ativada pelo CO₂ para produzir.

O mecanismo de ação do etileno consiste na sua ligação a uma molécula receptora que, por meio de fosforilação e outros processos ainda não totalmente identificados, sinaliza para o núcleo regulando a formação de novos RNAs e novas proteínas. Estas modificações na expressão gênica acarretam mudanças nas respostas fisiológicas e bioquímicas no fruto (LELIEVRE et al., 1997).

2.4 INIBIDORES DO ETILENO

2.4.1 1-metilciclopropeno

O 1-metilciclopropeno (1-MCP) é um regulador vegetal patentado em 1996 e liberado em 1999 como “Ethyl Block para uso em plantas ornamentais. O 1-metilciclopropeno (1-MCP) é um pó solúvel, gerador de gás em contato com a água, cujas características são: inodoro, anticorrosivo e atóxico. Sisler et al. (2001) citam que esse composto é mais estável na fase gasosa do que na líquida, por isso deve ser aplicado sempre na forma gasosa, em doses extremamente baixas ($\text{ppm} = \mu\text{L.L}^{-1}$ ou $\text{ppb} = \eta\text{L.L}^{-1}$) e com rápida difusão pelos tecidos. Além disso, não há restrição ao seu uso em frutos e hortaliças destinados aos mercados norte-americano e europeu.

A maior parte da reação do 1-MCP pode ser revertida com etileno após um determinado período de tempo, a reversão acontece devido à reposição do etileno nos receptores ou a formação de novos receptores, liga-se ao sítio receptor do etileno na membrana celular, inibindo, assim, o seu estímulo fisiológico (ROHM AND HAAS COMPANY, 2000) (FIGURA 2). O bloqueio da ligação do etileno no sítio receptor ocorre porque o 1-MCP tem a habilidade de se ligar no mesmo sítio, de modo semelhante ao encaixe de uma chave na fechadura, isto é, não promove as respostas fisiológicas desencadeadas pelo etileno. O seu efeito protetor prolonga-se por um período e depois o tecido recupera sua sensibilidade ao etileno, amadurecendo normalmente (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

2.4.2 Aminoetoxivinilglicina

O Aminoetoxivinilglicina (AVG) é um potente inibidor da síntese do etileno em vários tecidos vegetais, retardando assim o processo de maturação (CHITARRA & CHITARRA, 2005). Inibe a conversão do S – adenosilmetionina (SAM) para ácido 1 aminociclopropano 1 carboxílico (ACC) agindo na enzima Acc sintase (YANG & HOFFMAN, 1984). (FIGURA 3)

A magnitude da eficiência do inibidor depende da aplicação, a qual deve ser realizada antes do início da síntese de ACC (CHITARRA & CHITARRA, 2005; TAIZ & ZEIGER, 2009). Vários trabalhos mostram essa eficiência do AVG (TAVARES et al, 2009; STEFFENS et al, 2006; AMARANTE et al, 2009; FERRI et al, 2002).

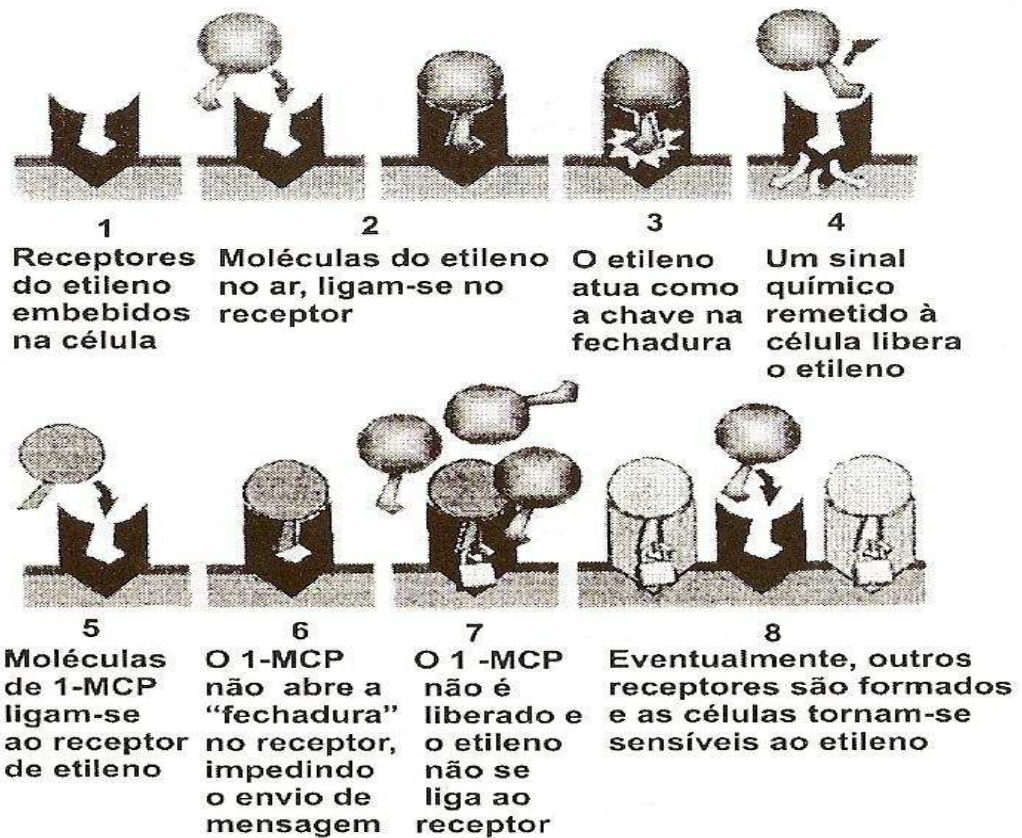


FIGURA 2. Mecanismo de ligação do etileno em seu sítio receptor e ligação do 1-MCP no sítio receptor de etileno (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

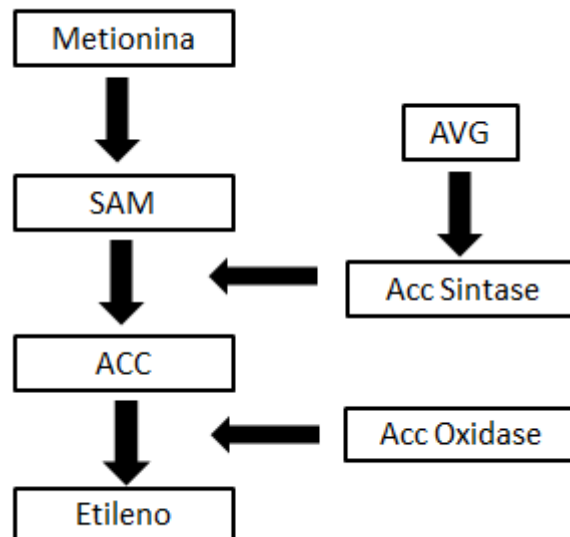


FIGURA 3. Esquema da biossíntese do etileno, demonstrando o momento de inibição pelo Aminoetoxivinilglicina (AVG) (YANG & HOFFMAN, 1984).

3 – OBJETIVOS GERAIS

O presente estudo teve como objetivos principais:

- I) A caracterização do amadurecimento do fruto da macaúba de forma a determinar a melhor época para a colheita.
- II) A verificação da eficácia de inibidores do etileno na conservação pós-colheita dos frutos.

4 - ESTRUTURA DA TESE

O presente trabalho foi dividido em 2 capítulos:

CAPÍTULO 1 - Caracterização do amadurecimento da macaúba para determinação do ponto ideal para a colheita

Este capítulo versa sobre a caracterização do amadurecimento dos frutos da macaúba e o estabelecimento do melhor período referente ao número de dias após a antese para colheita dos frutos

CAPÍTULO 2 – Uso de inibidores do etileno na conservação pós-colheita da macaúba

Este capítulo aborda a utilização dos inibidores do etileno o 1- metilciclopropeno (1-MCP) e Aminoetoxivinilglicina (AVG) na conservação pós-colheita dos frutos.

5- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARANTE, C. V. T & STEFFENS, C. A.. O tratamento pré-colheita com avg, aliado à absorção do etileno durante o armazenamento refrigerado, preserva a qualidade de maçãs 'gala'. **Revista brasileira de fruticultura**. Jaboticabal - SP, v. 31, n. 2, p. 334-342, Junho 2009.
- ASMAR, S. A; ABREU, C. M. P; LIMA, R. A. Z; CORRÊA, A. D; SANTOS, C. D. Firmeza de mamão tratado com 1-mcp em diferentes tempos de exposição. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 2, p. 440-444, mar./abr., 2010.
- BALBINO, J.M.S. **Manejo na colheita e pós-colheita do maracujá**. In: Costa, A.F.S.; Costa, A.N. Tecnologias para produção de maracujá. Vitória, ES: Incaper, 2005.
- BERTON, LHC. 2013. **Avaliação de populações naturais, estimativas de parâmetros genéticos e seleção de genótipos elite de macaúba (Acrocomia aculeata)**. Tese (Doutorado em Agricultura Tropical e Subtropical) – Instituto Agronômico de Campinas, Campinas – SP, 154p.
- BOAS, E. V. B. V. **Frutos climatéricos e não climatéricos: implicações na pós-colheita**. 2º Simpósio de controle de doenças de plantas. Lavras: UFLA 2002.
- BORA PS; ROCHA RVM.. Macaúba palm: fatty and amino acids composition of fruits. **Ciência Tecnologia Alimentos**. v. 4, p. 158-162, 2004.
- CAVALINI, F. C. **Fisiologia do amadurecimento, senescência e comportamento respiratório de goiabas 'Kumagai' e 'Pedro Sato'**. 2008. 90 p. (Tese de Doutorado). ESALQ/USP, Piracicaba.
- CETEC - FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS. Produção de combustíveis líquidos a partir de óleos vegetais: Estudo das oleaginosas nativas de Minas Gerais. **Relatório Final do Convênio STI- MIC/CETEC**, v. 1, 152 p., 1983.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. rev. e ampl. Lavras: UFLA, 2005.

COIMBRA, M. C.; JORGE, N. Characterization of the Pulp and Kernel Oils from *Syagrus oleracea*, *Syagrus romanzoffiana*, and *Acrocomia aculeata*. **Journal of FoodScience**, v. 76, n. 8, 2011.

FERRI, V. C; RINALDI, M. M; DANIELI, R; LUCHETTA, L; ROMBALDI, C. V. Controle da maturação de caquis 'fuyu', com uso de aminoethoxivinilglicina e ácido giberélico. **Revista brasileira de fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 2, p. 344-347, 2002.

GARDIN, J. P. P; ARGENTA, L. C; SOUZA, E. L; ROMBALDI, C. V; SOUZA, A. L. K. Qualidade de caqui 'rama forte' após armazenamento refrigerado, influenciada pelos tratamentos 1-mcp e/ou CO_2 . **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 34, n. 4, p. 1043 - 1050, Dezembro 2012.

HENDERSON, A.; GALEANO, G; BERNAL, R. Field guide to the palms of the Americas. **Princeton University Press**, 352 p., 1995.

HENDGES, M. V; STEFFENS, C. A; AMARANTE, C. V. T; ANTONIOLLI, L. R; BRACKMANN, A. Interação 1-MCP e dano mecânico na qualidade de maçãs 'Royal Gala' armazenadas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.10, n.2, p.218-223, 2015.

HIANE PA; RAMOS, F. M. M; RAMOS M.I.L; MACEDO M.L.R. Bocaiuva, *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd., pulp and kernel oils: Characterization and fatty acid composition. **Brazilian Journal of Food Technology**. 2005

KADER, A. A. Postharvest Biology and Technology: an Overview. In: (Ed.). **Postharvest Technology of Horticultural Crops**. Oakland: University of California 1992.

KLUGE, R. A; NACHTIGAL, J. C; BILHALVA, A. B. **Fisiologia e manejo pós-colheita de frutos de clima temperado**. 2.ed. Pelotas: UFPEL, 2002, 163 p.

KUSDIANA D, SAKA S. Methyl esterification of free fatty acids of rapeseed oil as treated in supercritical methanol. **J Chem Eng Jpn**. 2001

JUDD, W. S.; CAMPBELL, C. S.; KELLOGG, E. A.; et al. **Sistemática vegetal**: um enfoque filogenético (3ª Ed.). Porto Alegre: Artimed, 2009. 632p.

LELIÈVRE, J.M.; LATCHE, A.; JONES, B.; BOUZAYEN, M.; PECH, J.C. Ethylene and fruit ripening. **Physiology Plantarum, Toulouse Cedex**, v. 101, p. 727-739, 1997.

LÓPEZ-GÓMEZ, R.; CABRERA-PONCE, J.L.; SAUCEDO-ARIAS, L.J.; CARRETOMONTOYA, L.; VILLANUEVA-ARCE, R.; DÍAZ-PÉREZ, J.C.; GÓMEZ-LIM, M.A.; HERRERA-ESTRELLA, L. **Ripening in papaya fruit is altered by ACC oxidase cosuppression**. Transgenic Research, Morelia, v. 18, p. 89-97, 2009.

LORENZI, G. M. A. C. *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart. - Arecaceae: bases para o extrativismo sustentável. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 156p, 2006.

MALGARIM, M.B.; CANTILLANO, R.F.F.; TREPTOW, R.O.; SOUZA, E.L de; COUTINHO, E.F. Modificação da atmosfera na qualidade pós-colheita de ameixas cv. Reubennel. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 27, n. 3, p. 373- 378, 2005.

MANFIO, C. E.; MOTOIKE, S. Y.; SANTOS, C. E. M. DOS; PIMENTEL, L. D.; QUEIROZ, V. DE; SATO, A. Y. Repetibilidade em características biométricas do fruto de macaúba. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.41, n.1, p.70-76, jan, 2011.

MONTOYA, S. G. (2013). **Caracterização do desenvolvimento do fruto da palmeira macaúba**. Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa (UFV), de Pós-Graduação em Fitotecnia

MOTOIKE, S. Y; CARVALHO, M; PIMENTEL, L. D; KUKI, K. N; PAES, J. M. V; DIAS; H. C. T.; SATO, A.Y. **A cultura da Macaúba**: Implantação e Manejo de cultivos racionais. Viçosa MG. Ed. UFV, 2013.

PINHEIRO, A. C. M; VILAS BOAS, E. V. B; BOLINI,H. M. A. Prolongamento da vida pós-colheita de bananas-maçã submetidas ao 1-metilciclopropeno (1-MCP) –

qualidade sensorial e física. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, 30(1): 132-137, jan.-mar. 2010.

PIMENTEL, L. D.; DIAS, L. A. dos S.; PAES, J. M. V.; MOTOIKE, S. Y. Diversidade no gênero *Acrocomia* e proposta de subdivisão da espécie *Acrocomia aculeata*. **Informe Agropecuário**, v. 32, n. 265, p. 81-87, 2011.

QUINTELA, C. M.; TEIXEIRA, L. S. G.; KORN, M. G. A.; NETO, P. R. C.; TORRES, E. A.; CASTRO, M.; JESUS, C. A. C. Cadeia do biodiesel da bancada à indústria: uma visão geral com prospecção de tarefas e oportunidades para P&D&I. **Química Nova**, v. 32, n. 3, p. 793-808, 2009.

RAMOS, L. P.; KUCEK, K. T.; DOMINGOS, A. K. Biodiesel: Um projeto de sustentabilidade econômica e sócio-ambiental para o Brasil. **Revista Brasileira de Ciência & Desenvolvimento**. Edição nº31 – julho/dezembro, 2003.

ROHM AND HAAS COMPANY - 1 – Metilciclopropeno (1-MCP). 2000, 17 p. (Boletim Técnico)

ROSEGRANT, M. W; ZHU, T.; MSANGI, S. e SULSER, T. Global scenarios for biofuels: impacts and implications. **Review of Agricultural Economics**, v. 30, n. 3, p. 495–505, 2008.

SCARIOT A, LLERAS E, Hay JD. Reproductive biology of the palm *Acrocomia aculeata* in Central Brazil. **Biotropica**. 1991.

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

STEFFENS, C. A; GUARIENTI, A. J. W; STORCK, L; BRACKMANN, A. Maturação da maçã 'gala' com a aplicação pré-colheita de aminoetoxivinilglicina e ethephon. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.2, p.434-440, mar-abr, 2006.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. Ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

TAVARES, S; CAMARGO E CASTRO, P. R; KLUGE, R. A; JACOMINO, A. P; CATO, S. C;; AGUILA, J. S; JOMORI, M. L. J. Aplicação pós-colheita de aminoetoxivinilglicina em tangor 'murcott' sob armazenamento refrigerado. **Revista Iberoamericana de tecnología postcosecha**, 2009.

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

WANDECK, F. A; JUSTO, P. G. A **macaúba, fonte energética e insumo industrial: sua significação econômica no Brasil**. In: SIMPOSIO SOBRE O CERRADO, SAVANA, Brasília. EMBRAPA, CPAC, 1988.

CAPÍTULO 1

CARACTERIZAÇÃO DO AMADURECIMENTO DE FRUTOS DA MACAÚBA PARA DETERMINAÇÃO DO PONTO DE COLHEITA

RESUMO – A frutificação da macaúba pode durar mais de um ano. O tamanho do fruto e cor da casca não são bons indicadores do ponto de colheita, visto que nos estágios iniciais o tamanho do fruto e a cor da casca já estão definidos, ao passo que o acúmulo de óleo (produto principal) ocorre nas fases finais do desenvolvimento. Objetivou-se com este trabalho caracterizar a evolução do processo de maturação dos frutos, determinar o melhor estágio de maturação para colheita e identificar se existe correlação entre características de fácil mensuração ao nível de campo com o teor de óleo. Para isto, a maturação natural dos frutos foi estudada dos 315 aos 415 dias após a antese dos frutos, no cacho. Foram avaliados o teor de sólidos solúveis totais do mesocarpo, acidez total titulável do mesocarpo, firmeza do mesocarpo, teor do óleo do mesocarpo e da amêndoa, açúcares totais, açúcares redutores, açúcares não redutores e amido. Com o amadurecimento do fruto ocorre incrementos nos teores de óleo, sólidos solúveis totais, açúcares totais, redutores e não redutores e declínio da firmeza e do teor de amido. Nas condições do trabalho os frutos apresentaram-se maduros aos 400 dias após a antese. A partir daí iniciou-se a abscisão natural dos frutos devendo os mesmos serem colhidos até esta data. Foram observadas correlações significativas entre as características do fruto. Conclui-se que a firmeza do mesocarpo, característica de fácil mensuração no campo, pode ser utilizada como método indireto para determinar o ponto ideal de colheita.

Palavras Chaves: *Acrocomia aculeata*, maturação, acúmulo de óleo

CHARACTERIZATION MACAW PALM FRUIT RIPENING TO HARVEST POINT DETERMINATION

ABSTRACT - The fruiting macaw palm can last over a year. The fruit size and skin color are not good indicators of the harvest point, since in the early stages fruit size and color of the shell are already set, while oil accumulation (main product) is in the finish stages development. The objective of this study is to characterize the evolution of the fruit ripening process, determine the best ripening stage to harvest and identify whether there is a correlation between easily measured characteristics to the field level with the oil content. For this, the natural ripening of fruits was studied from 315 to 415 days after anthesis fruit in the bunch. They evaluated the solids content of the mesocarp soluble, titratable acidity of flesh, firmness of flesh, pith oil content and almond, total sugars, reducing sugars, non-reducing sugars and starch. With the fruit of maturation occurs increases in oil content, soluble solids, total sugars, reducing and non-reducing and decline of firmness and starch content. In working conditions the fruits showed up to mature 400 days after anthesis. From there it began the natural abscission of fruits and these should be harvested to date. Significant correlations between the fruit characteristics were observed. It follows that the firmness of mesocarp characteristic easily measured in the field, it can be used as an indirect method to determine the optimal harvest point.

Key Words: *Acrocomia aculeata*, maturation, oil accumulation

1 INTRODUÇÃO

A macaúba (*Acrocomia aculeata*) destaca-se entre as plantas oleaginosas promissoras para produção de biodiesel. Segundo Silva (1994), a macaúba tem possibilidade de se tornar comercialmente a palmeira oleaginosa mais importante no contexto brasileiro, destacando-se não só pelo seu potencial oleaginoso considerável, mas também por ser uma espécie nativa do Brasil, que ocorre em grandes maciços naturais em grande parte do território nacional.

A colheita e beneficiamento dos frutos de macaúba é um dos principais gargalos ao crescimento da cultura. Estas etapas são muito importantes para a definição da qualidade e rendimento. Entretanto, informações sobre ponto de colheita e formas adequadas de armazenagem dos frutos são escassas, o que contribui para perdas quantitativas e qualitativas nas indústrias do setor. A atividade respiratória e a produção de etileno, bem como as mudanças físicas e químicas durante o desenvolvimento dos frutos, são critérios importantes para determinar a maturidade e a qualidade de frutos (KLUGE, 2002). A exploração dos frutos da macaúba tem sido feita de forma extrativista, caracterizada pela baixa produtividade e má qualidade dos frutos (EVARISTO, 2015).

Essa ‘má qualidade dos frutos’ está relacionado, com a idade em que os frutos são colhidos e a inevitável contaminação por microrganismos, devido ao contato prolongado com o solo, assim esta má qualidade do fruto leva a má qualidade do óleo, inviabilizando a utilização final do mesmo, quer seja como biocombustível ou no consumo alimentício. No instante em que o órgão vegetal (fruto, que é parte comercial) é destacado da planta mãe, inicia-se o processo de senescência e deterioração (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

Este processo de deterioração resulta da combinação de fatores internos e externos aos órgãos vegetais. A temperatura e a umidade do ar são os fatores do meio mais importante na determinação da extensão da vida pós-colheita. A respiração e a produção de etileno dos produtos hortícolas são influenciadas pela temperatura e, quando ocorrem em taxas elevadas, na maioria dos casos, há redução do período de conservação dos frutos. Além disto, a temperatura e a umidade do ar interferem na infecção e no desenvolvimento de microrganismos fitopatogênicos e saprofíticos. Estes microrganismos são responsáveis por grande parte das perdas pós-colheita em produtos hortícolas (CHITARRA & CHITARRA, 2005), sendo os fungos responsáveis por cerca de 80 a 90% do total de perdas (GULLINO, 1994).

A indicação da maturidade do fruto para a colheita pode ser feita por meios físicos ou visuais, análises químicas, computação dos dias pós-florada e fatores fisiológicos. Esses índices compreendem medidas físicas ou químicas que sofrem mudanças perceptíveis ao longo da maturação da fruta, eles devem assegurar a obtenção de frutos de qualidade, além de um comportamento adequado durante o armazenamento (KLUGE et al.,2002).

Até o momento não se conhece o ponto de colheita apropriado para a macaúba, a cor da casca do fruto não é um bom indicador da maturação, pois nos estágios iniciais a cor da casca e o tamanho do fruto já estão definidos, entretanto o acúmulo de óleo (produto principal) ocorre nas fases finais do desenvolvimento do fruto (ALMEIDA, 2013; MONTOYA, 2013).

A utilização de parâmetros indiretos como a firmeza e o teor de sólidos solúveis pode ser uma alternativa para se determinar o ponto de colheita da macaúba. Para isso é necessário conhecer o comportamento do amadurecimento do fruto ao longo do período após a antese e escolher o melhor parâmetro a ser utilizado para a colheita. Este procedimento é importante para identificar a evolução do acúmulo de óleo nos frutos da macaúba e conseqüentemente identificar o ponto ideal de colheita. Segundo Chitarra & Chitarra (2005) a época de colheita pode ser estabelecida por meios visuais, seja pela utilização de índices com auxílio de equipamento simples, ou de medições físicas, para uma confirmação objetiva do estágio de maturação.

Objetivou-se com este trabalho caracterizar o amadurecimento dos frutos da macaúba visando determinar o melhor momento para a colheita dos frutos.

2 MATERIAL E METODOS

2.1 Local de coleta e material vegetal

Os frutos utilizados neste experimento foram provenientes da Fazenda São Miguel, no município de Piranga, Minas Gerais, Brasil, situado a 20° 39' 55" latitude sul, 43° 17' 58" longitude oeste e a 720 m de altitude. O clima da região segundo a classificação de Köppen-Geiger (1928) é subtropical úmido (Cwa). Os cachos foram previamente identificados quanto à abertura floral. A primeira coleta foi realizada aos 315 dias após a antese e estendidas até o 415° dia após a antese. Para isso, uma amostra de 10 frutos foi obtido no mesmo cacho em 9 épocas de colheita (315, 329, 345, 358, 372, 393, 400, 407, 415 dias após a antese). Os frutos foram coletados diretamente na planta e após cada colheita os frutos foram levados ao Laboratório de Pós-colheita de

Macaúba da Universidade Federal de Viçosa para as avaliações. O experimento foi conduzido no delineamento em blocos casualizados. Os frutos foram colhidos de 4 plantas, sendo um cacho por planta, dos quais foram retiradas as amostras ao longo do experimento. Assim, cada planta constituiu um bloco, no total de 4 blocos. O experimento foi conduzido com 9 tratamentos e 4 repetições: sendo 9 épocas de colheita (315, 329, 345, 358, 372, 393, 400, 407, 415 dias após a antese) e 10 frutos constituindo a unidade experimental.

2.2 Avaliações

a) Firmeza do mesocarpo: determinada a partir de força aplicada ao mesocarpo do fruto ainda inteiro com auxílio de um penetrômetro digital PDF 200 (Soil Control, Brasil) equipado com sonda cilíndrica de ponta plana de 8 mm . Após a remoção do epicarpo foram realizadas duas medições em posições opostas no diâmetro equatorial dos frutos, sendo o resultado, expresso em Newton (N) como a média das duas leituras.

b) Teor de sólidos solúveis totais do mesocarpo: medido a partir de uma alíquota de 10 gramas do mesocarpo fresco dissolvido em 90 ml de água destilada, com o auxílio de um refratômetro portátil modelo RT-30ATC, sendo os resultados expressos em °Brix.

c) Teor de óleo do mesocarpo e teor de óleo da amêndoa: Para determinação do teor de óleo utilizou-se a metodologia 032/IV adaptada (IAL, 2008). As amostras foram secas em estufa com circulação e renovação de ar a 65 °C por 24 h para retirada do excesso de umidade. Após este período as amostras foram trituradas e levadas novamente à estufa a 65 °C por mais 24 h a fim de remover a água remanescente. As amostras secas foram colocadas em cartucho de papel filtro e o óleo extraído em extrator de óleos e graxas do tipo Soxhlet (Marconi 044/8/50, Brasil), por meio do solvente orgânico n-hexano.

Durante o processo de extração, as amostras permaneceram mergulhadas no solvente por 2 h a 80 °C. Após este período procedeu-se a lavagem das amostras com o hexano acumulado no condensador do extrator, em temperatura de 110 °C, processo este repetido por seis vezes. Finalizando a extração, os cartuchos foram levados para estufa, com circulação e renovação de ar, a 65 °C por 24 h, a fim de evaporar o excesso de n-hexano na amostra. Em seguida, procedeu-se a pesagem dos cartuchos contendo a amostra em balança analítica. O teor de óleo foi calculado pela equação:

$$TO(\%) = \frac{P1 - P2}{P1 - P} \times 100$$

onde:

TO (%) = teor de óleo em porcentagem;

P = peso do cartucho em g;

P1 = peso do cartucho + amostra seca antes da extração do óleo em g;

P2 = peso do cartucho + amostra após a extração do óleo em g.

d) Preparo das amostras para análise de açúcar: Foram retirados 10 g de polpa de cada tratamento e transferidos para um béquer contendo 50 mL de álcool etílico 95% a 50 °C. A mistura foi deixada em repouso durante 12 horas. Após esse período, foi filtrada a mistura em papel-filtro e lavada com 60 mL de álcool etílico a 75%. O conteúdo filtrado foi submetido a análise de açúcar total e o resíduo retirado no papel filtro será utilizado para análise de amido (NELSON, 1994).

e) Determinação de açúcares totais: O conteúdo filtrado na etapa descrita acima, foi submetido à análise de açúcares totais por meio do método de Antrona. Para isso, foi evaporado todo o álcool contido no filtrado em banho-maria a 55°C. O resíduo obtido deve ser diluído em água destilada em um balão volumétrico com capacidade para 100 mL e posteriormente filtrado. Em seguida, fez-se a diluição do filtrado, e a amostra foi submetida à leitura em espectrofotômetro a 620 nm. A leitura no aparelho foi realizada com adição em um tubo de ensaio 27 mL do extrato diluído e 2 mL do reativo de Antrona (esse procedimento foi feito com os tubos de ensaio imersos em água gelada). Em seguida a mistura foi agitada com o auxílio de um vortex e levada à banho-maria fervente durante 8 minutos. Em seguida a amostra é resfriada em água gelada (DISCHE, 1962). Os resultados foram expressos em porcentagem.

f) Determinação de açúcares redutores: Foram retirados 10 g de polpa e colocados em um béquer com 5 mL de NAOH 0,5 N. Em seguida as amostras foram agitadas com bastão de vidro, sendo acrescentado 0,2 mL de ácido acético glacial concentrado. Em seguida, a solução foi neutralizada a pH 7,0 usando o ácido acético diluído e/ou NAOH 0,5 N. Posteriormente, a solução foi transferida para um balão volumétrico de 100 ml e completado o volume com água destilada e promovendo-se a agitação em vortex. Em seguida realizou-se a filtragem em papel filtro. Desse extrato foi retirados 2 mL e acrescentados 10 mL de água destilada em tubo de ensaio. Em cada tubo foi adicionado 1,2 mL de hidróxido de bário e 1,2 mL de sulfato de zinco, agitados em vortex, e colocados em repouso por 10 minutos. Em seguida, a solução foi

novamente filtrada. O extrato filtrado foi diluído em água destilada, de modo que a solução apresentasse volume final de 2 mL. Acrescentou-se 1 mL do reagente cúprico e agitado no vortex. A solução foi fervida por 20 minutos e resfriada em água gelada, adicionou-se 1 mL de arsênio-molibdico e 6 mL de água destilada, finalmente agitados, e processada a leitura no espectrofotômetro a 510 nm (NELSON, 1994). Os resultados foram expressos em porcentagem.

g) Açúcares não redutores: Os açúcares não redutores serão obtidos pela diferença dos açúcares totais e açúcares redutores. Os resultados serão expressos em porcentagem.

h) Amido: O resíduo no papel filtro foi transferido para um erlenmeyer de 250 mL, adicionando 80 mL de água destilada e 3 gotas de NAOH 10%. Em seguida a solução foi autoclavada à temperatura de 120 °C por um hora. Posteriormente foram acrescentados 2,5 mL de HCl concentrado e novamente procedeu-se a autoclavagem da solução a mesma temperatura por 30 minutos. Após o resfriamento, o pH da solução foi corrigido para 7, utilizando-se NAOH 5% ou ácido acético 50%. Em seguida, o extrato foi transferido para balão de 100 mL e completado o volume com água destilada. Novamente, procedeu-se a filtração em papel-filtro e desproteíno conforme segue: Em um tubo de ensaio acrescentou-se 2 mL do extrato neutralizado e filtrado, 10 mL de água destilada, 1,2 mL de hidróxido de bário 0,3 N e 1,2 mL de sulfato de zinco 5%. Para a leitura no espectrofotômetro, foi adicionados em tubo de ensaio 2 mL do extrato diluído acrescentando-se 1 mL do reagente cúprico, sendo agitados no vortex e levado ao banho-maria fervente durante 20 minutos; a seguir, resfriado em água gelada, acrescentou-se 1 mL do reagente arsênio-molibdico, 6 mL de água destilada e novamente agitados no vortex. A leitura foi realizada no espectrofotômetro a 510 nm. Os resultados serão expressos em porcentagem.

Os dados das características avaliadas foram submetidos às análises de variância e de regressão, utilizando-se o software Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas-SAEG versão 9.1, (SAEG, 2007).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve diferença significativa entre os dias após a antese para as variáveis estudadas neste experimento. Observaram-se incrementos nos teores de óleo e de sólidos solúveis totais, concomitantemente ao amolecimento da polpa (Figuras 1 e 2). Este comportamento sugere que o processo de maturação foi contínuo dos 315 aos 415 dias após a antese.

Ao atingir o estágio final de desenvolvimento/ crescimento, os frutos em geral, iniciam a fase de amadurecimento. Neste estágio, ocorre paulatinamente a redução da firmeza do mesocarpo. Este padrão foi observado nos frutos de macaúba, que apresentaram 30N de firmeza aos 415 dias após a antese. Este amaciamento do mesocarpo ocorre em função de aumento na atividade de enzimas como a poligalacturonase (PG) e a pectina metil esterase (PME) que atuam no processo de degradação da parede celular, o que leva ao aumento da maciez do tecido ou órgão. Em adição, em estádios mais avançados de armazenamento, a ação de fungos também contribui para a desestruturação do fruto (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

Durante o amadurecimento, a solubilização de pectatos coincide com o aumento no teor de outros sólidos solúveis totais, como observado também por Daiuto et al (2014) com abacate 'Fuerte' observando incrementos de sólidos solúveis ao longo do período experimental e por Silva et al (2010), ao trabalhar com maracujá amarelo avaliando-os ao longo dos dias após a antese. Os sólidos solúveis totais também aumentaram nos frutos da macaúba com o decorrer dos dias após a antese, atingindo 4,5 °Brix aos 415 dias. Desta forma, com a semelhança do observado em outros frutos carnosos, o estágio de amadurecimento dos frutos da macaúba apresenta íntima relação com o conteúdo de sólidos solúveis.

Os frutos de macaúba são reconhecidamente ricos em óleos quando maduros (CARGNIN et al., 2008). O Teor de óleo do mesocarpo e da amêndoa aumentou ao longo dos dias após a antese chegando a 54,9% e 52,7% respectivamente na última avaliação aos 415 dias (FIGURA 2). Isso mostra que o fruto acumula óleo durante o processo de amadurecimento. A conversão de reservas após a colheita é um fenômeno conhecido em frutos que apresentam padrão climatérico de respiração (CHITARRA e CHITARRA, 2005). Este comportamento de acúmulo de óleo também foi observado por alguns autores, porém em pós-colheita (MARTINS, 2013; GOULART, 2014; MONTOYA, 2014 e EVARISTO, 2015) ao trabalharem com a Macaúba.

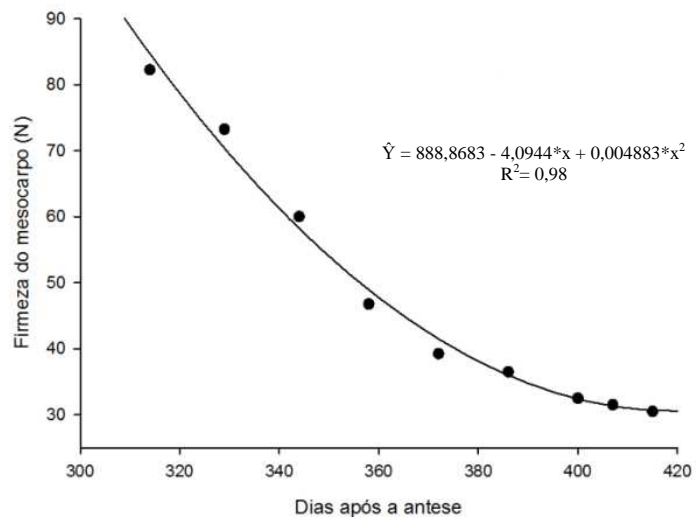
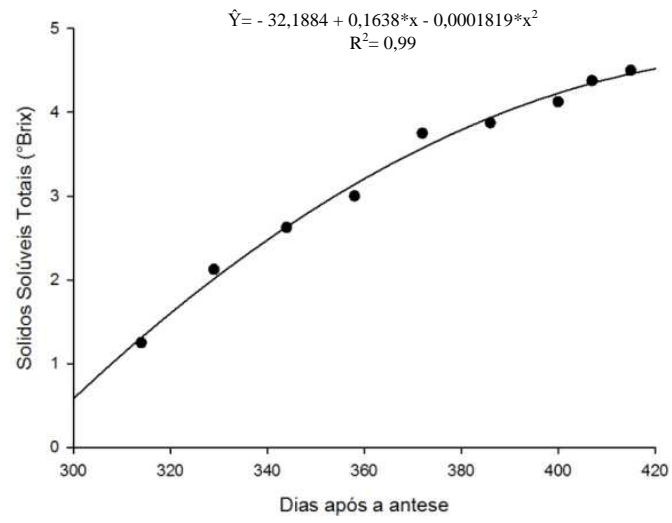


Figura 1 Evolução do teor de sólidos solúveis totais e firmeza do mesocarpo dos frutos de macaúba ao longo dos dias após a antese.

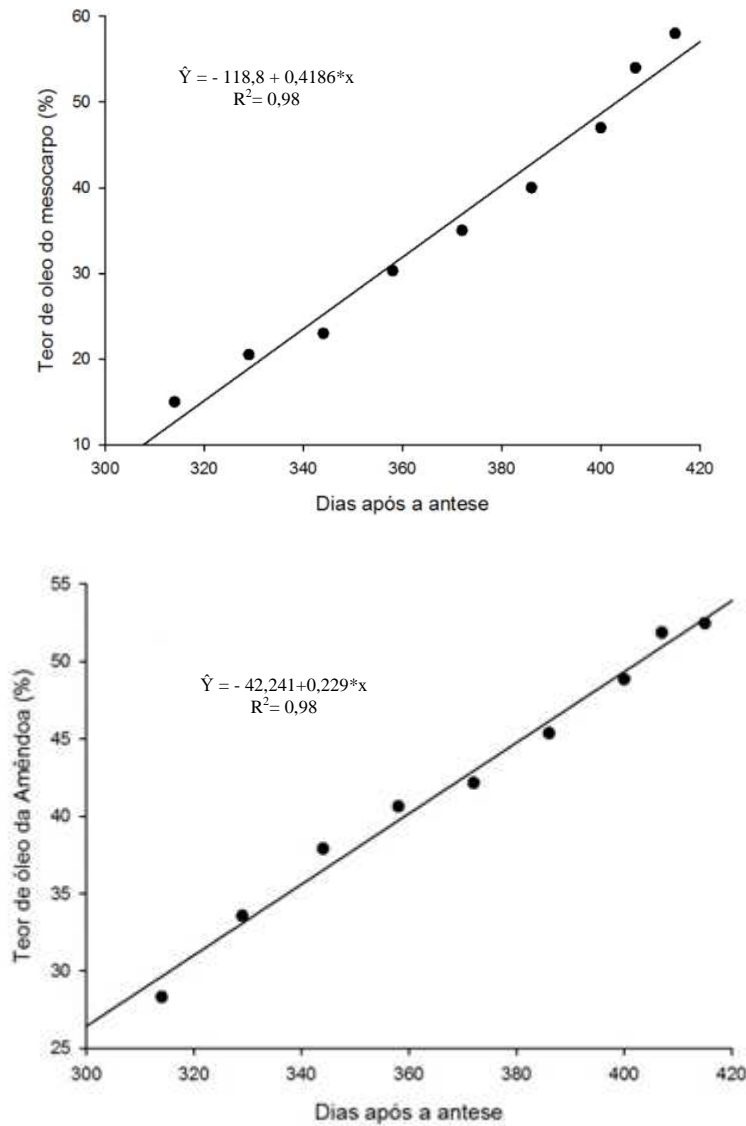


Figura 2 Evolução dos teores de óleo do mesocarpo e amêndoa dos frutos de macaúba ao longo dos dias após a antese.

Na figura 3 e 4 observa-se o teor de açúcar total, redutor, não redutor e amido ao longo dos dias após a antese. O teor de açúcar total do mesocarpo aumentou ao longo dos dias chegando a última avaliação com 9,61%. Segundo Chitarra e Chitarra (2005), os açúcares totais correspondem ao somatório de todos os açúcares solúveis (reduzores e não reduzores) presentes nos tecidos vegetais. O teor de açúcares usualmente aumenta com o amadurecimento dos frutos por meio de processos biossintéticos ou pela degradação de polissacarídeos.

Observou-se também aumento nos teores de açúcar redutor e açúcar não redutor ao longo dos dias após a antese (Figura 3 e 4) chegando ao final das avaliações (415

dias) com 3 % e 7,6 % respectivamente. Os açúcares redutores correspondem à glicose e frutose e os açúcares não redutores a sacarose. Segundo Nogueira (2005), a elevação dos teores de açúcares redutores é possivelmente decorrente da hidrólise do amido e da inversão de sacarose em glicose e frutose.

Os teores de amido diminuíram ao longo dos dias após antese chegando a 18% aos 415 dias (Figura 4). Dentre os polissacarídeos, o amido, representa o principal carboidrato de reserva na maioria dos produtos vegetais. Em alguns frutos climatéricos imaturos, ele se encontra em proporção elevada, sendo hidrolisado à glicose com a evolução do amadurecimento (CHITARRA e CHITARRA, 2005). A degradação do amido é uma das características mais marcantes durante o processo de amadurecimento de frutos climatéricos.

A síntese e o acúmulo de óleo nos tecidos de reserva está intimamente vinculado à disponibilidade de reservas na forma de polissacarídeos (FRANÇA et al, 1999). No caso dos frutos da macaúba é possível que o amido acumulado seja a matéria-prima necessária ao processo, uma vez que a redução no teor de amido coincidiu com o aumento no teor de óleo do mesocarpo, o qual atingiu um valor máximo de 54,9% aos 415 dias. Caso o intuito da colheita seja o armazenamento os frutos poderão ser colhidos antes desta data, pois o mesmo acumulará óleo por apresentar padrão climatérico (MARTINS, 2013; GOULART, 2014).

A partir dos dados de caracterização química dos frutos ao longo dos dias após a antese foi possível observar que houve incrementos significativos nos teores de óleo, açúcares totais, redutores e não redutores e sólidos solúveis totais até os 415 dias apresentando os frutos teores elevados nesta data. Simultaneamente, observou-se declínio da firmeza do mesocarpo e nos teores de amido. A partir dos 400 dias após a antese, iniciou-se a abscisão natural dos frutos, indicando que os frutos apresentavam-se maduros. Aos 415 dias a maioria dos frutos já apresentaram abscisão natural. Assim para que a colheita seja realizada visando colher os frutos com a sua melhor qualidade (altos incrementos e/ou decréscimos das características químicas) o mesmo deverá ser realizado os 400 dias após a antes, uma vez que nesta data o teor de óleo (produto principal) está com o teor elevado e onde iniciou-se a abscisão natural.

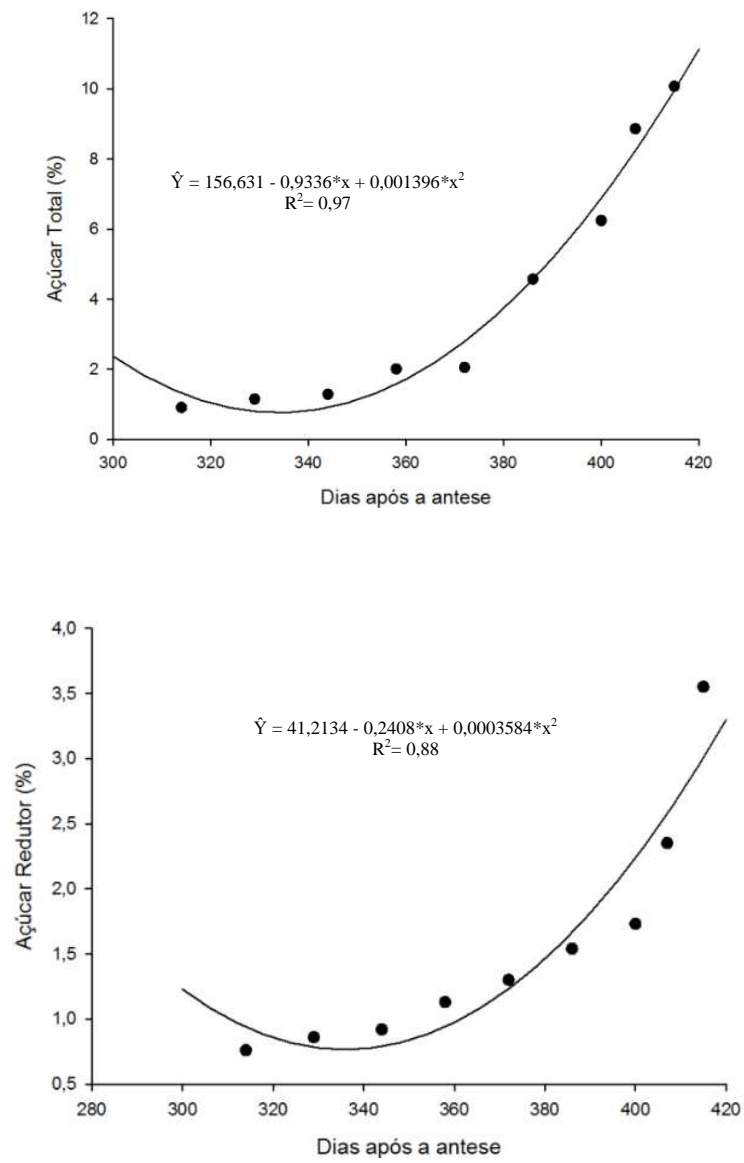


Figura 3 Evolução dos teores de açúcar total e açúcar redutor dos frutos de macaúba ao longo dos dias após a antese.

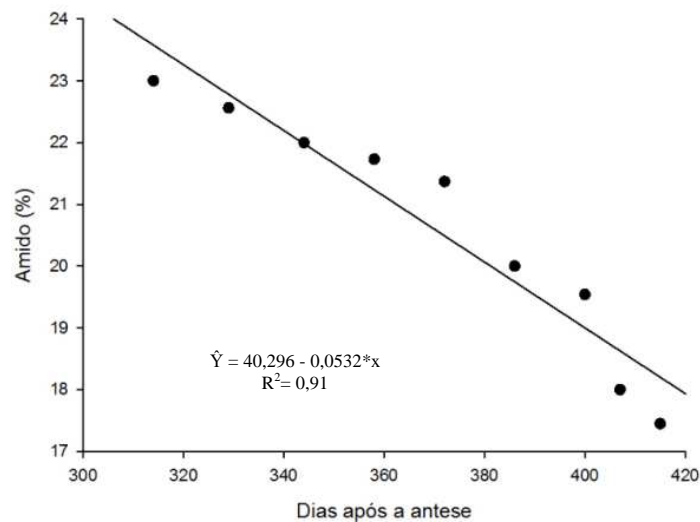
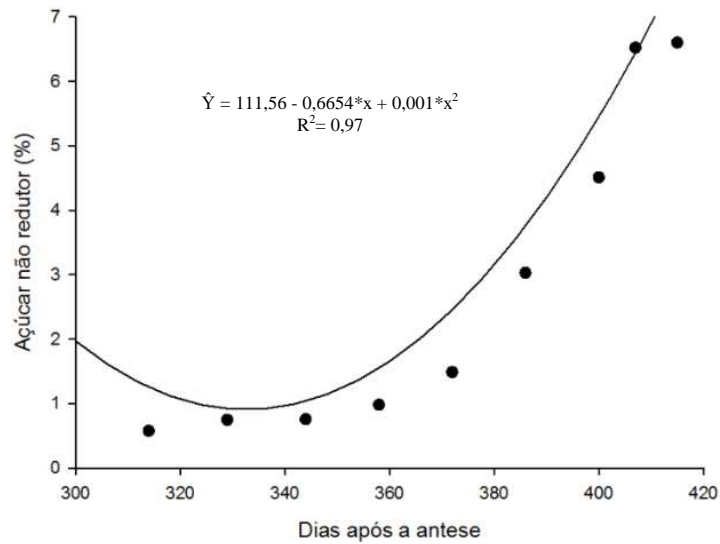


Figura 4 Evolução dos teores de açúcar não redutor e amido dos frutos de macaúba ao longo dos dias após a antese.

Na tabela 1 estão apresentadas as correlações de Pearson entre as variáveis avaliadas neste experimento. Observamos que todas as características se correlacionam significativamente entre si, algumas com correlações positivas e outras com correlações negativas. Verificaram-se correlações negativas entre firmeza do mesocarpo e as variáveis, teor de óleo do mesocarpo, açúcar total, açúcar redutor e açúcar não redutor e sólidos solúveis, portanto enquanto essas variáveis aumentaram a firmeza do mesocarpo diminuiu e correlações negativas entre amido e as variáveis, açúcar total, açúcar redutor e açúcar não redutor e teor de óleo do mesocarpo, assim, enquanto o teor de amido reduz os teores dos açúcares e de óleo aumentaram. Montoya, (2013) ao trabalhar com

os frutos da macaúba também observou que o acúmulo de óleo no mesocarpo esteve diretamente relacionado com a queda no teor de amido.

A firmeza do mesocarpo, sendo de fácil mensuração no campo e com correlação significativa com importantes características como os teores de óleo, indica que seria possível considerá-la como método indireto para estimar o ponto ideal de colheita. Os sólidos solúveis totais que é medido através de um refratômetro portátil poderiam ser considerados para estimar uma vez que possui correlação significativa com o teor de óleo. Porém como a polpa da macaúba não é fluida torna-se limitante essa análise em campo. Logo, sugere-se que a firmeza da polpa seja a característica de mais fácil mensuração visando indicar de maneira indireta o ponto de colheita dos frutos de macaúba.

Tabela 1: Coeficientes de correlações de Pearson das variáveis: Sólidos solúveis totais (SS), Firmeza (FIRM), Teor de óleo do mesocarpo (TOM), Amido (AMID), Açúcar Total (ACUT), Açúcar Redutor (ACUR), Açúcar não redutor (ACUN, avaliados em frutos de macaúba ao longo dos dias após a antese.

	FIRM	TOM	AMID	ACUT	ACUR	ACUN
SS	-0,99*	0,87*	-0,95*	0,82*	0,79*	0,83*
FIRM		-0,82*	0,93*	-0,77*	-0,73*	-0,77*
TOM			-0,85*	0,99*	0,94*	0,98*
AMID				-0,81*	-0,84*	-0,79*
ACUT					0,95*	0,99*
ACUR						0,92*

*Significativo a 5% de probabilidade

4 CONCLUSÕES

O processo de maturação dos frutos da macaúba ocorre progressivamente dos 315 aos 415 dias após a antese.

Os frutos atingiram a maturidade fisiológica aos 400 dias após a antese, visto que coincide com a queda natural dos frutos.

A firmeza da polpa (próximo de 30 N), está altamente correlacionada com o teor de óleo.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, F. H. L. (2014). **Desenvolvimento, acúmulo de óleo e armazenamento de coco macaúba**. Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Montes Claros (UNIMONTES), de Pós-Graduação em Produção Vegetal no Semiárido.

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

DAIUTO, E. R; FUMES, J.G.F; VIEITES, R.L; CARVALHO, L.R. Qualidade pós-colheita de abacate 'fuerte' submetido ao condicionamento hidrotérmico. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha** Vol 15(1):61-68, 2014.

DISCHE, Z. General color reactions. In: Whistler, R. L.; Wolfran, M. L. (Ed.) **Carbohydrates chemistry**. New York: Academic Press, 1962.

EVARISTO, A. B. (2015). **Conservação pós-colheita e potencial bioenergético de frutos de macaúba (Acrocomia aculeata)**. Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa (UFV), de Pós-Graduação em Fitotecnia.

FRANÇA, L. F.; REBER, G.; MEIRELES, A.; MACHADO, N.; BRUNNER, G. Supercritical extraction of carotenoids and lipids from buriti (*Mauritia flexuosa*), a fruit from the Amazon region. **Journal of Supercritical Fluids** 1999.

GARGNIN, A.; JUNQUEIRA, N. T. V.; FOGAÇA, C. M. **Potencial de macaubeira como fonte de matéria-prima para produção de biodiesel**. 16 p. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008.

GOULART, S. M. (2014). **Amadurecimento pós-colheita de frutos de macaúba e qualidade do óleo para a produção de biodiesel**. Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa (UFV), de Pós-Graduação em Fitotecnia.

GULLINO, M. L. Lotta biologica a funghi agenti di marciumi della frutta in postraccolta. **Informatore Fitopatologico**, 1994.

IAL. **Métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 4. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

KLUGE, R. A; NACHTIGAL, J. C; BILHALVA, A. B. **Fisiologia e manejo pós-colheita de frutos de clima temperado**. 2.ed. Pelotas: UFPEL, 2002, 163 p.

MARTINS, A. D. (2013). **Radiação gama e secagem na conservação da qualidade do óleo de frutos de Macaúba**. Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa (UFV), de Pós-Graduação em Fitotecnia.

MONTOYA, S. G. (2013). **Caracterização do desenvolvimento do fruto da palmeira macaúba**. Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa (UFV), de Pós-Graduação em Fitotecnia.

NELSON, N. A. Photometric adaptation of the Somogyi method for the determination of glucose. **Journal of Biological Chemistry**, Bethesda. 153: 375-380, 1994.

NOGUEIRA, E. A; MELO, N. T. C.; MAIA, M. L. Produção e comercialização de anonáceas em São Paulo e Brasil. **Informações Econômicas**, v. 35, n. 2, p. 51-54, 2005.

SILVA, J. C. Macaúba: fonte de matéria-prima para os setores alimentício, energético e industrial. Viçosa: CEDAF/ DEF/ UFV, **Material não publicado**, 41 p., 1994.

SILVA, T. V; LIMA, R. V; AZEVEDO, I. G; ROSA, R. C. C; SOUZA, M. S; OLIVEIRA, J. G. Determinação da maturidade fisiológica de frutos de maracujazeiro-amarelo colhidos na região norte do estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 32, n. 1, p. 057-066, Março 2010.

UFV. 1997. **SAEG**. Sistema de análises estatísticas e genética (Versão 5.0). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG.

CAPÍTULO 2

USO DE INIBIDORES DO ETILENO NA CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DA MACAÚBA

RESUMO – A macaúba (*Acrocomia aculeata*) apresenta frutificação concentrada na estação do verão, limitando a atividade industrial pela oferta sazonal de frutos. Neste sentido, é importante buscar alternativas que prolongue a vida útil dos frutos em pós-colheita. A utilização do 1-MCP e do AVG pode ser uma alternativa viável uma vez que estes produtos inibem a ação e a biossíntese do etileno, respectivamente, que é o hormônio responsável pelo processo de amadurecimento dos frutos. Objetivou-se com este trabalho estudar o efeito de inibidores de etileno visando aumentar a vida útil dos frutos. Para isso foi realizados 3 experimentos; No experimento 1 foram estudadas doses e tempo de aplicação do 1-MCP na pós-colheita dos frutos. Avaliou-se o teor de sólidos solúveis, firmeza do mesocarpo, teor de óleo, acidez do óleo e a evolução da produção de etileno e CO₂. Como resultados, observou-se que o 1-MCP retardou o processo de amadurecimento e senescência dos frutos da macaúba. O tempo de aplicação não influenciou nos resultados. A concentração de 3000 nL.L⁻¹, proporcionou maior controle da senescência dos frutos. No Experimento 2 foi estudada a frequência de aplicação do 1-MCP em pós-colheita dos frutos. Foram avaliados o teor de sólidos solúveis totais, firmeza do mesocarpo, teor de óleo e acidez do óleo. Como resultados, verificou-se que o 1-MCP retardou o amadurecimento dos frutos da Macaúba. O tratamento com 2 aplicações do 1-MCP proporcionou menores teores de °Brix, de óleo do mesocarpo e de acidez do óleo. No experimento 3 foi estudado o uso do AVG na pós colheita dos frutos. Foram avaliados o teor de sólidos solúveis totais, firmeza do mesocarpo, teor de óleo e acidez do óleo. Como resultados, observou-se que o AVG retardou o amadurecimento dos frutos da Macaúba. A maior concentração utilizada 4g/L se mostrou mais eficiente mantendo o teor de óleo e os sólidos solúveis com menores teores. Os frutos não tratados com o AVG apresentaram maior pico de etileno. Os inibidores de etileno utilizados nos experimentos foram eficazes em retardar o processo de amadurecimento e senescência dos frutos da Macaúba.

Palavras chaves: 1-MCP; *Acrocomia aculeata*; Inibidor do etileno; maturação de frutos.

ETHYLENE INHIBITORS OF THE USE OF CONSERVATION IN POST-HARVEST MACAW PALM

ABSTRACT - The macaw palm (*Acrocomia aculeata*) has concentrated fruit in the summer season, limiting industrial activity by the seasonal supply of fruit. In this sense, it is important to find ways to extend the life of fruit post-harvest. The use of 1-MCP and AVG may be a viable alternative since these products inhibit the action of ethylene biosynthesis and, respectively, which is the hormone responsible for fruit ripening process. The objective of this work was to study the effect of ethylene inhibitors to increase the shelf life of fruits. For this was carried out three experiments; In experiment 1 doses and 1-MCP application time in post-harvest of fruits were studied. We evaluated the soluble solids, flesh firmness, oil content, oil acidity and the development of production of ethylene and CO₂. As a result, it was observed that 1-MCP delayed the process of maturation and senescence of fruit macaw palm. The application time did not influence the results. The concentration of 3000 nL.L⁻¹, provided greater control of fruit senescence. In Experiment 2 we studied the frequency of application of 1-MCP in post-harvest fruit. They were evaluated for total soluble solids, flesh firmness, oil content and oil acidity. As a result, it was found that 1-MCP delayed fruit ripening macaw palm. Treatment with two applications of 1-MCP provided lower levels of Brix, mesocarp of the oil and oil acidity. In experiment 3 was studied using AVG in postharvest fruit. They were evaluated for total soluble solids, flesh firmness, oil content and oil acidity. As a result, it was observed that AVG delayed fruit ripening macaw palm. The highest concentration used 4g / L was more efficient while maintaining the oil content and the soluble solids with lower levels. The fruits not treated with AVG showed a higher peak of ethylene. Ethylene inhibitors used in the experiments were effective in slowing the process of ripening and senescence of the fruits of macaw palm.

Key words: 1-MCP; *Acrocomia aculeata*; ethylene inhibitor; fruit ripening.

1 INTRODUÇÃO

A macaúba [*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. Ex Mart.] se destaca como promissora fonte de óleo vegetal para indústria de combustíveis, cosmética e alimentícia (MOTOIKE, et al 2013), sendo a sua frutificação supra anual, com o acúmulo de óleo ocorrendo nas fases finais do desenvolvimento (MONTROYA, 2013). Assim, frutos colhidos precocemente apresentam baixo teor de óleo e baixo rendimento industrial. Por outro lado, frutos colhidos na maturação plena apresentam qualidade máxima de óleo (baixa acidez), porém, se deterioram rapidamente. Neste sentido, faz-se necessário buscar alternativas que aumente a vida útil desses frutos em pós-colheita, visando ampliar o período de armazenamento dos frutos com qualidade.

Perdas na quantidade e/ou na qualidade de produtos agrícolas ocorrem nas fases de produção, colheita, em pós-colheita e no transporte. Em pós-colheita, têm sido observadas perdas, cerca de um terço, em diversos produtos hortícolas, que variam de acordo com a espécie e o local (SIMSON, 2010). É comum o emprego de métodos com a finalidade de diminuir a atividade metabólica e minimizar o processo de deterioração dos frutos, aumentando a vida pós-colheita do produto, como resfriamento, secagem, atmosfera controlada e uso de compostos químicos que inibem ou competem com o etileno. Entretanto, a literatura é escassa com conservação de frutos da macaúba.

O 1-metilciclopropeno (1-MCP) é um regulador vegetal que foi patenteado em 1996 para uso em plantas ornamentais, e depois foi liberado para uso em alguns produtos comestíveis. O 1-MCP atua como inibidor competitivo do etileno, ligando-se irreversivelmente aos sítios receptores do etileno, impedindo sua ação (CHITARRA & CHITARRA, 2005). A concentração e o tempo de exposição dos frutos são fatores limitantes para uma boa resposta ao 1-MCP (BASSETTO et al., 2005). A concentração de 1-MCP necessária para bloquear a ação do etileno varia com a espécie, cultivar, estágio de maturação, a temperatura de exposição, a interação entre concentração e tempo de exposição e a produção de novos receptores do etileno (RUPASINGHE et al., 2000). Porém, esse composto é mais estável, e mais eficaz, quando aplicado na forma gasosa, em doses extremamente baixas ($\text{ppm} = \mu\text{L.L}^{-1}$ ou $\text{ppb} = \eta\text{L.L}^{-1}$), difundindo-se rapidamente pelos tecidos vegetais (SISLER et al. 2001).

A maior parte da reação do 1-MCP pode ser revertida com etileno após um determinado período de tempo. A reversão acontece devido à formação de novos receptores (ROHM and HAAS COMPANY, 2000). Portanto, a maior vantagem na

conservação pós-colheita está relacionada ao fato de que o efeito protetor do 1-MCP prolonga-se por um período definido após o qual o tecido recupera sua sensibilidade ao etileno, amadurecendo normalmente (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

Em contrapartida o Aminoetoxivinilglicina (AVG) é um potente inibidor da síntese do etileno em vários tecidos vegetais, e um dos principais compostos utilizado em pré-colheita para controle da maturação dos frutos (CHITARRA & CHITARRA, 2005). O AVG é um aminoácido não proteico, que inibe de forma competitiva e irreversível a ácido 1-carboxílico- 1-aminociclopropano sintase (ACC sintase) e diminui a quantidade de substrato para a oxidase do ACC, e, portanto, a taxa de conversão do ACC para etileno (ABELES et al., 1992), porém a magnitude da eficiência do inibidor depende da concentração utilizada. Segundo Chitarra e Chitarra (2005), sua aplicação em pulverizações pré-colheita evita a formação autocatalítica de etileno, a respiração climatérica, o amaciamento dos tecidos e retarda outros eventos relacionados ao amadurecimento, porém, sua eficiência diminui com o avanço da maturação, ou seja, quando o fruto já saiu do estágio pré-climatérico.

Vários trabalhos mostram a eficiência do AVG (TAVARES et al, 2009; STEFFENS et al, 2006; AMARANTE et al, 2009; FERRI et al, 2002).

Apesar da eficiência de uso de inibidores do etileno ser amplamente comprovada para frutos de varias espécie, é escassa a informação acerca do emprego de inibidores do etileno na conservação pós-colheita da macaúba. Portanto, o presente estudo objetivou avaliar os efeitos da aplicação de diferentes inibidores do etileno na conservação pós-colheita dos frutos da macaúba.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Para determinar os efeitos de inibidores de etileno na fisiologia pós-colheita de frutos da macaúba, e sua eficácia na conservação pós-colheita, o presente estudo foi dividido em 3 ensaios independentes. Em dois deles utilizou-se um inibidor da ação do etileno, o 1-Metilciclopropano (1-MCP), e o outro um inibidor da síntese do etileno, o aminoetoxivinilglicina (AVG):

- Experimento 1: Uso do 1-metilcloropropeno na conservação pós-colheita da macaúba.
- Experimento 2: Efeito do número de aplicações do 1-metilciclopropano na conservação pós-colheita da macaúba.
- Experimento 3: Efeito da concentração de AVG na conservação pós colheita dos frutos da macaúba.

Em todos os 3 experimentos os frutos utilizados foram coletados na Fazenda Capela, localizada no município de Acaiaca, Minas Gerais, Brasil, situado a 20,76° de latitude sul, 42,86° de longitude oeste, a 481 m de altitude em relação ao nível do mar com clima classificado como Subtropical Úmido (Cwa) segundo classificação sugerida por KÖPPEN e GEIGER (1928). Os frutos foram colhidos diretamente no cacho das plantas de macaúba previamente selecionadas. Posteriormente, foram levados ao Laboratório de Biotecnologia e Pós-colheita de Macaúba da Universidade Federal de Viçosa, onde foram selecionados e acondicionados em sacos tipo rede e submetidos aos experimentos, como descrito a seguir.

2.1. Experimentos e avaliações

• Experimento 1 – Uso do 1-metilcloropropeno na conservação pós-colheita frutos da macaúba.

Neste experimento foram avaliados os efeitos de diferentes concentrações e tempo de exposição dos frutos de macaúba ao 1-MCP. O 1-MCP foi obtido a partir do produto comercial SMART FRESH[®], 0,14% i.a fornecido pela empresa Agrofresh[®]. Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado conduzido no esquema fatorial 4 x 2 x 6, sendo 4 concentrações de 1-MCP (0, 1000, 2000, 3000 nL.L⁻¹), 2 períodos de exposição ao 1-MCP (12 horas e 24 horas) e 6 períodos de armazenamento (0,10, 20, 30, 40, 50 dias), com 4 repetições, utilizando-se 15 frutos por unidade experimental.

Para aplicação do produto, os frutos foram colocados em recipientes plásticos hermeticamente fechados com volume de 0,103 m³ correspondentes a cada tratamento. Posteriormente diluiu-se o produto comercial em 50 ml de água a 50 °C, para induzir a volatilização do 1-MCP (Figura 1). Os frutos ficaram expostos ao 1-MCP durante 12 ou 24 horas, conforme o tratamento previsto, e posteriormente foram acondicionados em caixas plásticas à temperatura ambiente e avaliados durante 50 dias de armazenamento.

Os dados foram submetidos às análises de variância e de regressão, utilizando-se o software Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas- SAEG versão 9.1 (SAEG, 2007), exceto para evolução de CO₂ e etileno.

Avaliações

- Firmeza do mesocarpo (expressa em Newtons - N): determinada com auxílio de penetrômetro digital PDF 200 (Soil Control, Brasil) equipado com sonda de 8 mm. Após a remoção do epicarpo foram realizadas duas medidas em posições opostas no diâmetro equatorial dos frutos, tomando a média destas medidas como resultado.

- Teor de sólidos solúveis totais do mesocarpo: medido a partir de uma alíquota de 10 gramas do mesocarpo dissolvido em 90 ml de água destilada, com o auxílio de um refratômetro portátil modelo RT-30ATC, sendo os resultados expressos em °Brix.

- Acidez total titulável: medida por titulação de 10 gramas do mesocarpo e 90 ml de água destilada. Utilizou como titulante a solução padronizada de NaOH 0,1M e como indicador a fenolftaleína 4%.

- Teor de óleo do mesocarpo e teor de óleo da amêndoa: Para determinação do teor de óleo utilizou-se a metodologia 032/IV adaptada (IAL, 2008). As amostras foram secas em estufa com circulação e renovação de ar a 65 °C por 24 h para retirada do excesso de umidade. Após este período as amostras foram trituradas e levadas novamente à estufa a 65 °C por mais 24 h a fim de remover a água remanescente. As amostras secas foram colocadas em cartucho de papel filtro e o óleo extraído em extrator de óleos e graxas do tipo Soxhlet (Marconi 044/8/50, Brasil), por meio do solvente orgânico n-hexano.

- Durante o processo de extração, as amostras permaneceram mergulhadas no solvente por 2 h a 80 °C. Após este período procedeu-se a lavagem das amostras com o hexano acumulado no condensador do extrator, em temperatura de 110 °C, processo este repetido por seis vezes. Finalizando a extração, os cartuchos foram levados para estufa, com circulação e renovação de ar, a 65 °C por 24 h, a fim de evaporar o

excesso de n-hexano na amostra. Em seguida, procedeu-se a pesagem dos cartuchos contendo a amostra em balança analítica. O teor de óleo foi calculado pela equação:

$$TO(\%) = \frac{P1 - P2}{P1 - P} \times 100$$

onde:

TO (%) = teor de óleo em porcentagem;

P = peso do cartucho em g;

P1 = peso do cartucho + amostra seca antes da extração do óleo em g;

P2 = peso do cartucho + amostra após a extração do óleo em g.

- Acidez do óleo do mesocarpo: A obtenção do índice de acidez (IA) leva em consideração a quantidade de base necessária para neutralizar os ácidos graxos livres presentes nos óleos e gorduras. Para determinação desse índice utilizou-se o método Ca 5a – 40 proposto pela American Oil Chemists' Society (AOCS, 1994). Foram pesados $2,00 \pm 0,10$ g das amostras de óleo em erlenmeyers de 125,0 mL, adicionando-se em seguida 25,00 mL da solução neutra de éter etílico-álcool na proporção de 2:1 e duas gotas de indicador fenolftaleína 0,4%. A titulação foi realizada com solução padronizada de NaOH $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$ e o índice de acidez calculado por meio da equação

$$I.A = \left(\frac{v \times f \times M \times 28,2}{P} \right)$$

onde:

IA = índice de acidez em mg NaOH.g⁻¹; (resultado expresso em porcentagem de ácido oleico)

v = volume da solução de padronizada de NaOH $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$ gasto na titulação da amostra, em mL;

f = fator de correção da solução de hidróxido de sódio $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$, encontrado com a padronização, adimensional;

M = molaridade da solução de NaOH utilizada;

P = massa da amostra em g.

- Evolução da produção de etileno e CO₂ pelos frutos da macaúba: Os frutos foram acondicionados em grupos de 3, em frascos de 1,3 L de volume

hermeticamente fechados por 2 h a fim de permitir o acúmulo dos gases emitidos pelo fruto. Após este período, retirou-se uma amostra da atmosfera do frasco para análise cromatográfica dos gases. As análises desses gases evoluídos durante o armazenamento foram feitas por cromatografia em fase gasosa (CG), utilizando-se cromatógrafo marca Shimadzu, modelo GC 2010 Plus, equipado com coluna empacotada de 2 m de comprimento, injetor Wide Bore (WBI) e detectores de ionização de chama (FID) e de condutividade térmica (TCD) ligados em série. A quantificação dos gases evoluídos foi feita através da integração da área dos picos gerados no cromatograma e comparados com os gases padrões.

- **Experimento 2 – Efeito do número de aplicações do 1-metilciclopropeno na conservação pós-colheita da macaúba**

A aplicação do 1-MCP ocorreu como descrita no experimento 1. A concentração utilizada em todos os tratamentos foi de 2000 nL.L⁻¹. Os frutos foram expostos ao 1-MCP durante 12 horas e em seguida acondicionados em caixas plásticas à temperatura ambiente e avaliados durante armazenamento.

Os tratamentos consistiram nos seguintes formas de aplicações do 1-MCP:

- Tratamento 0 (sem aplicação do 1-MCP)
- Tratamento 1 (única aplicação no dia da montagem do experimento)
- Tratamento 2 (2 aplicações: no dia da montagem do experimento e aos 30 dias de armazenamento.
- Tratamento 3 (3 aplicações: no dia da montagem do experimento, aos 15 dias e aos 30 dias de armazenamento.
- Tratamento 4 (4 aplicações : no dia da montagem do experimento, aos 7 dias, aos 15 dias e aos 30 dias de armazenamento.

Avaliações

Neste experimento avaliou-se o teor de sólidos solúveis totais, firmeza do mesocarpo, teor de óleo e acidez do óleo conforme metodologia descrita no Experimento 1.

O experimento foi conduzido no delineamento inteiramente casualizado no esquema fatorial 5 x 6 sendo 5 números de aplicações (0, 1, 2, 3, 4 numero de aplicações) x 6 Períodos de armazenamento (0, 10, 20, 30, 40, 50 dias) com 4 repetições, utilizando-se 15 frutos por unidade experimental. Os dados foram submetidos às análises de variância e de regressão, utilizando-se o software Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas- SAEG versão 9.1 (SAEG, 2007),



Figura 1. Sequência da aplicação do 1-MCP: A) frutos nos recipientes para receber o tratamento, B) Colocação da água no produto comercial para liberação do gás, C) ventoinha posicionada para auxiliar na ventilação dos recipientes, D) recipientes fechados com tampa de vidro, E) frutos recebendo os tratamentos nos recipientes por 12 ou 24 horas, F) frutos armazenamento em caixas plásticas.

- **Experimento 3 Efeito da concentração de AVG na conservação pós colheita dos frutos da macaúba.**

O AVG foi obtido a partir do produto comercial RETAIN[®] 0,15 % i.a. O produto foi pesado de acordo com cada tratamento e misturado a 1 litro de água a temperatura ambiente. Logo após os frutos foram pulverizados de acordo com cada concentração e posteriormente acondicionados em caixas plásticas à temperatura ambiente e avaliados durante 6 períodos de armazenamento (0, 10, 20, 30, 40, 50 dias). O experimento foi conduzido no delineamento inteiramente casualizado no esquema fatorial 3 x 6 sendo 3 concentrações do AVG (0 g/L, 2 g/L, 4 g/L) x 6 períodos de armazenamento (0, 10, 20, 30, 40, 50 dias) com 4 repetições., utilizando-se 15 frutos para constituir a unidade experimental.

Avaliações

Foram realizadas as seguintes análises: teor de sólidos solúveis totais do mesocarpo, firmeza do mesocarpo, teor de óleo do mesocarpo, acidez do óleo do

mesocarpo e evolução de etileno do fruto, conforme metodologia descrita no Experimento 1.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

• Experimento 1 Uso do 1-metilcloropropeno na conservação pós-colheita da macaúba.

Visualmente podemos observar que o tratamento com o 1-MCP influenciou o processo de amadurecimento do fruto da macaúba após 50 dias de armazenamento. (FIGURA 2). Com o aumento das concentrações de 1-MCP e do tempo de exposição, houve redução do processo de deterioração dos frutos proporcionando melhor qualidade dos mesmos ao fim do período de armazenamento. Isso ocorreu provavelmente em função do efeito inibitório do 1-MCP sobre a ação do etileno produzido pelo fruto. Dados semelhantes foram encontrados por, Pinheiro et al, (2010) com bananas-maçã, Asmar et al, (2010) com mamão, Vieira et al, (2010) com Kiwi 'Bruno', Gardin et al, (2012) com Caqui 'Rama Forte' e Hendges et al, (2015) com maçãs 'Royal Gala'.

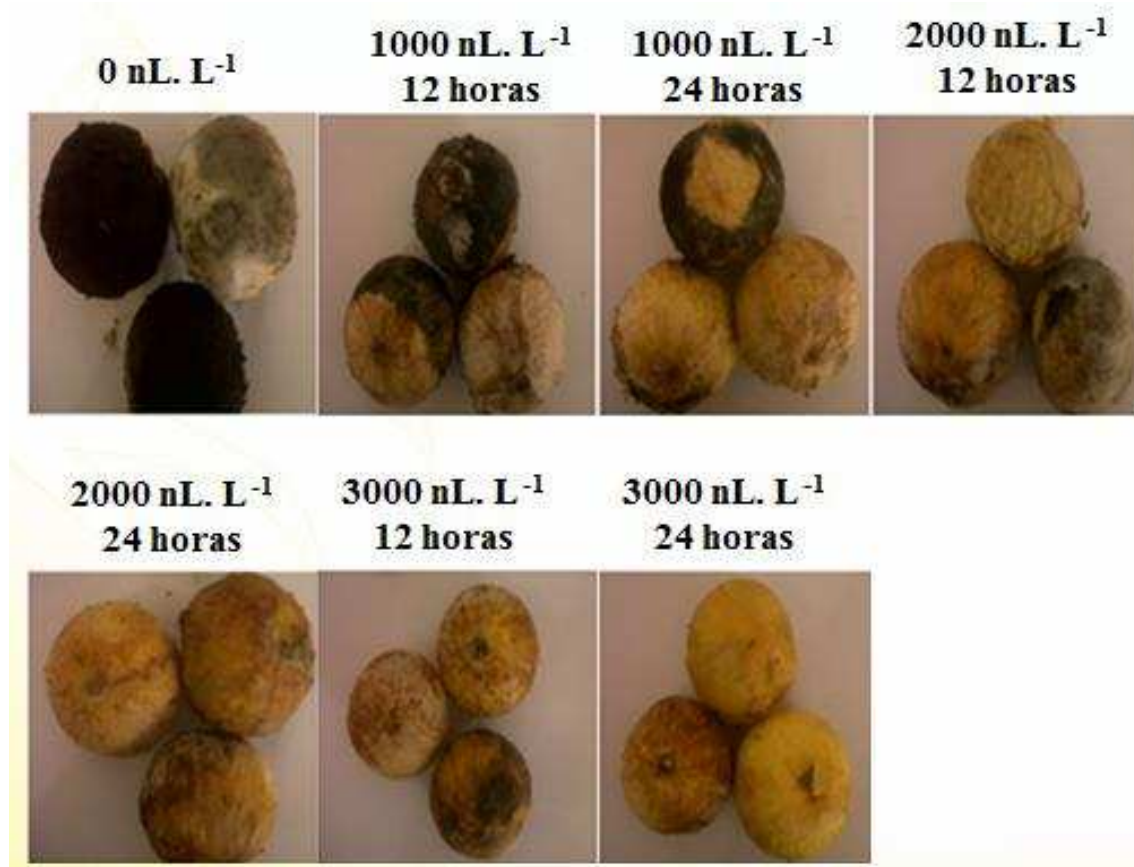


Figura 2 Aspecto visual dos frutos da macaúba submetidos a diferentes concentrações e tempos de exposição ao 1-MCP, após armazenamento durante 50 dias.

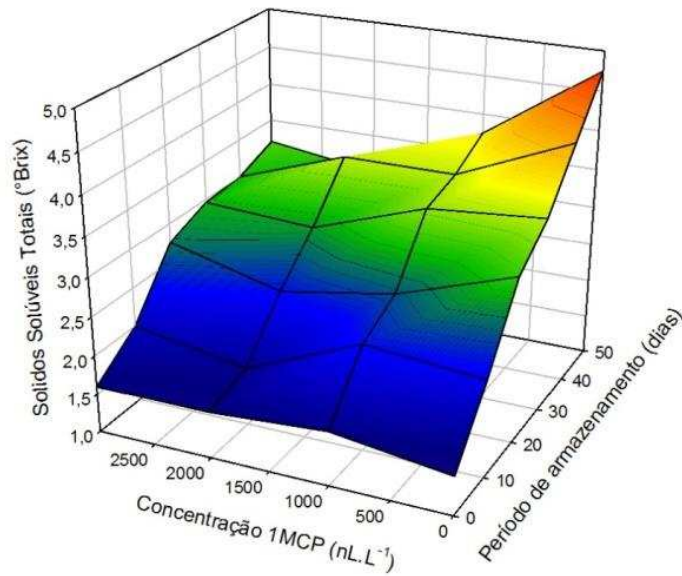
Os tempos de exposição do 1-MCP (12hs e 24hs) não apresentaram diferença significativa para as variáveis avaliadas neste experimento. Na figura 3 observam-se os teores de sólidos solúveis totais (SST). Os SST aumentaram com o período de armazenamento em todos os tratamentos. Os SST são dependentes do estágio de maturação no qual o fruto é colhido e, geralmente, aumenta durante a maturação pela biossíntese ou degradação de polissacarídeos (CHITARRA e CHITARRA, 2005). Aos 50 dias de armazenamento o maior teor de sólidos solúveis totais foi observado no tratamento sem aplicação do 1-MCP (0 nL.L-1) e o menor teor na maior concentração de 1-MCP utilizada no experimento (3000 nL.L-1). Isso indica que mesmo ocorrendo acúmulo de sólidos solúveis durante o armazenamento, o 1-MCP reduziu esses teores com o aumento das concentrações utilizadas. Resultados similares foram observados por Botrel et al. (2002) e Lima et al. (2010), que ao trabalharem com banana prata-anã e com atemoia cv. African Pride, respectivamente, verificaram que o aumento dos teores de SST dos frutos tratados com 1-MCP foi mais lento do que dos frutos não tratados.

Entre as transformações mais importantes que ocorrem nos frutos durante a maturação e amadurecimento incluem-se aquelas observadas nos carboidratos, principalmente o amido, desempenhando um papel crítico na vida útil dos frutos e no desenvolvimento de qualidades como textura e adoçamento (SEYMOUR et al., 1993). Com a evolução da maturação, a concentração de açúcares solúveis, como glicose, frutose e sacarose aumentam, podendo ocorrer posterior declínio em função de sua utilização como fonte de energia ou substrato para novos compostos orgânicos (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

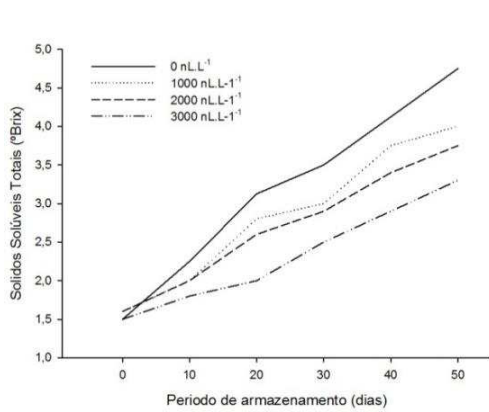
A acidez total titulável do mesocarpo, apresentou aumento ao longo do período de armazenamento para todos os tratamentos (FIGURA 4). Segundo Chitarra e Chitarra (2005), com o amadurecimento do fruto ocorre diminuição da acidez total titulável, porém neste experimento encontrou-se um comportamento contrário. Esse aumento da acidez do mesocarpo provavelmente está relacionado à elevação da acidez do óleo, uma vez que o mesocarpo possui alto teor de óleo (50%). Nos frutos não tratados com 1-MCP (0 nL.L-1) foram observados teores de acidez do mesocarpo superiores em relação aos frutos tratados com 1-MCP .

$$\hat{Y} = 2,2906 - 0,0007 * ARM + 1,5 * 10^{-7} * ARM^2 + 0,0466 * CONC$$

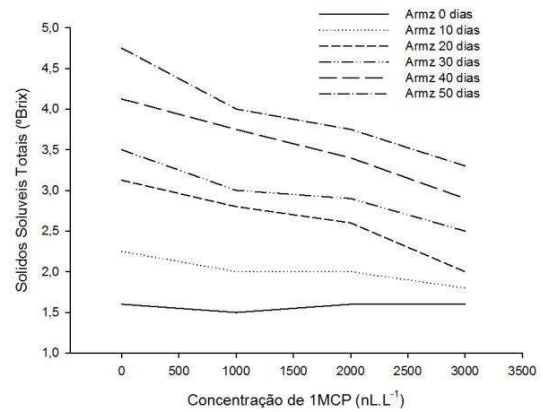
$$R^2 = 95\%$$



(a)



(b)

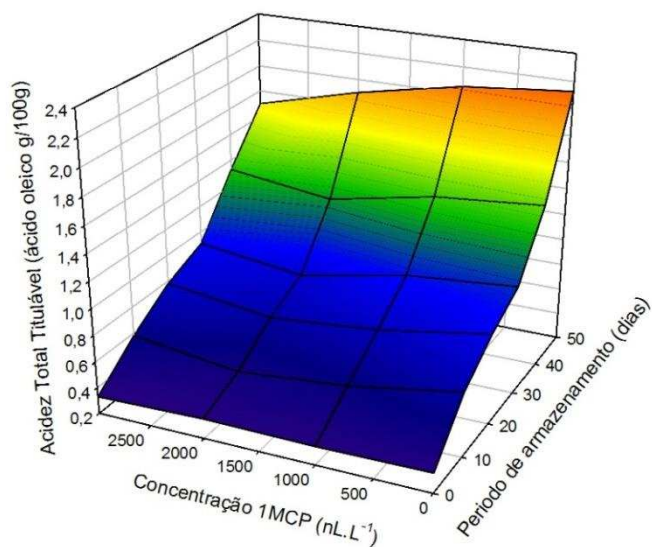


(c)

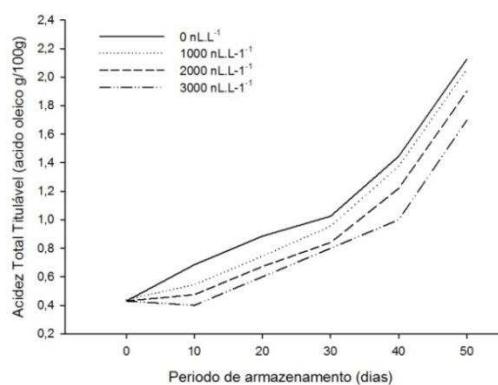
Figura 3 - a) Sólidos Solúveis Totais do mesocarpo da macaúba em função das concentrações de 1-MCP e do período de armazenamento. Concentrações de 0 nL.L⁻¹, 1000 nL.L⁻¹, 2000 nL.L⁻¹, 3000 nL.L⁻¹ e períodos de armazenamento de 10, 20, 30, 40, 50 dias. b) e c) Cortes da superfície de resposta.

$$\hat{Y} = 0,77361 - 0,000042 * ARM - 0,01590 * APL + 0,00082 * CONC^2$$

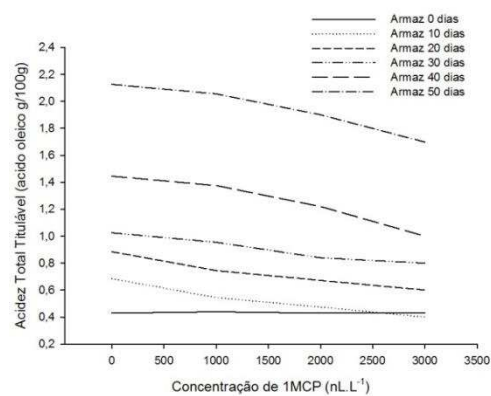
$$R^2 = 97\%$$



(a)



(b)



(c)

Figura 4 - a) Acidez Total Titulável do mesocarpo da macaúba em função das concentrações de 1-MCP e do período de armazenamento. Concentrações de 0 nL.L⁻¹, 1000 nL.L⁻¹, 2000 nL.L⁻¹, 3000 nL.L⁻¹ e períodos de armazenamento de 10, 20, 30, 40, 50 dias. b) e c) Cortes da superfície de resposta.

Nas figuras 5 e 6, observa-se o teor de óleo do mesocarpo e do óleo da amêndoa, em função da concentração do 1-MCP e do período de armazenamento. O teor de óleo para ambos teores aumentaram consideravelmente com o período de armazenamento, o que nos comprova que mesmo após a colheita o fruto continua o seu processo de acúmulo de óleo, indicando que o fruto da macaúba apresenta comportamento típico climatérico, que correspondem aqueles frutos que, mesmo após a colheita continuam o seu amadurecimento. Este efeito de acúmulo de óleo após a colheita também foi observado por Martins (2013), Goulart (2014) e Evaristo (2015) ao trabalharem com os frutos da Macaúba.

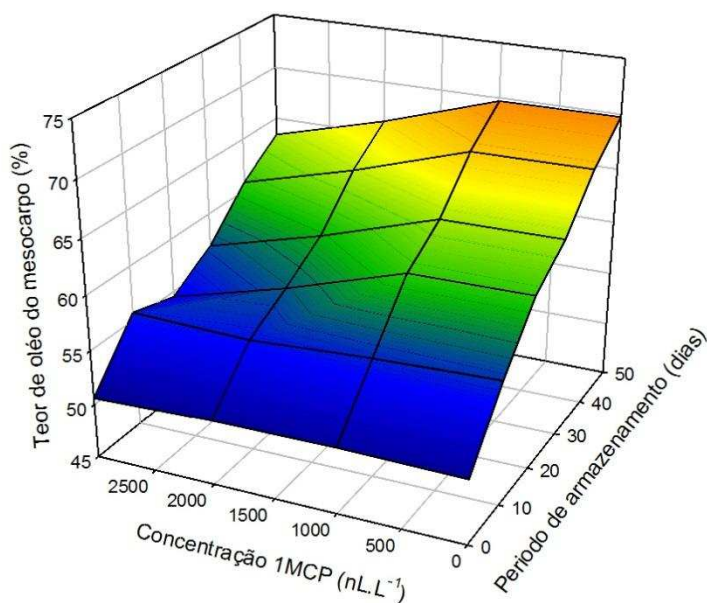
Os maiores teores de óleo foram observados nos tratamentos sem o 1-MCP (0 nL.L⁻¹) e com a menor concentração do 1-MCP (1000 nL.L⁻¹), que foi de 69% de óleo no mesocarpo e 61% de óleo na amêndoa ambos aos 50 dias. Esses frutos não tiveram a inibição ou tiveram pouca inibição do etileno e, portanto continuaram o processo de amadurecimento e acúmulo de óleo. Já os menores valores foram encontrados no tratamento com a maior concentração do 1-MCP (3000 nL.L⁻¹) sendo de 61% de óleo no mesocarpo e de 56% de óleo da amêndoa também aos 50 dias de armazenamento. Esses resultados comprovam que o 1-MCP inibiu o amadurecimento acelerado com consequente redução no acúmulo de óleo dos frutos tratados, mostrando que os mesmos se encontravam menos maduros que os frutos não tratados.

Observou-se acréscimo na acidez do óleo do mesocarpo ao longo do período de armazenamento e acidez baixa com o aumento da concentração do 1-MCP (Figura 7). Este aumento se deve à quebra dos glicerídeos do óleo e consequente liberação de ácidos graxos livres. Na produção de biodiesel a elevada acidez, que pode ser gerada devido a processos inadequados de colheita, amadurecimento, armazenamento ou mesmo na extração do óleo, interfere no processo de transesterificação, pois os ácidos graxos livres formados reagem com o catalisador formando produtos saponificados, diminuindo a eficiência de conversão (ALVES et al., 2000).

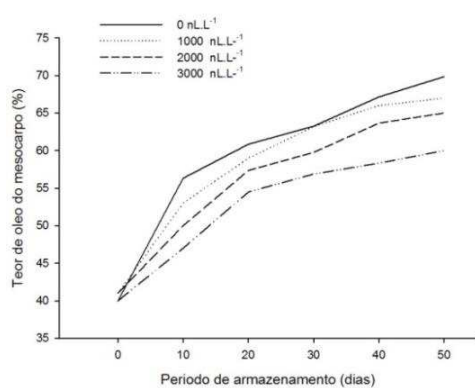
No tratamento 0 nL.L⁻¹ (testemunha) os frutos apresentaram acidez superior à dos demais tratamentos, indicando maior grau de maturação e degradação dos frutos não tratados, que culminou com alto índice de acidez do óleo ao final do período de armazenamento. Por outro lado, os frutos tratados com as concentrações de 1000 nL.L⁻¹, 2000 nL.L⁻¹ e 3000 nL.L⁻¹ mostraram menores índices de acidez. Estes resultados evidenciam que a maturação dos frutos foi inibida pela ação do 1-MCP e a acidificação do óleo foi inversamente proporcional à dose do produto aplicado, indicando que o 1-MCP tem potencial de uso na conservação pós-colheita de frutos de macaúba.

$$\hat{Y} = 45,89 + 0,000273 * ARM - 0,00000062 * ARM^2 + 0,3068 * CONC$$

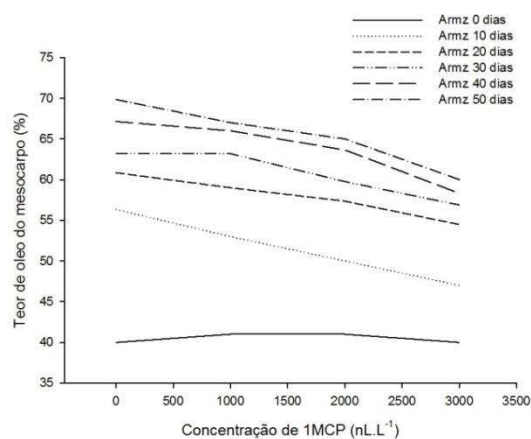
$$R^2 = 93\%$$



(a)



(b)

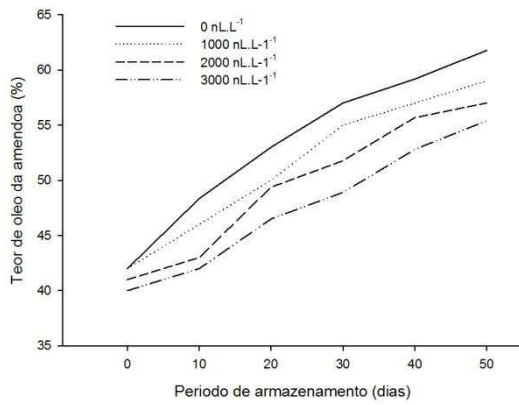
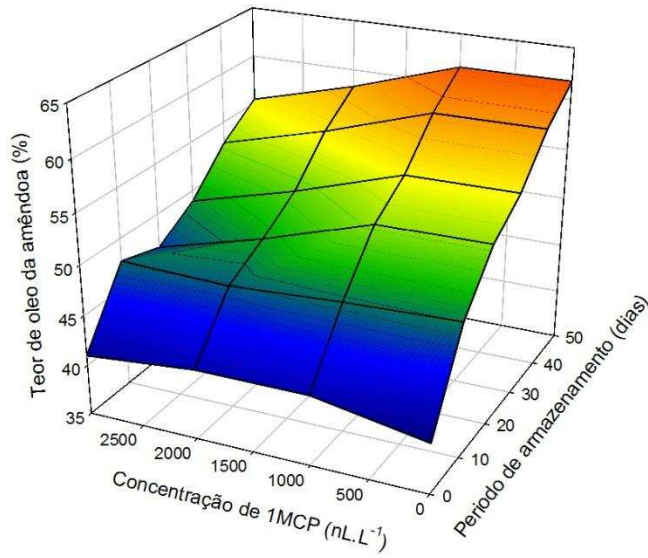


(c)

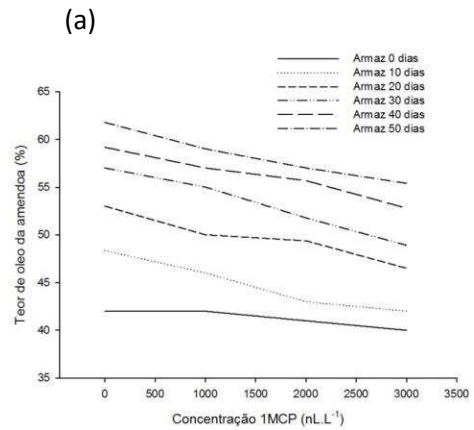
Figura 5 - a) Teor de Óleo do mesocarpo da macaúba em função das concentrações de 1-MCP e do período de armazenamento. Concentrações de 0 nL.L⁻¹ , 1000 nL.L⁻¹ , 2000 nL.L⁻¹, 3000 nL.L⁻¹ e períodos de armazenamento de 10, 20, 30, 40, 50 dias. b) e c) Cortes da superfície de resposta.

$$\hat{Y} = 45,89 + 0,000273 * ARM - 0,0000062 * ARM^2 + 0,3068 * CONC$$

$$R^2 = 93\%$$



(b)

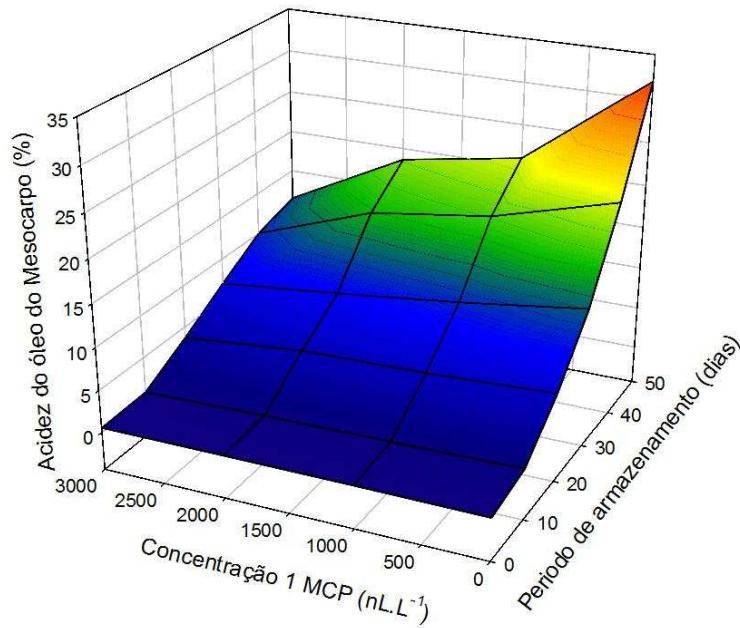


(c)

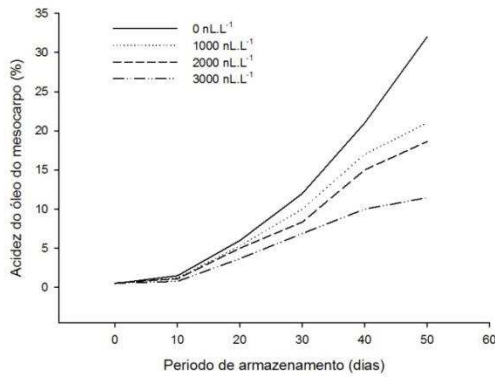
Figura 6 - a) Teor de Óleo da amêndoa da macaúba em função das concentrações de 1-MCP e do período de armazenamento. Concentrações de 0 n.L.L⁻¹ , 1000 n.L.L⁻¹ , 2000 n.L.L⁻¹ , 3000 n.L.L⁻¹ e períodos de armazenamento de 10, 20, 30, 40, 50 dias. b) e c) Cortes da superfície de resposta.

$$\hat{Y} = 4,0085 + 0,0027 * ARM + 0,9652 * APL - 0,0003 * ARM * CONC$$

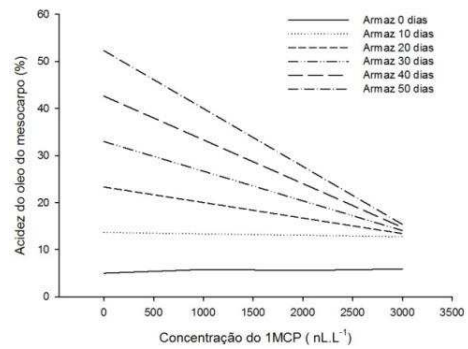
$$R^2 = 85,18\%$$



(a)



(b)



(c)

Figura 7 - a) Acidez do óleo do mesocarpo da macaúba em função das concentrações de 1-MCP e do período de armazenamento. Concentrações de 0 nL.L⁻¹ , 1000 nL.L⁻¹ , 2000 nL.L⁻¹, 3000 nL.L⁻¹ e períodos de armazenamento de 10, 20, 30, 40, 50 dias. b) e c) Cortes da superfície de resposta.

A evolução de etileno e CO₂ podem ser observadas na figura 8. Os picos de evolução de etileno e de CO₂ foram maiores nos frutos não tratados com o 1-MCP demonstrando a eficiência do 1-MCP em inibir o etileno com conseqüente redução da respiração dos frutos. Como competidor do etileno, o 1-MCP tem afinidade pelo mesmo sítio de ligação nos receptores das membranas (SISLER et al., 1997), evitando a ligação do etileno, e conseqüentemente retardando a ação deste durante essa etapa do desenvolvimento dos frutos (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Os menores picos foram observados na maior concentração de 1-MCP (3000 nL.L⁻¹). Os picos ocorreram aos 10 dias de armazenamento ocorrendo redução logo após e se manteve quase constante até o final das avaliações aos 50 dias. Mesmo esses picos se mantendo constantes a partir dos 20 dias observa-se que aos 50 dias os frutos não tratados apresentaram os maiores picos de etileno e CO₂ e menores nos frutos tratados com a maior concentração (3000 nL.L⁻¹).

Estes dados demonstram que, assim como a produção de etileno, a respiração também foi reduzida em frutos tratados com 1-MCP. Resultados semelhantes foram encontrados por Manenoi et al. (2007), Jacomino et al. (2002) em frutos de mamão e por Lohani et al., (2004) em banana. Estudos realizados com ameixas também demonstraram que o 1-MCP reduz consideravelmente a atividade respiratória e a produção de etileno (DONG et al., 2002; ARGENTA et al., 2003). Jomori et al. (2001) estudaram o efeito do 1-MCP sob baixas temperaturas (5 e 10 °C) de lima ácida 'Tahiti', concluindo que o desverdecimento e as taxas respiratórias foram menores em ambas as temperaturas.

Em função do comportamento observado na evolução de etileno e de CO₂, comprova-se as inferências de Martins (2013), Goulart (2014) e Evaristo (2015) de que o fruto da macaúba apresenta comportamento climatérico. Kays & Paull, (2004) afirmam que o comportamento climatérico é caracterizado pelo aumento na produção de CO₂ acompanhado de um pico auto-catalítico de produção de etileno.

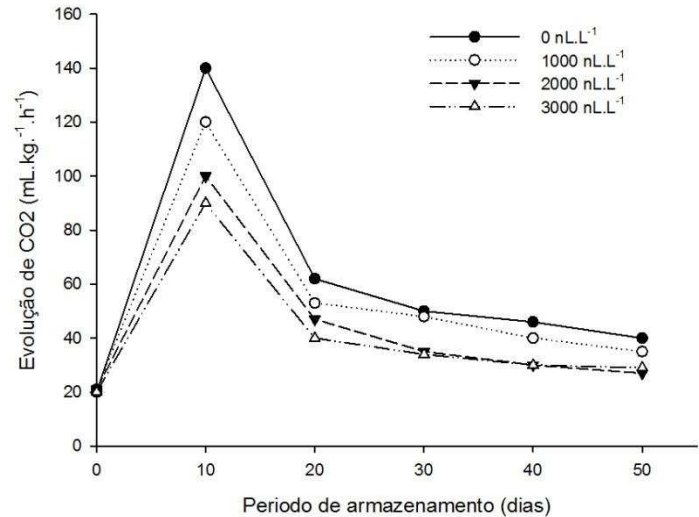
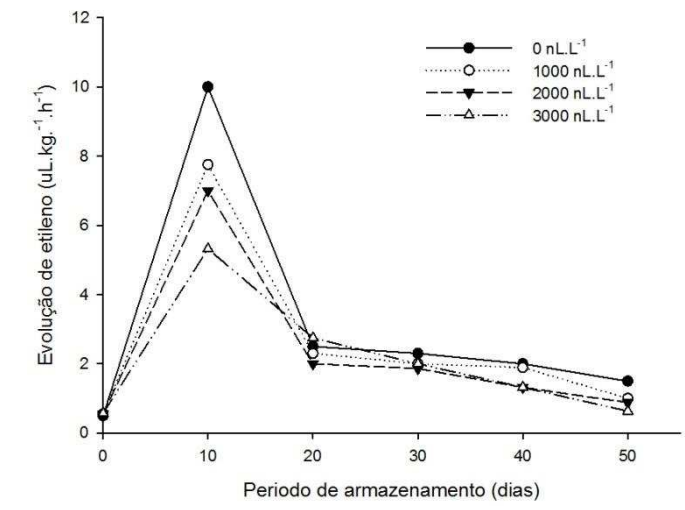


Figura 8 Média da evolução de etileno e CO₂ ao longo do período de armazenamento dos frutos da Macaúba submetidos ao tratamento com 1-MCP.

- **Experimento 2 Efeito do número de aplicações do 1-metilciclopropeno na conservação pós-colheita da macaúba**

Os teores de sólidos solúveis totais (SST) podem ser verificados na Figura 9. Observamos que, houve um incremento dos seus teores ao longo do armazenamento. Os maiores teores de SST aos 50 dias de armazenamento foram observados nos tratamento sem aplicação do 1-MCP que foi de 5,66 °Brix. À medida que se submeteu os frutos a diferentes números de aplicações do 1-MCP os teores foram diminuindo indicando que o 1-MCP retardou a maturação do fruto. Lima et al. (2010), ao trabalharem com atemoia cv. African Pride, verificaram que o aumento dos teores de SST dos frutos tratados com 1-MCP foi mais lento do que dos frutos não tratados.

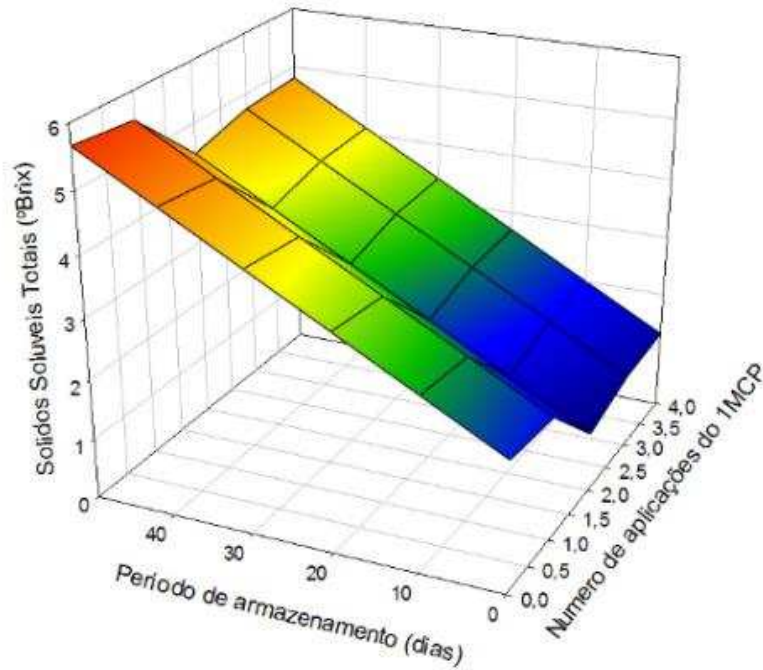
O menor teor de SST (3,05 °Brix) foi observado quando se submeteu o fruto a 2 aplicações do 1-MCP, enquanto que o maior numero de aplicação referente a 4 aplicações os teores de SST foram maiores dentre os frutos tratados com o 1-MCP que foi de 4,49 °Brix. Possivelmente as aplicações de 3 e 4 vezes provocaram efeitos tóxicos nos frutos não ocorrendo a inibição da ação do etileno pelo produto utilizado o 1-MCP.

A firmeza do mesocarpo diminuiu durante o armazenamento. Aos 50 dias os frutos sem aplicação do 1-MCP apresentaram firmeza de 21,18 N enquanto que os frutos tratados apresentaram firmeza superior. Com 4 aplicações observou maior firmeza do mesocarpo de 31,92 N (FIGURA 10). Com isso, verificamos que os frutos tratados com o 1-MCP não estavam tão macios quanto os frutos não tratados, sendo estes com o grau de amadurecimento maior, provando a eficácia do produto.

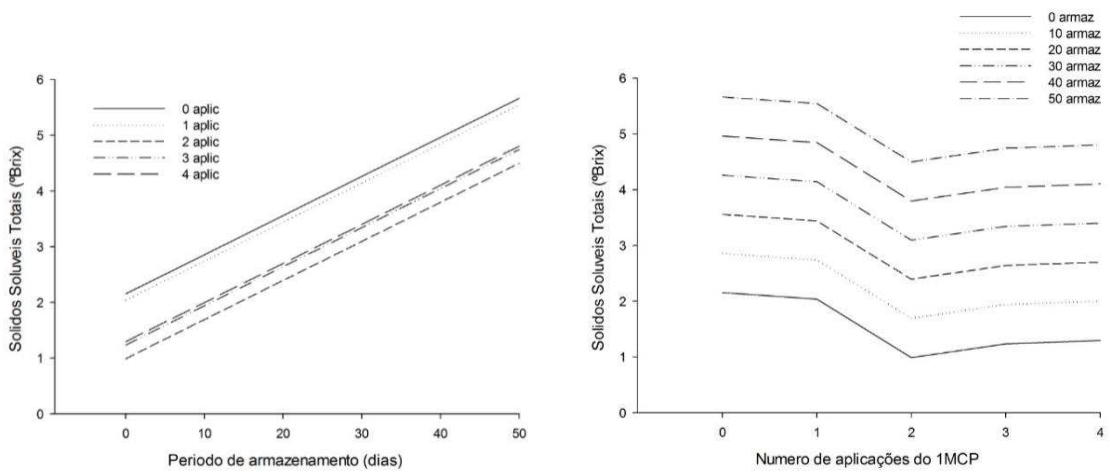
Este amaciamento do mesocarpo ocorre em função de aumento na atividade de enzimas como a poligalacturonase (PG) e a pectina metil esterase (PME) que atuam no processo de degradação da parede celular, o que leva ao aumento da maciez do tecido ou órgão. Em adição, em estádios mais avançados de armazenamento, a ação de fungos também contribui para a desestruturação do fruto (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

$$\hat{Y} = 2,15581 + 0,0701743 \cdot \text{ARM} - 1,13600 \cdot \text{NUM} + 0,276667 \cdot \text{NUM}^2$$

$$R^2 = 80\%$$



(a)



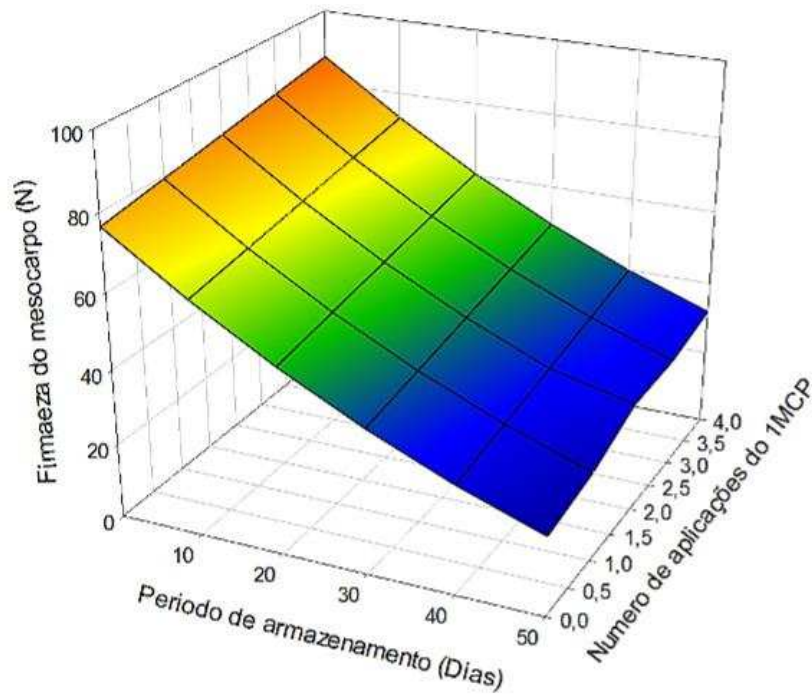
(b)

(c)

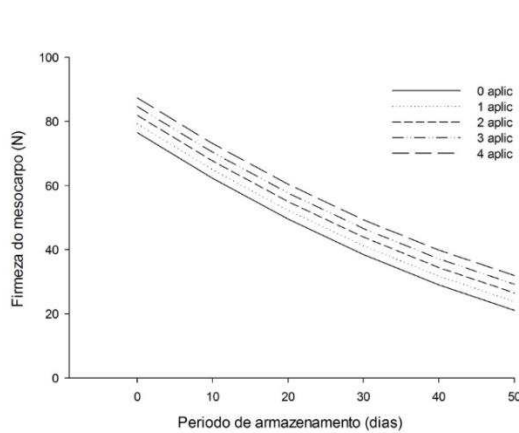
Figura 9 - a) Sólidos solúveis totais do mesocarpo da macaúba em função do número de aplicações de 1-MCP e do período de armazenamento. Número de aplicações 1, 2, 3, 4 vezes e períodos de armazenamento de 10, 20, 30, 40, 50 dias. b) e c) Cortes da superfície de resposta.

$$\hat{Y} = 76,5563 - 1,5059 \cdot \text{ARM} + 0,00793998 \cdot \text{ARM}^2 + 2,70388 \cdot \text{NUM}$$

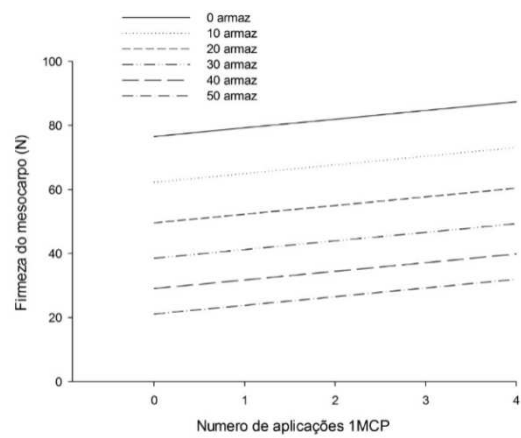
$$R^2 = 98\%$$



(a)



(b)



(c)

Figura 10 - a) Firmeza do mesocarpo da macaúba em função do número de aplicações de 1-MCP e do período de armazenamento. Número de aplicações 1, 2, 3, 4 vezes e períodos de armazenamento de 10, 20, 30, 40, 50 dias. b) e c) Cortes da superfície de resposta.

Ao longo do armazenamento observou-se aumento dos teores de óleo do mesocarpo (FIGURA 11). O maior teor foi observado nos tratamentos sem a aplicação do 1-MCP que foi de 68% aos 50 dias. Neste mesmo período de armazenamento, os menores teores de óleo foram encontrados nos tratamentos com 2 e 3 aplicações, apresentando 63% e 65% respectivamente. Verificamos que o 1-MCP aplicado 2 vezes foi o suficiente para manter os frutos menos maduros e conseqüentemente com o teor de óleo menor, já que o fruto vai acumulando óleo a medida que vai amadurecendo.

A acidez do óleo do mesocarpo aumentou com o período de armazenamento (Figura 12). Os maiores teores foram encontrados nos tratamentos sem aplicação do 1-MCP com teores de 46% aos 50 dias de armazenamento. O menor teor nos frutos tratados com 1-MCP corresponde ao tratamento com 2 e 3 aplicações. Mais uma vez a aplicação de 2 vezes do 1-MCP foi eficiente em manter os teores de acidez do óleo em níveis baixos mostrando que esses frutos estavam com um menor grau de amadurecimento.

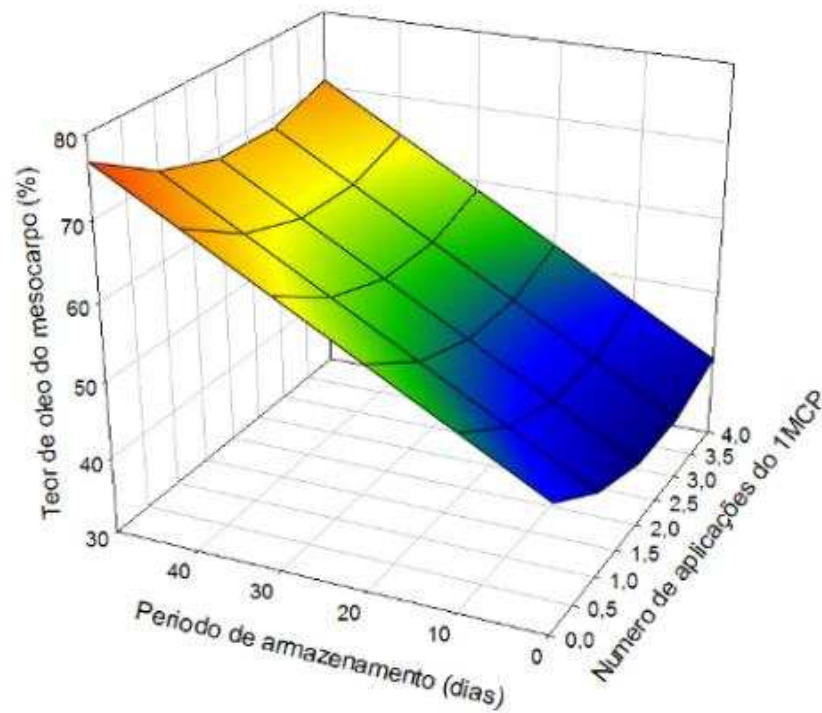
Segundo Chitarra & Chitarra (2005), no processo de amadurecimento ocorrem diversas reações de síntese e de degradação. Para que ocorram esses processos após a colheita o fruto deve apresentar um padrão de respiração típico climatérico, o que reforça a hipótese de que realmente a macaúba seja um fruto climatérico, pois mesmo após a colheita os frutos continuaram os processos de amadurecimento.

Com mais esse experimento observamos que o 1-MCP foi eficiente na inibição do amadurecimento dos frutos, fato já observado e relatado por vários autores como Pinheiro (2010) com bananas-maçã, Asmar (2010) com mamão, Vieira (2010) com Kiwi 'Bruno', Gardin (2012) com Caqui 'Rama Forte' e Hendges (2015) com maçãs 'Royal Gala' e agora também sendo comprovada sua eficiência para os frutos da Macaúba.

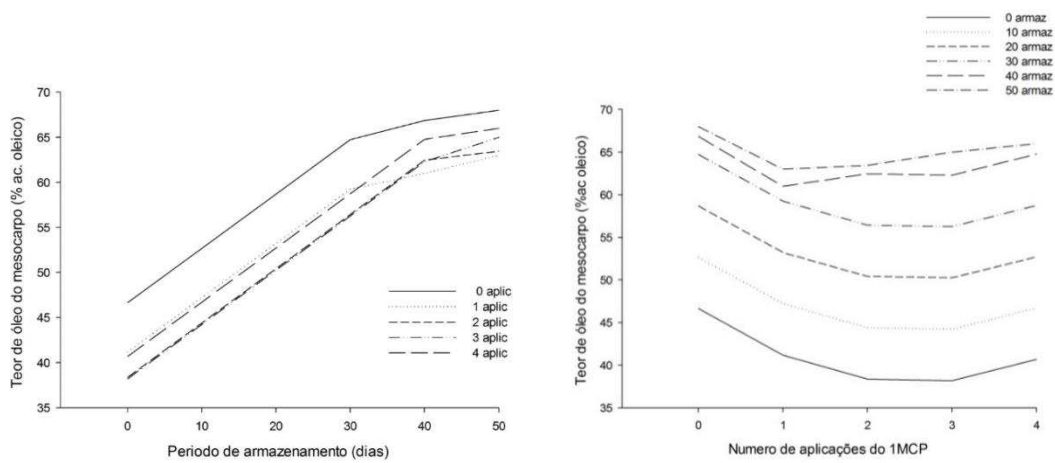
Os frutos não tratados com o 1-MCP se mostraram mais maduros aos 50 dias de armazenamento. Como não houve a inibição do amadurecimento os frutos continuaram a amadurecer normalmente. Dentre os tratamentos aquele referente a 2 aplicações do 1-MCP se mostrou mais eficiente na inibição dos processos de amadurecimento dos frutos. Neste observamos menores teores de °Brix, de teor de óleo e acidez do mesocarpo, mostrando que os frutos deste tratamento estavam menos maduros que os demais.

$$\hat{Y} = 46,6450 + 0,602686 * ARM - 6,79012 * NUM + 1,32440 * NUM^2$$

$$R^2 = 93\%$$



(a)



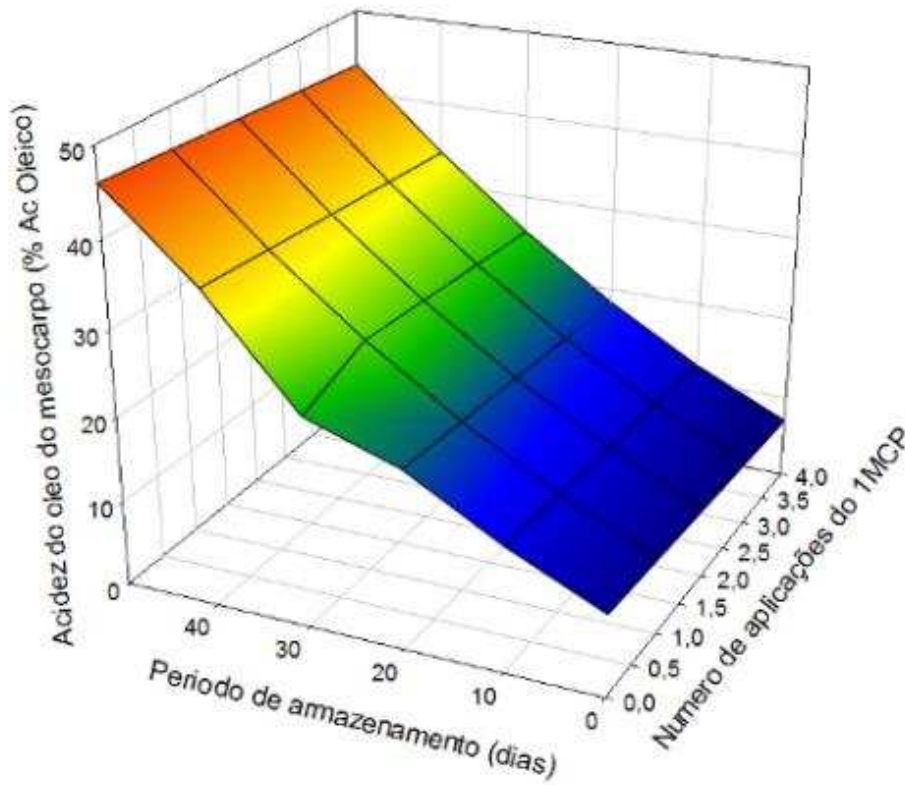
(b)

(c)

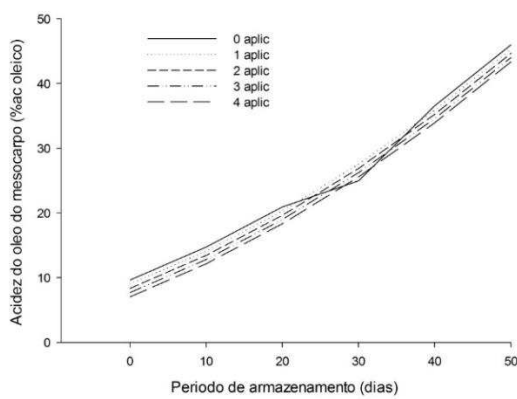
Figura 11 - a) Teor de óleo do mesocarpo da macaúba em função do número de aplicações de 1-MCP e do período de armazenamento. Número de aplicações 1, 2, 3, 4 vezes e períodos de armazenamento de 10, 20, 30, 40, 50 dias. b) e c) Cortes da superfície de resposta.

$$\hat{Y} = 9,6564 + 0,455925 * ARM + 0,00542321 * ARM^2 - 0,651250 * NUM$$

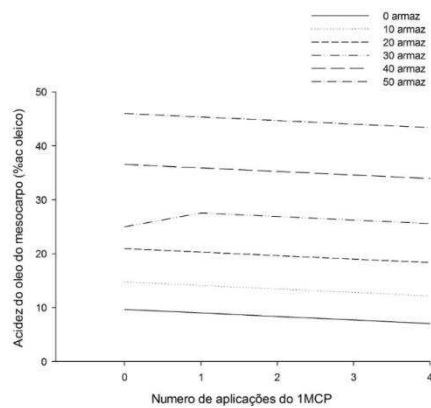
$$R^2 = 96\%$$



(a)



(b)



(c)

Figura 12 - a) Acidez do óleo do mesocarpo da macaúba em função do número de aplicações de 1-MCP e do período de armazenamento. Número de aplicações 1, 2, 3, 4 vezes e períodos de armazenamento de 10, 20, 30, 40, 50 dias. b) e c) Cortes da superfície de resposta.

- **Experimento 3 Efeito da concentração de AVG na conservação pós colheita dos frutos da macaúba.**

Visualmente podemos observar que o AVG foi eficiente em retardar o amadurecimento dos frutos da macaúba como pode ser observado na figura 13. Observamos que, os frutos não tratados com o AVG apresentaram-se aos 50 dias após o armazenamento mais maduros e com o processo de senescência mais avançado, como os frutos estavam mais maduros a polpa estava mais mole facilitando a penetração e contaminação pelos fungos. Dentre as concentrações de AVG aplicadas, a de 4g/l foi a que favoreceu o melhor retardo do amadurecimento tanto que os frutos assim tratados apresentaram, mesmo após 50 dias de armazenamento, melhor aspecto visual, estando os frutos menos maduros e com pouca contaminação por fungos. Chitarra & Chitarra, (2005), salientam que em estádios mais avançados de armazenamento, a ação de fungos também contribui para a desestruturação dos frutos.



Figura 13 Aspecto visual do mesocarpo da macaúba submetidos a diferentes concentrações do AVG, após armazenamento durante 50 dias.

Em vários trabalhos, os autores ressaltam a capacidade do AVG em inibir a própria síntese do etileno, e desta forma retardar as mudanças fisiológicas dos frutos comuns às etapas de maturação e senescência como o Steffens et al. (2011) trabalhando

com Ameixas 'Laetitia', Tavares et al. (2009) com Tangor 'Murcott', Amarante et al. (2009) com Maça 'Gala', Steffens et al.(2006) com maçã 'Gala' e Ferri et al.(2002) com Caqui 'Fuyu" mostrando com seus trabalhos a eficiência do AVG.

Para as variáveis, firmeza do mesocarpo e acidez do óleo do mesocarpo a interação concentração x armazenamento foi não significativa (FIGURA 14).

Observamos que a firmeza diminuiu ao longo do período de armazenamento chegando aos 50 dias com 24 N. A perda progressiva da firmeza ocorre como consequência do amadurecimento normal, um processo complexo que envolve diferentes mecanismos tais como: perda do turgor celular, redução do tamanho e distribuição dos polímeros das paredes celulares, ação de enzimas hidrolíticas e outros mecanismos não enzimáticos (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

Já a acidez do óleo do mesocarpo aumentou ao longo do período de armazenamento chegando aos 50 dias com 43 %. Este aumento se deve à quebra dos glicérides do óleo e consequente liberação de ácidos graxos livres. Na produção de biodiesel a elevada acidez, que pode ser gerada devido a processos inadequados de colheita, amadurecimento, armazenamento ou mesmo na extração do óleo, interfere no processo de transesterificação, pois os ácidos graxos livres formados reagem com o catalisador formando produtos saponificados, diminuindo a eficiência de conversão (ALVES et al., 2000).

Na figura 15 temos o teor de óleo do mesocarpo e o teor de sólidos solúveis totais. Observamos que os teores de óleo aumentaram ao longo do armazenamento, mais uma vez reforçamos que os frutos da macaúba são climatéricos, continuando seu acúmulo óleo após a colheita. O tratamento sem a aplicação do AVG apresentou os maiores teores de óleo sendo de 66% aos 50 dias de armazenamento, enquanto os frutos tratados com o AVG apresentaram os menores teores. O tratamento referente a 2g/L apresentou 58% de óleo e o tratamento com 4g/L 56%. Esses resultados comprovam que os frutos sem aplicação do AVG se encontravam com a maturação mais avançada do que os frutos tratados comprovando que o AVG retardou o amadurecimento desses frutos

O teor de sólidos solúveis totais aumentou ao longo do período de armazenamento (resultado já observado e discutido anteriormente). Os maiores teores foram encontrados nos frutos não tratados com o AVG sendo de 5,5 °Brix aos 50 dias de armazenamento e os menores teores encontrados nos frutos tratados. Os frutos tratados com 2g/L apresentaram 5,2 °Brix e com 4g/L 4,8 °Brix. Assim verificamos que a medida que se aumentava as concentrações os teores diminuía. Steffens (2011), ao

trabalhar com ameixas 'Laetitia', também relatou que os frutos tratados com o AVG apresentaram menores teores de sólidos Solúveis Totais.

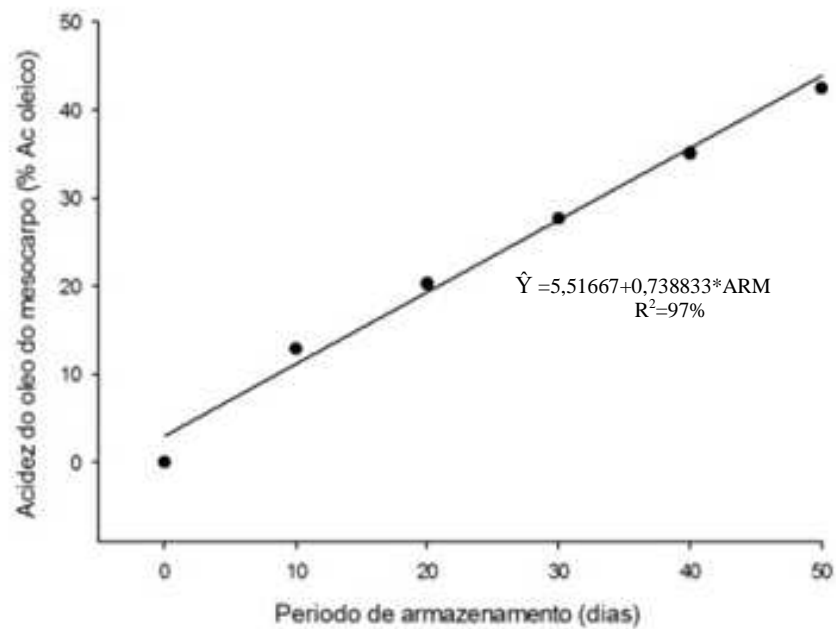
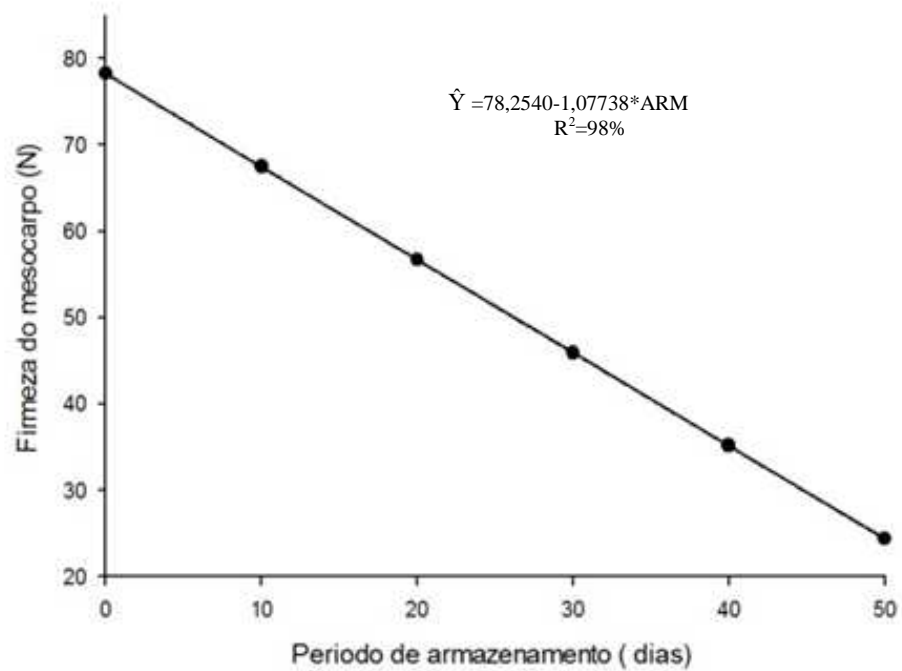


Figura 14 Firmeza e acidez do óleo do mesocarpo da Macaúba ao longo do período de armazenamento.

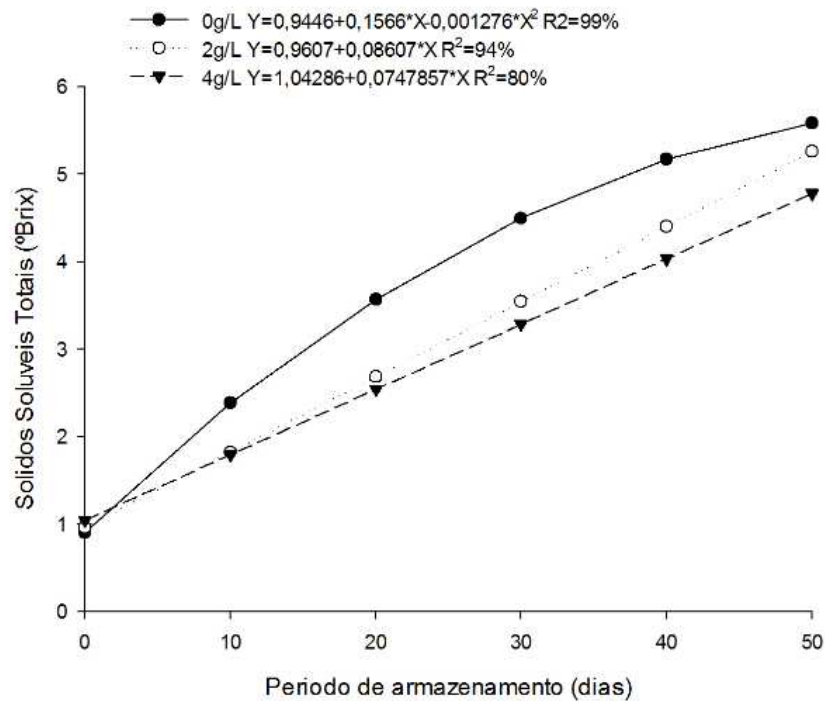
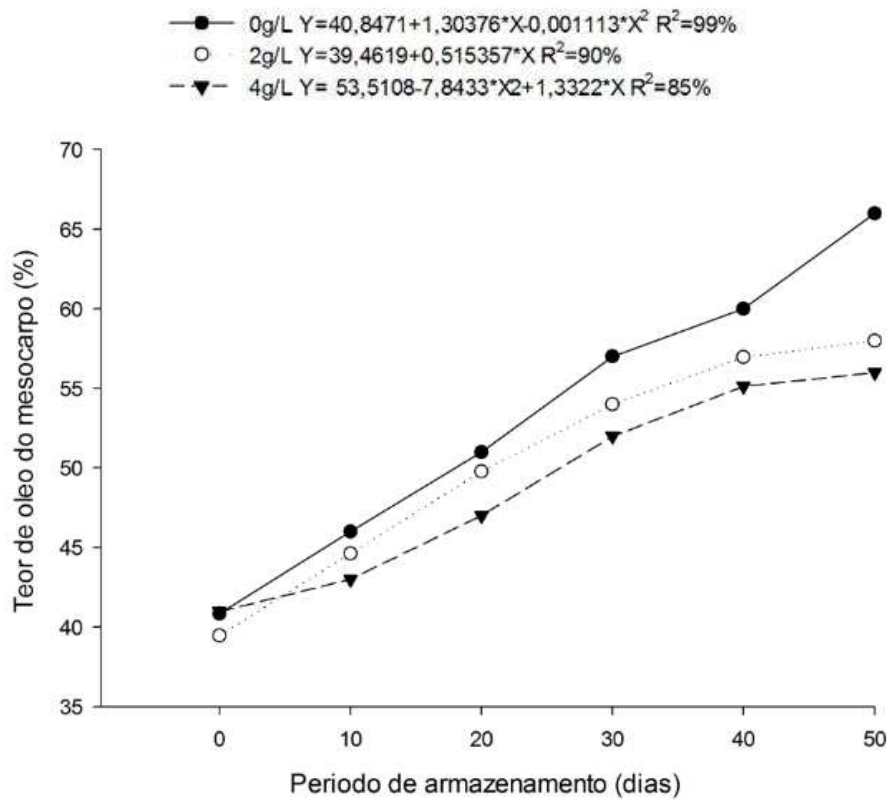


Figura 15 Teor de óleo e Sólidos Solúveis totais do mesocarpo da Macaúba submetido a diferentes concentrações do AVG ao longo do período de armazenamento.

A evolução de etileno pode ser observada na figura 16. O pico de evolução de etileno foi maior nos frutos não tratados com o AVG demonstrando a eficiência do mesmo em inibir a síntese etileno nos frutos tratados. O menor pico foi observado na maior concentração do AVG (4g/L). Os picos ocorreram aos 10 dias de armazenamento. Em seguida, houve redução da evolução do etileno que se manteve aproximadamente constante até o final das avaliações aos 50 dias. Mesmo esses picos se mantendo constantes a partir dos 20 dias, observa-se que, aos 50 dias, os frutos não tratados apresentaram maiores produções de etileno, e menor produção foram observados nos frutos tratados com a maior concentração (4g/L). Brackmann et al. (2008) também relataram produção de etileno mais elevada nos frutos sem aplicação do AVG ao trabalharem com maçã “Gala”. O mesmo também foi observado por Torrigiani et al. (2004) trabalhando com nectarinas cv. “Stark Red Gold”.

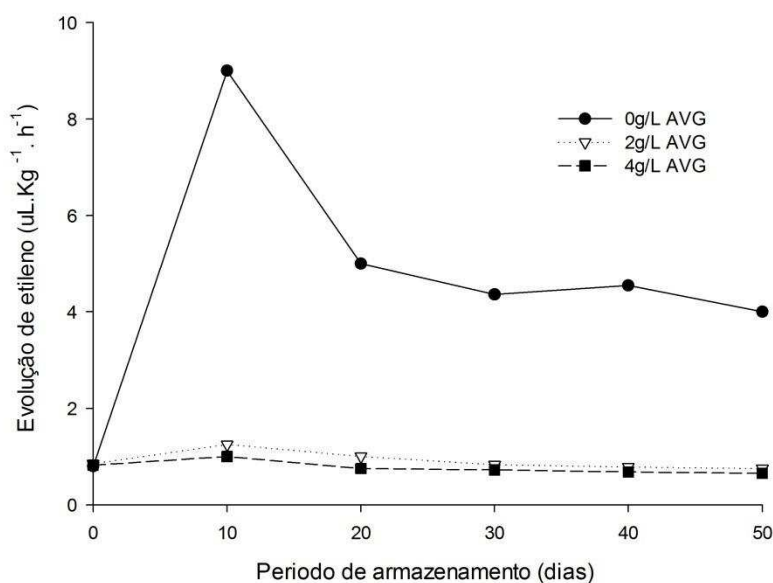


Figura 16 Evolução de etileno dos frutos da macaúba submetidos à aplicação do AVG durante o armazenamento.

4 CONCLUSÃO

Os inibidores da ação e da biossíntese do etileno foram eficazes em retardar o amadurecimento dos frutos da macaúba, com a manutenção da qualidade até os 50 dias de armazenamento. O 1-MCP, na concentração de 3000 nL.L⁻¹ e quando aplicado 2 vezes na concentração 2000 nL.L⁻¹ mostrou-se eficaz em reduzir a velocidade do amadurecimento. Já o AVG, mostrou melhor eficácia quando aplicado na concentração de 4g/L.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A determinação do ponto de colheita de frutos de macaúba é complexa, pois as características externas dos frutos são definidas nas fases iniciais do desenvolvimento do fruto, entretanto existem parâmetros que podem auxiliar nesse processo. O conhecimento da idade dos frutos pode ser uma interessante referência, visto que, os frutos atingem a maturidade fisiológica em torno de 400 dias após a antese, o que coincide com a queda natural dos frutos. Verificou-se também que, quando a idade dos frutos não for conhecida, pode-se utilizar como parâmetro a firmeza dos frutos, em torno de 30 N.

Inibidores da ação ou da síntese do etileno favoreceram a conservação pós-colheita dos frutos da macaúba. As maiores concentrações utilizadas de 1-MCP (3000 nL.L-1) e de AVG (4g/L) reduziram a velocidade do amadurecimento dos frutos, com a manutenção da qualidade até os 50 dias após a colheita, prolongando assim a vida útil desses frutos.

Em nossos estudos observamos o acúmulo de óleo durante o armazenamento dos frutos em todos os experimentos realizados, o que evidencia que os processos metabólicos continuam mesmo após a maturação fisiológica, confirmando o comportamento climatérico desses frutos.

Os resultados desses trabalhos nos auxiliam em importantes questões para o estabelecimento da macaúba, como a colheita e a pós-colheita. Com a utilização dos parâmetros será possível obter frutos com melhor qualidade, pois a colheita poderá ser feita diretamente no cacho, antes da queda natural dos frutos; sendo os frutos climatéricos o acúmulo de óleo continuará após a colheita. Dessa forma, com maior eficiência, os frutos poderão ser submetidos a métodos de conservação, como uso de inibidores do etileno, e posteriormente serem armazenados, mantendo os frutos com melhor qualidade por maior período.

Novos estudos de conservação pós-colheita da macaúba poderão trazer contribuições ao desenvolvimento da sua cadeia produtiva, como uso da secagem e outros conservantes pós-colheita.

6 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ABELES, F.B.; MORGAN, P.W.; SALTVEIT JÚNIOR, M.E. Ethylene in plant biology. 2nd ed. San Diego: **Academic Press**, 1992.

ALVES, T. M. A.; SILVA, A.F.; BRANDÃO, M.; GRANDI, T. S. M.; SMÂNIA, E. F. A.; JÚNIOR, A. S.; ZANI, C. L. **Biological Screening of Brazilian Medicinal Plants**. Mem Inst Oswaldo Cruz, 2000.

AMARANTE, C. V. T & STEFFENS, C. A.. O tratamento pré-colheita com avg, aliado à absorção do etileno durante o armazenamento refrigerado, preserva a qualidade de maçãs 'gala'. **Revista brasileira de fruticultura**.2009

ARGENTA, L.C. 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, 2003.

ASMAR, S. A; ABREU, C. M. P; LIMA, R. A. Z; CORRÊA, A. D; SANTOS, C. D. Firmeza de mamão tratado com 1-mcp em diferentes tempos de exposição. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 2, p. 440-444, mar./abr., 2010.

AMERICAN OIL CHEMISTS' SOCIETY (AOCS). **Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society**. 4th Edition, Illinois, 1994.

BASSETTO, E.; JACOMINO, A.P.; PINHEIRO, A.L.; KLUGE, R.A. Delay of ripening of 'Pedro Sato' guava with 1- methylcyclopropene, **Postharvest Biology and Technology**, Wageningen, v. 35, n. 3, 2005.

BRACKMANN, A; EISERMANN, A. C; WEBER, A; GIEHL, R. F. H; PAVANELLO, E. P. Vanderlei Both. Qualidade da maçã "Gala" armazenada em atmosfera controlada associada à absorção e ao controle da síntese e da ação do etileno. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.8 nov, 2008.

BOTREL, N.; JUNIOR, M. F.; VASCONCELOS, R. M.; BARBOSA, H. T. G. Inibição do amadurecimento da banana-‘prata-anã’ com a aplicação do 1-metilciclopropeno. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 24, n. 1 abril 2002.

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

DONG, L. et al. Effect of 1- methylcyclopropene on ripening of ‘Canino’ apricots and ‘Royal Zee’ plums. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, n.2, 2002.

EVARISTO, A. B. (2015). **Conservação pós-colheita e potencial bioenergético de frutos de macaúba (Acrocomia aculeata)**. Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa (UFV), de Pós-Graduação em Fitotecnia.

FERRI, V. C; RINALDI, M. M; DANIELI, R; LUCHETTA, L; ROMBALDI, C. V. Controle da maturação de caquis 'fuyu', com uso de aminoethoxivinilglicina e ácido giberélico. **Revista brasileira de fruticultura**, 2002.

GARDIN, J. P. P; ARGENTA, L. C; SOUZA, E. L; ROMBALDI, C. V; SOUZA, A. L. K. Qualidade de caqui ‘rama forte’ após armazenamento refrigerado, influenciada pelos tratamentos 1-mcp e/ou Co₂. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 34, n. 4, p. 1043 - 1050, Dezembro 2012.

GOULART, S. M. (2014). **Amadurecimento pós-colheita de frutos de macaúba e qualidade do óleo para a produção de biodiesel**. Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa (UFV), de Pós-Graduação em Fitotecnia.

HENDGES, M. V; STEFFENS, C. A; AMARANTE, C. V. T; ANTONIOLLI, L. R; BRACKMANN, A. Interação 1-MCP e dano mecânico na qualidade de maçãs ‘Royal Gala’ armazenadas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.10, n.2, p.218-223, 2015

JACOMINO, A.J.; KLUGE, R.A.; BRACKMAN, A.; CASTRO, P.R. C. Amadurecimento e senescência de mamão com 1-metilciclopropeno. **Scientia Agrícola**, v.59, n.2, p.303-308. 2002.

JOMORI, M.L. L.; KLUGE, R. A.; JACOMINO, A. P. Cold storage of 'Tahiti' lime treated with 1-methylcyclopropene. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 60, n. 4, p. 785-788, 2001.

LIMA, M. A. C.; MOSCA, J. L.; TRINDADE, D. C. G. Atraso no amadurecimento de atemoia cv. African Pride após tratamento pós-colheita com 1-metilciclopropeno. **Ciência de Tecnologia Alimentos**, Campinas, 30(3): 599-604, jul.-set. 2010.

LOHANI, S.; TRIVEDI, P.K.; NATH, P. Changes in activities of cell wall hydrolases during ethylene-induced ripening in banana: effect of 1-MCP, ABA and IAA. **Postharvest Biology and Technology**, 2004

MANENOI, A.; BAYOGAN, E.R.V.; THUMDEE, S.; PAULL, R.E. Utility of 1-methylcyclopropene as a papaya postharvest treatment. **Postharvest Biology and Technology**, 2007.

MONTOYA, S. G. (2013). **Caracterização do desenvolvimento do fruto da palmeira macaúba**. Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa (UFV), de Pós-Graduação em Fitotecnia.

MARTINS, A. D. (2013). **Radiação gama e secagem na conservação da qualidade do óleo de frutos de Macaúba**. Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa (UFV), de Pós-Graduação em Fitotecnia.

MOTOIKE, S. Y; CARVALHO, M; PIMENTEL, L. D; KUKI, K. N; PAES, J. M. V; DIAS; H. C. T.; SATO, A.Y. **A cultura da Macaúba: Implantação e Manejo de cultivos racionais**. Viçosa MG. Ed. UFV, 2013

PINHEIRO, A. C. M; VILAS BOAS, E. V. B; BOLINI, H. M. A. Prolongamento da vida pós-colheita de bananas-maçã submetidas ao 1-metilciclopropeno (1-MCP) – qualidade sensorial e física. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, jan.-mar. 2010.

ROHM AND HAAS COMPANY - 1 – Metilciclopropeno (1-MCP). 2000, 17 p. (Boletim Técnico)

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

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

SIMSON, S. P. **Post-harvest technology of horticultural crops**. Oxford Book Company, 2010.

SISLER, E. C.; SEREK, M. Compounds interacting with the ethylene receptor. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n. 553, p. 159-162, 2001.

SISLER, E. C.; SEREK, M. Inhibitors of ethylene responses in plants at the receptor level: recent developments. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 100, n. 3, 1997.

STEFFENS, C. A; GUARIENTI, A. J. W; STORCK, L; BRACKMANN, A. Maturação da maçã 'gala' com a aplicação pré-colheita de aminoetoxivinilglicina e ethephon. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.36, n.2, p.434-440, mar-abr, 2006

STEFFENS, C. A. Maturação e qualidade pós-colheita de ameixas 'laetitia' com a aplicação pré-colheita de AVG e GA3. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 33, n. 1, p. 021-031, Março 2011.

TAVARES, S; CAMARGO E CASTRO, P. R; KLUGE, R. A; JACOMINO, A. P; CATO, S. C.; AGUILA, J. S; JOMORI, M. L. J. Aplicação pós-colheita de aminoetoxivinilglicina em tangor 'murcott' sob armazenamento refrigerado. **Revista Iberoamericana de tecnología postcosecha**, 2009.

TORRIGIANI, P et al. Pre-harvest polyamine and aminoethoxyvinylglycine (AVG) applications modulate fruit ripening in Stark Red Gold nectarines (*Prunus persica* L. Batsch). **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.33, n.3, p.293-308, 2004.

UFV. 1997. SAEG. Sistema de análises estatísticas e genética (Versão 5.0).
Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG.

VIEIRA, M. J; ARGENTA, L. C; AMARANTE, C. V. T; CRISTIANO ANDRÉ
STEFFENS , AMANDA MARIA FURTADO DREHMER VIEIRA. Preservação da
qualidade pós-colheita de kiwi 'bruno' pelo controle do etileno. 2010.

KAYS, S.J.; PAULL, R.E. **Postharvest biology**. Athens: EP press, 2004. 568p.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928.