

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE AGRONOMIA

DIANINY DE CÁSSIA SOUSA MENDES

CARACTERIZAÇÃO FISIOLÓGICA DO FRUTO MURICI
(Byrsonima sp.) in natura

Goiânia
2017

**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR AS TESES
E DISSERTAÇÕES ELETRÔNICAS NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG**

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela resolução CEPEC 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

1. Identificação do material bibliográfico: ☒ **Dissertação** ☐
Tese

2. Identificação da Tese ou Dissertação

Nome completo do autor (a): DIANINY DE CÁSSIA SOUSA MENDES

Título do trabalho: CARACTERIZAÇÃO FISIOLÓGICA DO FRUTO MURICI
(*Byrsonima sp.*) *in natura*

3. Informações de acesso ao documento:

Concorda com a liberação total do documento ☒ Sim ☐ Não¹

Havendo concordância com a disponibilização eletrônica, torna-se imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF da tese ou dissertação.

Dianiny de Cássia Sousa Mendes

Data: 03 / 05 / 2017

Assinatura do(a) autor(a)

¹ Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da defesa. A extensão deste prazo suscita justificativa junto à coordenação do curso. Os dados do documento não serão disponibilizados durante o período de embargo.

³ A assinatura deve ser escaneada.

DIANINY DE CÁSSIA SOUSA MENDES

CARACTERIZAÇÃO FISIOLÓGICA DO FRUTO MURICI
(Byrsonima sp.) in natura

Dissertação apresentada à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás, como exigência para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. Flávio Alves da Silva

Coorientadores: Prof^a. Dr^a. Clarissa Damiani e Dr. Edson Pablo da Silva.

Goiânia
2017

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do
Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Mendes, Dianiny de Cássia
CARACTERIZAÇÃO FISIOLÓGICA DO FRUTO MURICI (*Byrsonima*
sp.) in natura [manuscrito] / Dianiny de Cássia Mendes. - 2017.
LXXXV, 85 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Flávio Alves Silva; co-orientador Dr. Edson
Pablo Silva; co-orientador Clarissa Damiani.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Escola
de Agronomia (EA), Programa de Pós-Graduação em Ciência e
Tecnologia de Alimentos, Goiânia, 2017.

Bibliografia. Anexos.

Inclui siglas, mapas, fotografias, abreviaturas, gráfico, tabelas,
lista de figuras, lista de tabelas.

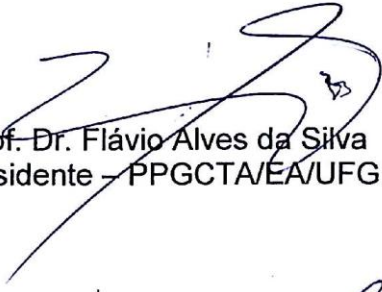
1. Murici (*Byrsonima sp.*); 2. Desenvolvimento fisiológico; 3. Frutos
do Cerrado; 4. Compostos bioativos; I. Silva, Flávio Alves, orient. II.
Título.

CDU 66.0




UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
MESTRADO

ATA DA REUNIÃO DA BANCA EXAMINADORA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE DIANINY DE CÁSSIA SOUSA MENDES. Aos vinte e quatro dias do mês de fevereiro de 2017 (24/02/2017), às 09h00min, reuniram os componentes da Banca Examinadora: Prof. Dr. Flávio Alves da Silva – Orientador – PPGCTA/EA/UFG, a Profa. Dra. Rosângela Vera – EA/UFG e o Prof. Dr. Cláudio Fernandes Cardoso – EA/UFG, para sob a presidência do primeiro, e em sessão pública realizada na Sala 209 – Prédio Pequi - da Escola de Agronomia/UFG, proceder a avaliação da defesa de dissertação intitulada: “**Caracterização fisiológica do Murici (*Byrsonima sp.*)**”, em nível de MESTRADO, área de concentração em CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, de autoria de **DIANINY DE CÁSSIA SOUSA MENDES**, discente do Programa de PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS da Universidade Federal de Goiás. A sessão foi aberta pelo presidente da Banca Examinadora, Prof. Dr. Flávio Alves da Silva, que fez a apresentação formal dos membros da Banca. A palavra, a seguir, foi concedida a autora da dissertação, que, em trinta minutos, procedeu à apresentação de seu trabalho. Terminada a apresentação, cada membro da Banca fez arguição da examinada, tendo-se adotado o sistema de diálogo sequencial. Terminada a fase de arguição, procedeu-se à avaliação da defesa, tendo-se em vista o que consta na Resolução nº. 1403/2016 do Conselho de Ensino, Pesquisa, Extensão e Cultura (CEPEC), que regulamenta o Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, a dissertação foi **Aprovada** e, para fins de expedição do diploma de **MESTRE EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**, na área de concentração em **CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS** pela Universidade Federal de Goiás, a candidata deverá proceder à entrega da versão final corrigida, nos termos do artigo 42 da resolução do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Cumpridas as formalidades de pauta, às 11h30min, a presidência da mesa encerrou esta sessão de defesa de dissertação, e para constar, lavrou-se a presente Ata, que, depois de lida e aprovada, é assinada pelos membros da Banca Examinadora em três vias de igual teor.


Prof. Dr. Flávio Alves da Silva
Presidente – PPGCTA/EA/UFG


Profa. Dra. Rosângela Vera
Membro - EA/UFG


Prof. Dr. Cláudio Fernandes Cardoso
Membro – EA/UFG

A minha mãe Vanuza, meu pai Crisólito, meu irmão Maycon Mendes, pelo amor e apoio ao longo desta jornada...

Dedico!

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus e a virgem Maria, pelas bênçãos recebidas e pela força para prosseguir nos momentos mais difíceis que enfrentei no mestrado, meus colegas e professores.

À minha família que sempre me apoiou e esteve comigo nos momentos felizes e principalmente nos mais difíceis, amo vocês.

Ao meu eterno namorado Higor Geovanne, por me ajudar em cada momento nestes 2 anos de curso, não me deixando um instante desamparadaa, me mostrando das formas mais simples que eu sou sim capaz de fazer o melhor e alcançar até os mais altos objetivos, obrigada amor, esse título também é seu.

Ao Prof. Dr. Flávio Alves da Silva, pela dedicação na orientação em todo este período de aprendizado.

A Prof.^a Dr. Clarissa Damiani e ao Prof. Dr. Edson Pablo da Silva, pelo empenho na coorientação e dedicação em me incentivar a melhorar sempre o meu trabalho.

Ao Prof. Dr. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas, pela competência em resolver os assuntos a todos os momentos, e por ceder os laboratórios do Departamento de Ciência dos Alimentos, da Universidade Federal de Lavras, para a conclusão com o melhor êxito deste trabalho, agradeço imensamente.

Aos meus colegas de Mestrado pela companhia e incentivo. À Maria Carolina de Almeida, que ao longo dos nossos estudos deixou de ser uma colega e se tornou minha amiga, guerreira e cúmplice nas horas vagas, aguentou minhas crises e sempre me incentivou a continuar, meu muito obrigada.

“As coisas mais simples da vida são as mais extraordinárias, e só os sábios conseguem vê-las.”

Paulo Coelho.

MENDES, D. C. S. **Caracterização fisiológica Do Fruto Murici (*Byrsonima sp.*) *In Natura*.** 2017. 86f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia em Alimentos) – Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás, 2017.

RESUMO

O Cerrado é um bioma brasileiro que apresenta elevada diversidade de espécies frutíferas, com características peculiares que ainda são pouco exploradas cientificamente. Dentre estas espécies nativas, está o murici (*Byrsonima sp.*), que possui sabor *sui generis*, adocicado, levemente ácido, com coloração amarelada. O desenvolvimento fisiológico consiste basicamente nas etapas de crescimento, maturação, amadurecimento e senescência, nos quais os frutos passam por diversos processos bioquímicos e fisiológicos. Mesmo havendo grande importância, estudos sobre desenvolvimento fisiológico dos frutos, especialmente os nativos do cerrado, são bastante escassos. Visando este contexto, objetivou-se caracterizar o fruto murici, analisando os parâmetros físicos, químicos, bioquímicos e bioativos, no desenvolvimento fisiológico. A coleta dos frutos teve início com 15 dias após antese (DAA), em uma área da Emater Qda/Área/Lote AR3, Campus Samambaia da Universidade Federal de Goiás, localizada em Goiânia-GO, entre o período de Agosto a Novembro de 2015. O desenvolvimento completo do murici ocorreu em 85 DAA, com aumento constante de massa e diâmetros transversal e longitudinal, caracterizando comportamento sigmoidal duplo. A coloração alterou-se do verde para o amarelo, apresentando alterações nos parâmetros L^* , $^{\circ}\text{Hue}$ e croma, e constatou-se ainda a presença de carotenoides $38,11 \pm 0,03 \text{ mg.g}^{-1}$ e a degradação de clorofila $1,18 \pm 0,34 \text{ mg.g}^{-1}$ ao final do desenvolvimento. A respiração apresentou decréscimo constante atingindo nível 0 aos 85 DAA caracterizando o comportamento não-climatérico dos frutos. A firmeza reduziu no amadurecimento $8,55 \pm 0,09 \text{ N}$ e ocorreu a solubilização de pectinas ao final do desenvolvimento. Os compostos antioxidantes se mostraram presentes em maior quantidade entre 35 e 55 DAA e o ácido ascórbico reduziu atingindo $38,34 \pm 0,19 \text{ mg.g}^{-1}$ ao final do desenvolvimento. Os compostos fenólicos majoritários identificados no desenvolvimento do murici foram o ácido gálico, a catequina e a vanilina. Foram avaliados 31 constituintes voláteis, prevalecendo os aldeídos entre 15 e 45 DAA, ácidos carboxílicos entre 55 a 85 DAA, especialmente o ácido hexanóico com 90,7% no 85° DAA e o éster hexanoato de etila apresentou 1%, no final do desenvolvimento com 85 DAA.

Palavras-Chave: Desenvolvimento fisiológico, Frutos do cerrado, Murici (*Byrsonima sp.*), Compostos bioativos.

MENDES, D. C. S. **Physiological characterization of Murici fruit (*Byrsonima sp.*) in *Natura***. 2017. 86f. Dissertation (Master in Science and Technology of Food) – School of Agronomy of the Federal University of Goiás, 2017.

ABSTRACT

The cerrado is a Brazilian biome that presents a high diversity of fruit species, with peculiar characteristics that are still little explored scientifically. Among these native species is murici (*Byrsonima sp.*), Which has a sui generis flavor, sweet, slightly acidic, with a yellowish coloration. The physiological development basically consists of the stages of growth, maturation, maturation and senescence, in which the fruits undergo several biochemical and physiological processes. Although there is great importance, studies on the physiological development of fruits, especially the native ones of the cerrado, are very scarce. Aiming at this context, the objective was to characterize the murici fruit, analyzing the physical, chemical, biochemical and bioactive parameters in the physiological development. Fruit collection was started 15 days after anthesis (DAA) in an area of the Emater Qda / Area / Lot AR3, Samambaia Campus of the Federal University of Goiás, located in Goiânia-GO, from August to November 2015 The complete development of murici occurred in 85 DAA, with constant increase of mass and transversal and longitudinal diameters, characterizing double sigmoidal behavior. The coloration changed from green to yellow, with changes in L *, Hue and chroma parameters, and the presence of carotenoids $38.11 \pm 0.03 \text{ mg.g}^{-1}$ and the degradation of chlorophyll 1 , $18 \pm 0.34 \text{ mg.g}^{-1}$ at the end of development. Breathing presented a constant decrease reaching level 0 at 85 DAA characterizing the non-climacteric behavior of the fruits. Firmness reduced at ripening $8.55 \pm 0.09 \text{ N}$ and pectin solubilization occurred at the end of development. The antioxidant compounds were present in a greater amount between 35 and 55 DAA and the ascorbic acid reduced reaching $38.34 \pm 0.19 \text{ mg.g}^{-1}$ at the end of the development. The majority phenolic compounds identified in the development of murici were gallic acid, catechin and vanillin. A total of 31 volatile constituents were evaluated, with aldehydes between 15 and 45 DAA, carboxylic acids between 55 and 85 DAA, especially hexanoic acid with 90.7% at 85 ° DAA and ethyl hexanoate ester 1%, At the end of development with 85 DAAs.

Key words: Physiological development, Fruits of the cerrado, Murici (*Byrsonima sp.*), Bioactive compounds.

LISTA DE EQUAÇÕES

CAPÍTULO II

Equação 1 Cálculo da clorofila total.....	09
Equação 2 Cálculo do ângulo Hue.....	41
Equação 3 Cálculo da cromaticidade.....	41

CAPÍTULO III

Equação 4 Cálculo dos carotenoides totais.....	67
---	----

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

Figura 1 representação dos biomas brasileiros (Fonte: IBGE, 2015).....	18
Figura 2 Fotografias representativas do Murici (<i>Byrsonima sp.</i>): anteses florais a), folhas e frutos b), frutos imaturos c) e frutos maduros d).....	20
Figura 3 Etapas do desenvolvimento fisiológico de frutos (SILVA, 2008).....	21
Figura 4 Estrutura genérica de classes de flavonoides (BALASUNDRAM, SUNDRAM e SAMMAN, 2006).....	23
Figura 5 Representação esquemática dos ácidos hidrobenzóicos a) e ácidos hidrocinâmicos b) (BALASUNDRAM; SUNDRAM; SAMMAN, 2006).....	24
Figura 6 Representação esquemática do mecanismo de ação antioxidante primário a) e estrutura molecular do ácido ascórbico b) (RAMALHO, 2005; FIORUCCI, 2003). ..	25

CAPÍTULO II

Figura 1 Antese a), Folhas, frutos e galhos b) Frutos Murici (<i>Byrsonima sp.</i>) c).....	43
Figura 2 Valores médios, regressão polinomial dos valores, com significância ($p>0,05$) para a massa a), diâmetro longitudinal b) e diâmetro transversal c), durante o desenvolvimento fisiológico do fruto Murici (<i>Byrsonima sp.</i>).....	44
Figura 3 Valores médios, regressão polinomial dos valores, com significância ($p>0,05$) para o valor das coordenadas de L^* a), Ângulo Hue b), Croma c) e Clorofila total d), durante o desenvolvimento fisiológico do fruto Murici (<i>Byrsonima sp.</i>).....	46
Figura 4 Valores médios, regressão polinomial dos valores, com significância ($p>0,05$), da taxa respiratória do fruto Murici (<i>Byrsonima sp.</i>), durante o desenvolvimento fisiológico.....	47
Figura 5 Valores médios e regressão polinomial dos valores com significância ($p>0,05$) para a firmeza a) pectina total b), pectina solúvel c), PG d), do fruto murici (<i>Byrsonima sp.</i>), durante o desenvolvimento fisiológico.....	49
Figura 6 Valores médios e regressão polinomial dos valores, com significância ($p>0,05$) para sólidos solúveis a), pH b) e Acidez total titulável c), durante o desenvolvimento fisiológico do fruto murici (<i>Byrsonima sp.</i>).....	50

Figura 7 Valores médios e regressão polinomial dos valores, com significância ($p>0,05$) para o Amido a), Açúcares totais b), Açúcares redutores c), Açúcares não-redutores d), durante o desenvolvimento fisiológico do fruto murici (<i>Byrsonima sp.</i>).....	51
Figura 8 Valores médios e regressão polinomial dos valores, com significância ($p>0,05$) para Extrato etéreo a), Proteínas b), Umidade c), Cinzas d), Fibra Alimentar Total e), durante o desenvolvimento fisiológico do fruto murici (<i>Byrsonima sp.</i>).....	53

CAPÍTULO III

Figura 1 Valores médios e regressão polinomial dos valores e coeficientes de determinação, com significância ($p>0,05$) para o ácido ascórbico a), carotenoides totais b), durante o desenvolvimento fisiológico do fruto murici (<i>Byrsonima sp.</i>).....	68
Figura 2 Valores médios, regressão polinomial dos valores e coeficientes de determinação dos compostos fenólicos totais, com significância ($p>0,05$), durante o desenvolvimento fisiológico do fruto murici (<i>Byrsonima sp.</i>).....	69
Figura 3 Valores médios, regressão polinomial dos valores e coeficientes de determinação da atividade antioxidante, com significância ($p>0,05$) pelo método de DPPH a), método de ABTS ^{*+} b) e método de β -caroteno c), durante o desenvolvimento fisiológico do fruto murici (<i>Byrsonima sp.</i>).....	71

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO III

Tabela 1 Quantificação e identificação por HPLC-DAD/UV-Vis de compostos fenólicos do fruto murici (<i>Byrsonima sp</i>) <i>in-natura</i> , durante os estádios de desenvolvimento fisiológico.....	70
Tabela 2 Constituintes voláteis, índice de retenção calculado e porcentagem de área relativa dos compostos aromáticos presentes no fruto murici (<i>Byrsonima sp.</i>) <i>In natura</i>	74

SUMÁRIO

CAPÍTULO I	17
1 INTRODUÇÃO	17
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1 Frutíferas do cerrado	18
2.2 Murici (<i>Byrsonima sp.</i>): Aspectos botânicos, taxonomia e importância.	19
2.3 Desenvolvimento Fisiológico de Frutos.....	21
2.4 Compostos bioativos de frutos.....	23
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27
CAPÍTULO II.....	35
ARTIGO I - CARACTERIZAÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS DO MURICÍ (<i>BYRSONIMA SP.</i>) NO DESENVOLVIMENTO FISIOLÓGICO	35
1 INTRODUÇÃO	37
2 MATERIAL E MÉTODOS	38
2.1 OBTENÇÃO DOS FRUTOS	38
2.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	38
2.3 ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS	39
2.3.1 Massa, diâmetro longitudinal e diâmetro transversal	39
2.3.2 pH e acidez total titulável.....	39
2.3.3 Sólidos solúveis totais	39
2.3.4 Determinação de umidade	40
2.3.5 Determinação da fração cinzas	40
2.3.6 Determinação de fibra alimentar	40
2.3.7 Extrato etéreo	40
2.3.8 Determinação de açúcares totais, redutores e não redutores	40
2.3.9 Fração proteica	40
2.3.10 Clorofila total	40
2.3.11 Colorimetria	41
2.3.12 Amido	41

2.3.13	Atividade respiratória.....	42
2.3.14	Firmeza	42
2.3.15	Pectinas total e solúvel.....	42
2.3.16	Pectinametilesterase	42
2.3.17	Poligalacturonase	42
2.4	Análise estatística	43
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
4	CONCLUSÃO.....	54
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55

CAPÍTULO III	60
---------------------------	-----------

ARTIGO II - COMPOSTOS BIOATIVOS E PERFIL VOLÁTIL DO FRUTO		
MURICI (<i>BYRSONIMA SP.</i>) DURANTE O DESENVOLVIMENTO		
	FISIOLÓGICO	60
1	INTRODUÇÃO	62
2	MATERIAL E MÉTODOS	63
2.1	Obtenção dos frutos	63
2.2	Delineamento experimental	63
2.3	Análises químicas	64
2.3.1	Compostos Fenólicos Totais	64
2.3.2	Identificação do Perfil de Compostos Fenólicos	64
2.3.3	Ácido ascórbico	65
2.3.4	Carotenóides	65
2.3.5	Compostos Antioxidantes.....	65
2.3.6	Compostos voláteis	66
2.4	Análise estatística	66
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	66
4	CONCLUSÃO	75
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76
5	CONCLUSÃO GERAL.....	79
	ANEXO I.....	80

CAPÍTULO I

1 INTRODUÇÃO

O Cerrado é o segundo maior bioma brasileiro, sua vegetação é constituída por diversas fitofisionomias portando grande diversidade da flora brasileira (FURLEY, 1999; SANO et al., 2008). A vegetação do Cerrado compreende em um espaço natural de campos abertos, savanas e florestas variando em condições do solo, disponibilidade de água, o pH, saturação por alumínio, fertilidade, clima sazonal, dispersão de espécies de fauna e flora, além de ações antrópicas incluindo queimadas provocadas pela ação humana (SILVA et. al., 2015).

A junção de diferentes formas estruturais determina a diversidade de vegetações do Cerrado que podem ser divididas em cinco tipos principais: campo limpo, campo sujo, campo Cerrado, Cerrado *Stricto sensu* e cerradão. A vegetação mais abundante é o Cerrado *Stricto sensu* com aproximadamente 22% (SANO et al., 2010), é uma fisionomia aberta constituída por arbustos dispersos e árvores, geralmente de 3 a 8 metros de altura, com mais de 30% de cobertura da copa, com uma rica camada herbácea (OLIVEIRA-FILHO; RATTER, 2002).

Diversas espécies frutíferas do Cerrado produzem frutos com um excelente potencial nutricional, sensorial e funcionalidades específicas. A maioria desses frutos ainda permanecem pouco explorados pela comunidade científica (LIMA et al., 2015) como o Murici (*Byrsonima sp.*) que é um fruto típico do cerrado e possui elevado valor nutricional, diversas propriedades funcionais, com sabor *sui generis* pertencente a família Malpighiaceae, onde existem mais de 150 espécies desta família (SANNOMYA et al., 2007).

O momento da colheita de frutos e vegetais é um dos principais parâmetros para se determinar a qualidade. Para a colheita ser realizada no momento exato de estágio de maturação, os frutos devem ser avaliados com precisão utilizando-se alguns métodos como alterações físicas e químicas visíveis, ou detectadas através de análises laboratoriais, para obter-se a garantia da produção de frutos com boa qualidade e estabilidade, prevendo o seu comportamento quando armazenado (SILVA et al., 2016).

Visando estes fatores o trabalho objetivou estudar os parâmetros físicos, químicos, bioativos e fisiológicos do fruto Murici (*Byrsonima sp.*), durante o seu desenvolvimento a fim fornecer dados científicos sobre este fruto e contribuir com estudos posteriores.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Frutíferas do cerrado

Entre as mais ricas savanas do mundo temos o Cerrado contendo um patrimônio exuberante em recursos naturais renováveis, enfatizado especialmente por espécies frutíferas exóticas que possuem características sensoriais únicas e bastante intensas. Estas características concebem as frutíferas do Cerrado um potencial nacional e internacional, que desperta o interesse de consumidores e pesquisadores que buscam inovações e proporcionam um desenvolvimento competitivo (MORZELLE, et al., 2015).

Apesar do consumo ainda limitado, os frutos nativos do cerrado estão cada vez mais sendo inseridos no mercado, principalmente pelo processo extrativista da população local, visando atender a novos padrões de consumo, associados à possibilidade de consumir algo de aparência e sabor diferentes e que, também, reportem uma identidade, como por exemplo do umbu, a mangaba, o cajá da mata (MOTA et al., 2008) que são tradicionalmente utilizados tanto no consumo *in natura* como processados na forma de sucos, licores, sorvetes, geleias e doces (SILVA et al. 2008).

Alguns aspectos são preocupantes quando relatamos sobre o processo de degradação ambiental no Brasil, especialmente o bioma Cerrado decorrente da intensa exploração agropecuária que tem o transformado consideravelmente, dentre os resultados decorrentes do excesso de desmatamento estão a compactação do solo, erosão, assoreamento de rios, contaminação da água subterrânea e perda da biodiversidade refletindo sobre todo o ecossistema. Consequências dessa devastação contínua integram o risco para a saúde alimentar, à medida que a degradação ambiental se instala neste bioma, ocorrem sérias restrições a economia e à cadeia alimentar (CUNHA et al., 2008). Em um estudo desenvolvido pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), existem projeções do Agronegócio no Brasil de 2010/2011 a 2020/2021, em que as áreas do Cerrado irão consolidar na produção das principais culturas desta década, como a cana-de-açúcar, produção de soja e outros grãos (BRASIL, 2012).

O Cerrado, está localizado no Brasil, e representado na área demarcada na Figura 1.



Figura 1. Representação dos biomas brasileiros (FONTE: IBGE, 2015).

2.2 Murici (*Byrsonima* sp.): Aspectos botânicos, taxonomia e importância

O fruto Murici (*Byrsonima* sp.) pertence a família Malpigiaceae, também conhecido como muricizinho, douradinha-falsa, orelha-de-burro, é um fruto típico do cerrado e pode ser consumido tanto *in natura* como processado em forma de sorvetes, geleias, picolés, entre outros e além do consumo este fruto também é utilizado como agente terapêutico, anti-inflamatório e cicatrizante (GUSMÃO et al., 2006). No Brasil diversos tratamentos gastrointestinais são realizados utilizando espécies deste gênero, estudos científicos relatam diferentes atividades biológicas destas plantas especialmente antioxidantes, antimicrobianos e atividades anti-inflamatórias (GUILHON SIMPLICIO; PEREIRA, 2011).

O gênero *Byrsonima* popularmente conhecido como murici possui galhos frágeis, troncos tortuosos, folhas, flores e frutos, o muricizeiro é uma árvore considerada de pequeno porte que cresce aproximadamente cinco metros de altura (GUIMARÃES; SILVA, 2008; MONTEIRO et al., 2015). O fruto Murici quando maduro possui, cor amarela e o odor de sua polpa se assemelha a um queijo rançoso frutado. A composição química apresenta alto teor de água aproximadamente 76%, carboidratos 20%, lipídeos 3%, menos de 1% de proteínas e cinzas (GUIMARÃES; SILVA, 2008; MONTEIRO et al., 2015).

Existem aproximadamente 150 espécies de árvores do gênero *Byrsonima* (Malpighiaceae) que possuem uma notável distribuição neotropical, tais como, *B. crassifolia*, *B. caevis*, *B. intermedia*, *B. verbascifolia*, dentre outras (FERREIRA, 2005; RUFINO, 2008). A espécie *B. crassifolia* L. Rich diferem-se das demais espécies principalmente porque

apresenta uma filotaxia oposta dística e estípulas com 3-4 mm de comprimento, a espécie possui sépalas glabras ou as vezes tomentosas (ANDERSON, 2001).

A espécie *B. caevis* assemelha-se morfologicamente com a *B. crassifolia*, porém vegetativamente pode ser diferenciada devido ao ápice foliar retuso e emarginado, possui sépalas pilosas com margens inteiras conectadas, a espécie *B. chrysophylla* é facilmente reconhecida por ser a única da família Malpighiaceae que apresenta um par de glândulas na pétala estandante (ALEXANDRINO; SOUSA; BASTOS, 2011).

B. intermedia A. Juss. é popularmente conhecida como murici pequeno. Espécie medicinal, que é utilizada na redução de febre, infecções cutâneas, dores no estômago, diarreia desintérica, diurético e anti-asmático (SANNOMIYA et al., 2007; RINALDO et al., 2010).

B. verbascifolia, popularmente conhecida como murici-cascudo e douradinha falsa, podem ser encontrados na América tropical, é usado na medicina popular para remediar diarreias, infecções intestinais, feridas crônicas, doenças de chagas, inflamação na cavidade oral, garganta e aparelho genital feminino (GONÇALVES et. al., 2013), sua composição consiste aproximadamente em $66,16 \pm 0,1$ g.100g⁻¹ de carboidratos, $7,11 \pm 0,09$ g.100g⁻¹ de lipídeos e $1,72 \pm 0,08$ g.100g⁻¹ de proteínas (GUIMARÃES; SILVA, 2008).

O estudo do processamento da polpa de frutos do cerrado é a herança da população nativa, portanto, é bastante importante a investigação da possibilidade de estender a utilização destes alimentos que são fontes nutritivas de proteínas, vitaminas, lipídeos e outros componentes, como também o conhecimento científico sobre as propriedades químicas, físicas e do processamento destes frutos (KOUCHILA et al., 2002; CARNEIRO; MAPELI, 2013).

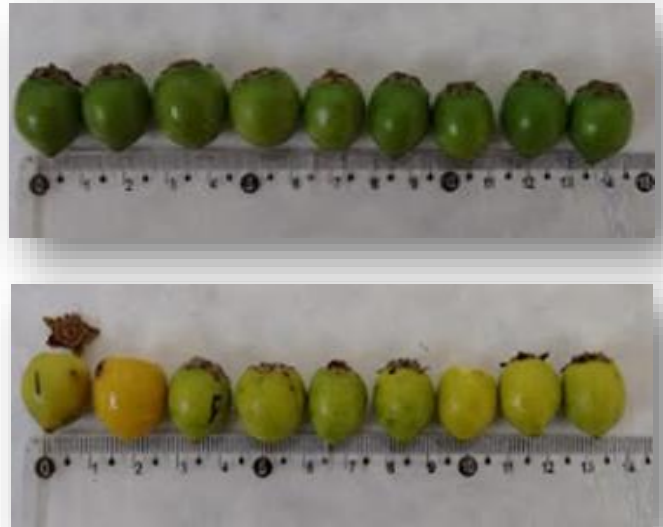


Figura 2: Fotografias representativas do Murici (*Byrsonima sp.*): anteses florais **a)**, folhas e frutos **b)**, frutos imaturos **c)** e frutos maduros **d)**.

2.3 Desenvolvimento Fisiológico de Frutos

O processo de desenvolvimento, com as fases de formação, crescimento, maturação e senescência dos órgãos da planta, ocorre mediante um conjunto de diferentes processos fisiológicos, bioquímicos e genéticos, durante o qual um tecido novo é formado e levado a senescência com a morte das células (WATADA et al., 1984; KLUGE et al., 2002; CHITARRA; CHITARRA, 2005).

O período de crescimento dos frutos (pré-maturação) envolve a divisão e o alongamento celular, ocorrendo o aumento físico irreversível dos frutos (MARTINS et al., 2003), já na maturação acontecem diversos fatores que regulam e identificam esta fase como a maioria das alterações fisiológicas e bioquímicas que promovem o desenvolvimento de sabor, aroma e aparência dos frutos (McATEE et al., 2013).

O amadurecimento de frutos é caracterizado por uma série de alterações bioquímicas, estruturais e fisiológicas, que incluem a produção de compostos aromáticos, nutrientes, pigmentação e amolecimento da polpa, apresentando uma textura comestível (SINGH; KHAN, 2010). Esta fase é bastante influenciada por fatores do ambiente, como temperatura, radiação solar, além de fatores genéticos intrínsecos da cadeia material vegetal (BERILLI, 2007). Ocorre nesta etapa o aumento da atividade enzimática e após o amadurecimento o fruto entra no processo de senescência, fase final do desenvolvimento (RHODES, 1980; VENDRELL; PALOMER, 1997).

O estudo dos estádios de desenvolvimento dos frutos é de extrema importância para desempenhar as práticas culturais e revelar períodos críticos de desenvolvimento que permitem, assim, conhecer a produção e época correta de colheita, bem como ampliar a qualidade (SALOMÃO; PEREIRA, 2006).

A Figura 3, representa o diagrama do ciclo de vital dos frutos e os principais processos fisiológicos que ocorrem durante o desenvolvimento fisiológico desde a fecundação até a senescência (SILVA, 2008).

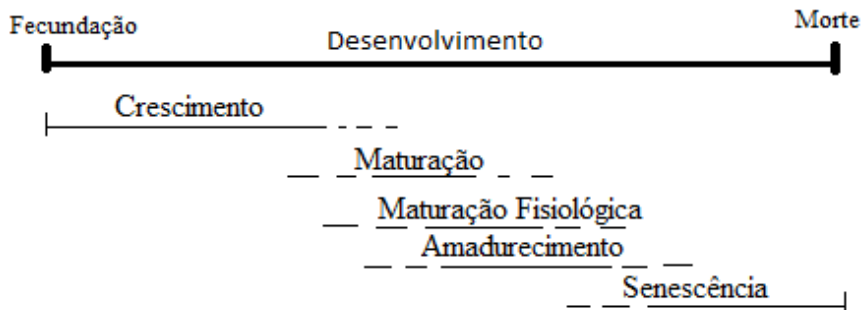


Figura 3. Etapas do desenvolvimento fisiológico de frutos (SILVA, 2008)

Um processo muito importante no desenvolvimento dos frutos é a atividade respiratória que tem um papel fundamental, principalmente após a colheita, na qual o fruto não consegue mais absorver água, minerais e nem realiza fotossíntese. A respiração vegetal, provoca a transformação de compostos orgânicos em água e dióxido de carbono (CO_2), gerando energia química, onde a mesma será utilizada para a biossíntese de novos compostos indispensáveis no processo de desenvolvimento fisiológico especialmente no amadurecimento quando ocorrem os processos de melhoria da qualidade sensorial e nutricional. A atividade respiratória dos frutos é totalmente influenciada pela sua fisiologia e alterações químicas que

ocorrem no desenvolvimento, a intensidade da respiração depende de condições externas do ambiente e intrínsecas do próprio vegetal (BARBOSA, 2013). A atividade respiratória dos frutos também varia em relação a espécie vegetal e até mesmo entre as cultivares em ocorrência da emissão de CO₂ (KRONGYUT et al., 2011).

2.4 compostos bioativos de frutos

Os vegetais fornecem diversos componentes importantes para a dieta humana que desempenham funções básicas como o ácido ascórbico, beta-caroteno e ácido fólico que são fontes de compostos bioativos diretamente associados à prevenção de doenças. Os polifenóis pertencem ao maior grupo dentre estes compostos nos vegetais e são subdivididos de acordo com sua estrutura química em diversas classes (ARTS; HOLLMAN, 2005).

O estudo da quantidade de compostos bioativos e antioxidantes dos frutos nativos do Cerrado propõem agregar valor comercial e industrial aos mesmos, contribuindo para a conservação do bioma e propondo alternativas diferenciadas de alimentos, garantindo a segurança alimentar para a saúde da população, evitando efeitos de perecibilidade causados pelos radicais livres (OLIVEIRA, et al., 2009), a oxidação de lipídeos é retardada por compostos antioxidantes que estão presentes naturalmente em frutos e vegetais. A qualidade do produto, portanto depende diretamente da seleção e qualidade de vários vegetais ricos em antioxidantes (SCALZO et al., 2005).

Sampaio et al. (2015) fizeram o primeiro estudo sobre a capacidade antioxidante e teor de fitoquímicos do fruto *Byrsonima ligustrifolia* na maturação. Os frutos imaturos, identificados como RS1 apresentaram ser a melhor fonte de compostos fenólicos do que os frutos maduros, a quantidade de antocianinas aumentou durante a maturação. Mesmo em fases avançadas de maturação, o fruto RS5, demonstrou a quantidade de ácido gálico 1419 mg/100 g DW, quantidade esta bastante expressiva. A maior capacidade antioxidante foi encontrada no primeiro estágio para todos os tratamentos utilizados, empregando Folin-Ciocalteu, ABTS* e DPPH, correlacionando com outros compostos, como flavonoides totais e fenólicos. Pesquisas científicas, como a desses autores, favorecem ainda mais o consumo do murici, proporcionando alternativas antioxidantes aplicadas as dietas cotidianas.

Os compostos fenólicos que possuem propriedades antioxidantes incluem a classe de fenóis, ácidos fólicos e seus derivados como os flavonoides, tocoferóis, tocotrienóis e taninos, estes compostos fenólicos contém pelo menos uma hidroxila ligada ao anel benzênico e são geralmente antioxidantes primários que promovem a remoção ou inativação de radicais livres (ROESLER; LORENCINI; PASTORE, 2010; ROESLER et al., 2007; HALLIWELL;

RAFTER; JENNER, 2005). A Figura 4, demonstra a estrutura de algumas classes de flavonoides. A classe dos flavonoides mais abundantes nos vegetais são os polifenóis, classificados como antioxidantes dietéticos e compostos bioativos que beneficiam a saúde humana (CHOI et al., 2014; CORCORAN et al., 2012).

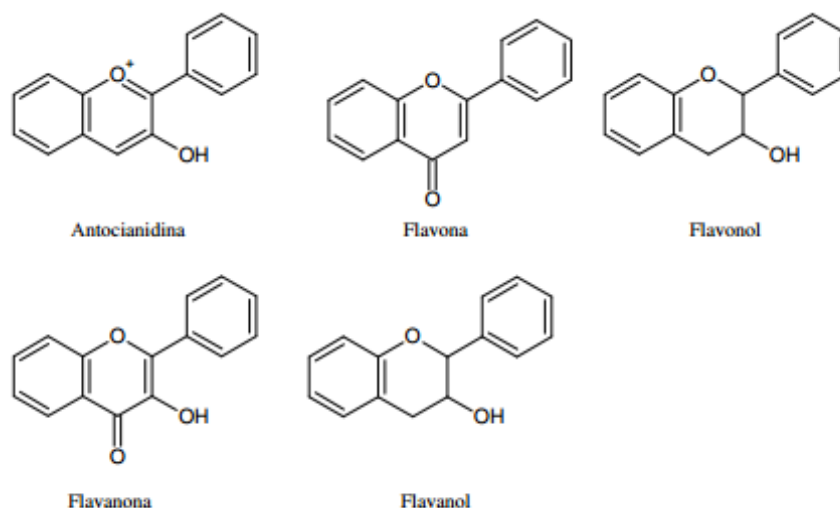


Figura 4. Estrutura genérica de classes de flavonoides (BALASUNDRAM, SUNDRAM e SAMMAN, 2006).

Os ácidos fenólicos (Figura 5), são subdivididos em derivados do ácido benzoico e cinâmico. Os ácidos hidrocinâmicos são os mais encontrados em relação aos hidrobenczoicos, sendo o p-cumárico, cafeico e sinápico os mais presentes. Esses ácidos dificilmente são encontrados na forma livre, o principal representante dos ácidos hidrocinâmicos é o ácido cafeico, identificado especialmente na forma de éster (ARAÚJO, 2011). Os compostos fenólicos mais comuns encontrados nos vegetais são o ácido cafeico (3,4-di-hidrocinâmico), ácido ferúlico (2-metox, 3-hidroxicinâmico), ácido cumárico (4-hidrocinâmico ou p-hidrocinâmico) e o 3-hidrocinâmico (m-hidrocinâmico), esses fenilpropanoides são estudados cientificamente e possuem alta atividade antioxidante (KARAMAC et al., 2005).

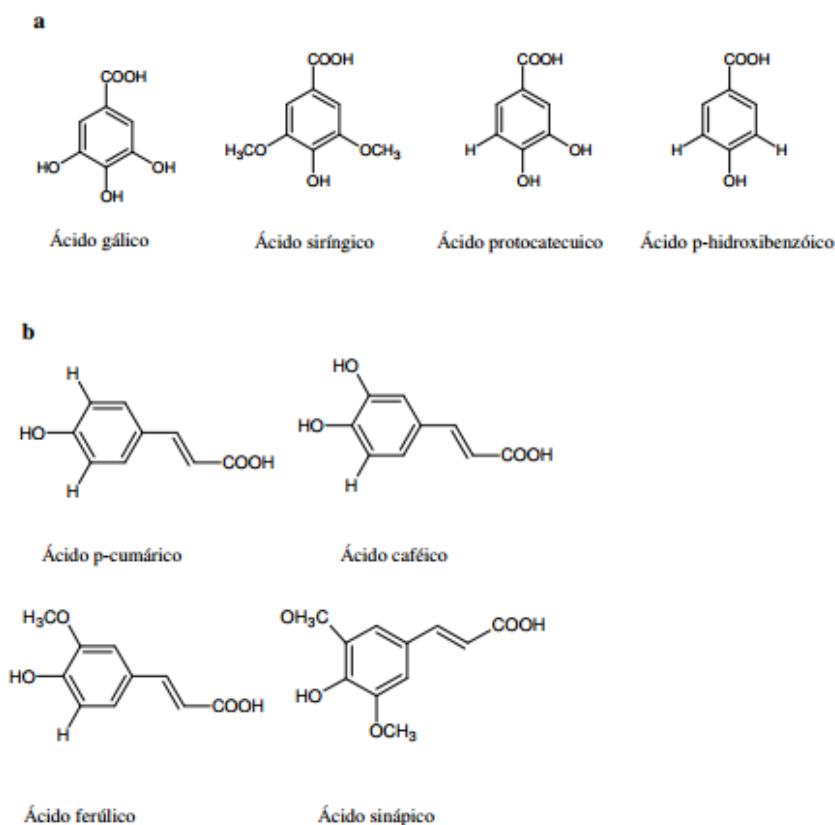


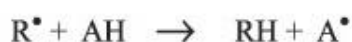
Figura 5. Representação esquemática dos ácidos hidrobenzóicos a) e ácidos hidrocinâmicos b) (BALASUNDRAM; SUNDRAM; SAMMAN, 2006).

Os compostos antioxidantes podem ser classificados de acordo com os mecanismos de ação em primários e secundários. Antioxidantes primários atuam interrompendo a cadeia de reação através da doação de elétrons ou hidrogênio aos radicais livres, convertendo-os em produtos termodinamicamente estáveis, ou reagem com radicais livres, formando complexos lipídeos/antioxidantes. O átomo de hidrogênio ativo do antioxidante é sequestrado pelos radicais livres R^* e ROO^* com maior facilidade que os hidrogênios alílicos das moléculas insaturadas. Assim, formam-se espécies inativas para reação em cadeia em um radical estável (A^*) subsequente dos compostos antioxidantes (CAIRES et al., 2006).

O ácido ascórbico, ou vitamina C, é um micronutriente hidrossolúvel requerido para múltiplas funções biológicas. É cofator para diversas enzimas que interagem na hidroxilação pós-translacional do colágeno, na biossíntese da carnitina, na conversão do neurotransmissor dopamina em norepinefrina, na amidificação do peptídeo e no metabolismo da tirosina. Além disso, o ácido ascórbico é um regulador importantíssimo da produção de ferro. Reduz o ferro férrico (Fe^{3+}) em ferroso (Fe^{2+}), promovendo a absorção gastrointestinal e estabilizando as proteínas que se ligam ao ferro. A falta da vitamina C no organismo humano, por tempo

prolongado, ocasiona modificação pós translacional de colágeno que causa escorbuto e eventualmente morte (DUARTE; LUNEC, 2005).

Uma questão importante a ser relatada é que o ácido ascórbico desempenha um papel fundamental no crescimento e reparação do tecido conjuntivo. A vitamina C está ligada diretamente a síntese do colágeno e glicosaminoglicanas, fundamentais para manter a firmeza da derme, portanto, para que haja uma síntese adequada de colágeno é necessário o consumo diário de vitamina C (MACIEL; OLIVEIRA, 2011). Na Figura 6 estão representados os mecanismos de ação antioxidantes primários e a estrutura molecular do ácido ascórbico, de acordo com estudos científicos epidemiológicos os frutos cítricos previnem doenças cardiovasculares, câncer, entre outras. Os benefícios para saúde têm se relacionado a ingestão de compostos bioativos como fenólicos, entre eles os flavonoides e a vitamina C, que possuem funções antioxidantes. Em relação aos flavonoides, pesquisas relatam que após a ingestão de suco de laranja, estes atingem concentrações elevadas no plasma. Por isso, quando há uma dieta rica em ácido ascórbico, permite-se o valor benéfico do efeito aditivo e sinérgico dos compostos fenólicos (GUIMARÃES et al., 2010; VANAMALA et al., 2006).



onde: ROO^\bullet e R^\bullet - radicais livres; AH - antioxidante com um átomo de hidrogênio ativo e A^\bullet - radical inerte

b)

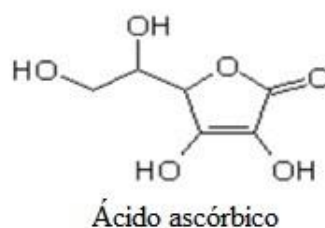


Figura 6. Representação esquemática do mecanismo de ação antioxidante primário **a)** e estrutura molecular do ácido ascórbico **b)** (RAMALHO, 2005; FIORUCCI, 2003).

REFERÊNCIAS

ALEXANDRINO, V. H. D.; SOUSA, S. J.; BASTOS, M. N. C. Estudo taxonômico da família Malpighiaceae Juss. das restingas de Algodual/Maiandeuá, Maracanã, Pará, Brasil. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi Ciências Naturais**, Pará, v. 6, n. 3, p. 335-347, 2011.

ALVES, G. L.; FRANCO, M. R. B. Headspace gas chromatography-mass spectrometry of volatile compounds in murici (*ByrsonimaCrasifolia* L. Rich). **Journal of Chromatography**, Boston, v. 985, n. 4, p.297-301, 2003.

ANDERSON, W. R. **Flora of the Venezuelan Guayana**, Missouri, p. 185, 2001.

ARAÚJO, J. M. A. **Química de alimentos: teoria e prática**. 5 ed. Viçosa: Editora UFV, 2011. 60 p.

ARÉVALO-PINEDO, A.; SANTOS, F. L. S.; ARÉVALO, Z. D. S.; ZUNIGA, A. D. G.; PINEDO, R. A. Desorption isotherms for Murici (*Byrsonima Sericea*) and ingá (*Ingá edulis*) pulps. **Journal of Food Engineering**, Ontário, v. 76, n. 4, p. 611-615, 2006.

ARTS, I. C. W.; HOLLMAN, P. H. Polyphenols and disease risk in epidemiologic studies. **American Society for Clinical Nutrition**, Rock ville, v. 81, n. 3, p. 17-25, 2005.

ARRUDA, M. C.; JACOMINO, A. P.; PINHEIRO, A. L.; TREVISAN, M. J.; ORTEGA, E. M. M. Atividade respiratória e produção de etileno em Laranja “Pêra” submetida a níveis de processamento mínimo e temperaturas de armazenamento. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 4, p. 1155-1158, 2008.

BALASUNDRAM, N.; SUNDRAM, K.; SAMMAN, S. Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. **Food Chemistry**, Easton, v. 99, p. 191-203, 2006.

BARBOSA, N. C. **Taxa de respiração do Mamão em função das diferentes condições de atmosferas de armazenamento em temperatura ambiente**. 2013. 87 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2013.

BERILLI, S. S. Avaliação da taxa de crescimento de frutos de mamão (*Caricapapaya* L) em função das épocas do ano e graus-dias acumulados. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 1, p. 11-14, 2007.

BORGUINI, R. G.; TORRES, E. A. F. S. Tomatoes and tomato products as dietary sources of antioxidants. **Food Review International**, Philadelphia, v. 25, n. 4, p. 313-325, 2009.

BRAND WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 28, n. 1, p. 25-30, 1995.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, (MAPA), **Brasil Projeções do Agronegócio 2011/2022**, Brasília, 2012.

BURG S P.; BURG E. A. Role of ethylene in fruit ripening. **Plant Physiology**, Miami, v. 37, n. 6, p. 179-180, 1962.

CAIRES, A. C. F.; MAURO, A. E.; MORO, A. C.; LEGENDRE, A. O.; ANANIAS, S. R. Síntese e emprego do ciclo metalado [Pd (dmba) (N₃) (PPh₃)] em processos catalíticos envolvendo a n-carbonilação redutiva de nitroarenos a carbamatos e na síntese de derivados da uréia. **Química Nova**, São Paulo, v. 29, n. 4, p.1-5, 2006.

CARNEIRO, J. O.; MAPELI, A. M. **Caracterização fenológica e fisiológica de cagaiteira (Eugenia dysenterica)**. Universidade Federal da Bahia. Instituto de Ciências Ambientais e Desenvolvimento Sustentável – Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais. 2013.

CHOI, J. S.; NURUL, I. M.; YOUSOF, A. M.; KIM, E. J.; KIM, Y. M.; JUNG, H. A. Effects of C-glycosylation on anti-diabetic, anti-Alzheimer's disease and anti-inflammatory potential of apigenin. **Food and Chemical Toxicology**, South Korea, v. 64, p. 27-33, 2014.

CORCORAN, M. P.; MCKAY, D. L.; BLUMBERG, J. B. Flavonoid Basics: Chemistry, Sources, Mechanisms of action, and Safety. **Journal of Nutrition in Gerontology and Geriatrics**, Boston, v. 31, n. 3, p. 176-189, 2012.

CUNHA, N. R. S.; LIMA, J. E.; GOMES, M. F. M.; BRAGA, M. J. A intensidade da exploração agropecuária como indicador da degradação ambiental na região dos Cerrados, Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 46, n. 2, p. 291-323, 2008.

DUARTE, T. L.; LUNEC, J. Review. When is an antioxidant not an antioxidant, a review of novel actions and reactions of vitamin C. **Free Radical Research**, Londres, v. 39, n. 7, p. 671-686, 2005.

ENGEL, V. L.; POGGIANI, F. Estudo da concentração de clorofila nas folhas e seu espectro de absorção de luz em função do sombreamento em mudas de quatro espécies florestais. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Brasília, v.3, n.1, p. 39-45, 1991.

FERREIRA, M. G. R. **Murici (Byrsonima crassifolia (L.) Rich)**. Porto velho: Embrapa, 2005. 2 p.

FORZZA, R. C. et al. Lista de espécies da Flora do Brasil. 2014. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br>>, Acesso em: 06 dez 2016.

FURLEY, P. A. The nature and diversity of neotropical savana vegetation with particular reference to the Brazilian cerrados. **Global Ecology and Biogeography**, Kingdom, v. 8, n. 3, p. 223-241, 1999.

GENTRY, A. H. Flowering phenology diversity in tropical Bignoniaceae. **Biotropica**, v. 6, n. 1, p. 64-68, 1974.

GIOVANNONI J. J. Genetic regulation of fruit development and ripening. **The PlantCell**, Los Angeles, v. 16, n. 2, p. 170-180, 2004.

GONÇALVES, C. A. et al. Gestational exposure to *Byrsonima Verbascifolia*: Teratogenicity, mutagenicity and immunomodulation evaluation in female Swiss mice. **Journal of Ethnopharmacology**, Campo Grande, v. 150, n. 3, p. 843-850, 2013.

GUILHON-SIMPLICIO; PEREIRA. Aspectos químicos e farmacológicos de *Byrsonima* (Malpighiaceae), **Química Nova**. Manaus, v. 34, n. 1, p. 1032-1041, 2011.

GUIMARÃES, M. M.; SILVA, M. S. valor nutricional e características químicas e físicas de frutos de murici-passa (*Byrsonima Verbascifolia*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 4, p. 817-821, 2008.

GUIMARÃES, R.; BARROS, L.; BARREIRA, J. C. M.; SOUSA, M. J.; CARVALHO, A. M.; FERREIRA, I. C. F. R. Targeting excessive free radicals with peels and juices of citrus fruits: Grapefruit, lemon, lime and Orange. **Food and Chemical Toxicology**, Catalonia, v. 48, p. 99-106, 2010.

GUSMÃO, E.; VIEIRA, F. A.; FONSECA JÚNIOR, E. M. Biometria de frutos e endocarpos de murici (*Byrsonima verbascifolia* Rich. Ex A. Juss). **Cerne**, Lavras, v. 12, n. 1, p. 84-91, 2006.

HALLIWELL, B.; RAFTER, J.; JENNER, A. Health promotion by flavonoids, tocopherols, tocotrienols, and other phenols: direct or indirect effects? Antioxidant or not? **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 81, p. 268-86, 2005.

HEINRICH, M.; RIMPLER, H.; BARRERA, N. A. Indigenous phytotherapy of gastrointestinal disorders in a Lowland Mixe community (Oaxaca, Mexico): Ethnopharmacologic evaluation. **Journal of Ethnopharmacology**, Oaxaca, v. 36, n. 1, p. 63-80, 1992).

HULTIN, H. O.; SUN, B.; BULGER, J. Pectin methyl esterases of the banana: purification and properties. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 31, n. 3, p. 320-327, 1966.

Instituto Brasileiro de Geografia e estatística. **Mapa de Biomas e de Vegetação**. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=16. Acesso em 17 de Março de 2017.

KARAMAC, M.; BUCINSKI, A.; PEG, R. B.; AMAROWICZ, R. Antioxidant and antiradical activity of ferulates, **Czech Journal Food Science**, República Checa, v. 23, n. 2, p. 64-68, 2005.

KOUHILA, M.; KECHAOU, N.; OTNAMI, M.; FLIYOU, M.; LAHSASNI, S. Experimental study of sorption isotherms and drying kinetics of Moroccan Eucalyptus globulus. **Drying Technology**, Morocco, v. 20, n. 10, p. 2027-2039, 2002.

LEONTI, M.; VIBRANS, H.; STICHER, O.; HEINRICH, M. Ethnopharmacology of the Popoluca, Mexico: An evaluation. **Journal of Pharmacy and Pharmacology**. Popoluca, v. 53, n. 12, p. 1653-1669, 2001.

LIMA, J. P.; RODRIGUES, L. F.; MONTEIRO, A. G. D. P.; VILAS BOAS, E. V. B. Climacteric pattern of mangaba fruit (*Hancorniaspeciosa* Gomes) and its responses to temperature. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 197, n. 2, p. 399-403, 2015.

KRONGYUT, W.; SRILAONG, V.; UTHAIRATANAKIJ, A.; WONGS-AREE, C.; ESGUERRA, E. B.; KANLAYANARAT, S. Physiological changes and cell wall degradation in papaya fruits cv. 'Kaek Dum' and 'Red Maradol' treated with 1-methylcyclopropene. **International Food Research Journal**, Selangor, v.18, n.4, p. 1.251-1.259, 2011.

NUNES. NESI, A.; FERNIE, A. R.; STITT, M. Metabolic and signaling aspects underpinning the regulation of plant carbon nitrogen interactions. **Molecular Plant**, Shanghai, v.3, n.6, p. 973-996, 2010.

MACIEL, D.; OLIVEIRA, G. G. Prevenção do envelhecimento cutâneo e atenuação de linhas de expressão pelo aumento da síntese de colágeno. V Congresso Multiprofissional em Saúde: Atenção ao Idoso. 2011. Disponível em: <http://www.unifil.br/portal/arquivos/publicacoes/paginas/2011/7/350_438_publipg.pdf> Acesso em: 17 Mar 2017.

McATEE, P.; KARIM, S.; SCHAFFER, R.; DAVID, K. A dynamic interplay between phytohormones is required for fruit development, maturation, and ripening. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, v.4, n. 79, p. 1-7, 2013.

MELO, E. A.; MACIEL, M. I. S.; LIMA, V. L. A. G.; SANTANA, A. P. M. Capacidade antioxidante de hortaliças submetidas a tratamento térmico. **Nutrire: Revista da sociedade Brasileira de Alimentos e Nutrição**. São Paulo, v. 34, n. 1, p. 85-95, 2009.

MEZADRI, T.; PÉREZ-GÁLVEZ, A.; HOMERO-MÉNDEZ, D. Carotenoid pigments in acerola fruits (*Malpighiaemarginata* DC.) and derived products. **European Food Research and Technology**, Santa Catarina, v. 220, n. 1, p. 63-69, 2005.

MONTEIRO, D. C. B.; SOUSA, W. C.; PIRES, C. R. F.; AZEVEDO, L. A.; BORGES, J. S. Caracterização físico-química do fruto e da geleia de Murici (*Byrsonima Crassifolia*). **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 11, n. 21, p. 3356, 2015.

MORZELLE, M C.; BACHIEGA, P.; SOUZA, E. C.; VILAS BOAS, E. V. B.; LAMOUNIER, M. L. Caracterização química e física de frutos de curriola, Gabiroba e Murici provenientes do cerrado brasileiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, n. 1, p. 96-103, 2015.

MOTA, D. M.; SCHMITZ, H.; SILVA JÚNIOR; J.F. Atores, canais de comercialização e consumo da mangaba no Nordeste brasileiro. **Revista de Economia e Sociologia Rural**. Brasília, v. 46, n. 1, p. 121-143, 2008.

NELSON, A.; CHOMITZ, K. M. Effectiveness of strict vs. Multiple use protected áreas in reducing tropical forest fires: A global analysis using matching methods. **Elsevier Science**, Amsterdam, v. 6, n. 8, p. 1-14, 2011.

NUNES. NESI, A.; FERNIE, A. R.; STITT, M. Metabolic and signaling aspects underpinning the regulation of plant carbon nitrogen interactions. **Molecular Plant**, Shanghai, v.3, n.6, p. 973-996, 2010.

OLIVEIRA, A. C.; GODOY, H. T.; PRADO, M. A. Quantificação dos isômeros ácido L-ascórbico e ácido D-isso-ascórbico em geleias de frutas por cromatografia líquida de alta eficiência. **Química Nova**, São Paulo, v. 35, n. 5, p. 1020-1024, 2012.

OLIVEIRA-FILHO, A. T.; RATTER, J. A. **Vegetation Physiognomies and Woody Flora of the Cerrado Biome**. Eds. The Cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna, Colombia University Press. New York, 2002. 91-120 p.

RAMALHO, V. C.; JORGE, N. Antioxidantes utilizados em óleos, gorduras e alimentos gordurosos. **Química Nova**. São Paulo, v. 24, n. 4, p. 1-18, 2005.

RATNER, A.; GOREN, R.; MONSELINE, S. P. Activity of pectin esterase and cellulase in the abscission zone of citrus leaf explants. **Plant Physiology**, Washington, v. 44, n. 12, p. 1717-1723, 1969.

REZENDE C.M.; FRAGA S.R., Chemical and aroma determination of the pulp and seeds of murici (*Byrsonima crassifolia*L). **Journal of the Brazilian Chemical Society**. São Paulo, v. 14, n.3, p. 425-428, 2003.

RHODES, M. J. C. The maturation and ripening of fruits. In: THIMANN, K. V.; ADELMAN, R. C.; ROTH, G. S. **Senescence in plants**. Florida: CRC Press, 1980. Cap. 8, p. 157-205.

RIBEIRO, E. K. M. D. **Sistema de Polinização e Reprodução do “Murici Pitanga” (*Byrsonima chrysophylla kunth*) em uma área de restinga**. 2007. 74 f. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade e Conservação) -Universidade Federal do Maranhão, Maranhão, 2007.

RINALDO, D.; BATISTA JR. J. M.; RODRIGUES, J.; BENFATTI, A. C.; RODRIGUES, C. M.; SANTOS, L. C.; FURLAN, M.; VILEGAS, W. Determination of catechindiestereomers from the leaves of *Byrsonima* species using chiral HPLC-PAD-CD. **Chirality**, São Paulo, v. 22, n. 8, p. 7526-733, 2010.

ROESLER, R.; LORENCINI, M.; PASTORE, G. Brazilian Cerrado antioxidant Sources: cytotoxicity and phototoxicity *in vitro*. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 3, p. 814-821, 2010.

ROESLER, R.; MALTA, L. G.; CARRASCO, L. C.; HOLANDA, R. B.; SOUSA, C. A. S.; PASTORE, G. M. Atividade antioxidante de frutas do Cerrado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.27, n. 1, p. 53-60, 2007.

ROSSO, V. V.; MERCADANTE, A. Z. Carotenoid composition of two Brazilian genotypes of acerola (*Malpighia puniceifolia* L) from two harvests. **Food Research International**, Monticello, v. 38, n. 9, p. 1073-1077, 2013.

RUFINO, M. S. M. **Propriedades funcionais de frutas tropicais brasileiras não tradicionais**. 2008. 263 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Seminário, Mossoró, 2008.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F.; MANCINI-FILHO, J. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, London, v. 121, n. 4, p. 996-1002, 2010.

SALOMÃO, L. C. C.; SIQUEIRA, D. L. D. E.; PEREIRA, M. E. C. Desenvolvimento do fruto da lichieira (*Lichi Chinensis* Sonn) ‘Bengal’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 1, p. 11-13, 2006.

SANNOMIYA, M.; CARDOSO, C. R. P.; FIGUEIREDO, M. E.; RODRIGUES, C. M.; SANTOS, L. C.; SANTOS, F. V.; SERPELONI, J. M.; CÔLUS, I. M. S.; VILEGAS, W.; VARANDA, E. A. Mutagenic evaluation and chemical investigation of *Byrsonima intermedia*

A. *Juss.* Leaf extracts. **Journal of Ethnopharmacology**, São Paulo, v. 112, n. 2, p. 319-326, 2007.

SAMPAIO, C. R. P.; HAMERSKI, F.; RIBANI, R. H. Antioxidant phytochemicals of *Byrsonima Ligustrifolia* through fruit developmental stages. **Journal of Functional Foods**, Curitiba, v. 18, n. 1, p. 400-410, 2015.

SCALZO, R. I. O.; BIANCHI, G.; SUMMA, C. Antioxidant properties and lipidic as quality indexes of cauliflower (*Brassica oleracea L. var. botrytis*) in relation to harvest time. **Food Chemistry**. London, v. 100, n. 3, p. 1019-1025, 2005.

SILVA, R. B. M.; FRANCELINO, M. R.; MOURA, P. A.; MOURA, T. A.; PEREIRA, M. G.; OLIVEIRA, C. P. Relação solo/vegetação em ambiente de Cerrado sobre influência do grupo Urucua. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 2, p. 1-11, 2015.

SILVA, M. R.; LACERDA, D. B. C. L.; SANTOS, G. G.; MARTINS, D. M. O. Caracterização química de frutos nativos do cerrado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 6, p. 1790-1793, 2008.

SILVA, F. A. M.; NOGUEIRA, F. D.; RIBEIRO, L. L.; GODINHO, A.; GUIMARÃES, P. T. G. Exsudação de ácidos orgânicos em rizosfera de plantas daninhas. **Planta Daninha**, Londrina, v. 19, n. 2, p. 193-196, 2001.

SILVA, A. M.; OLIVEIRA, R. L.; RIBEIRO, O. L.; BAGALDO, A. R.; BEZERRA, L. R.; CARVALHO, S. T.; ABREU, C. L.; LEÃO, A. G.; Valor nutricional de resíduos da agroindústria para alimentação de ruminantes. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v.5, n. 4, p. 370-379, 2014.

SILVA, P. M. C.; NEVES, C.; BASTOSA, V. J.; LIMA, C. G. B.; ARAÚJO, K. G.; ROBERTO, S. R. Harvesting period of Murici(*Byrsonima crassifolia Kunth*) fruit in relation to physical and chemical parameters evaluated during fruit development. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 200, n. 3, p. 66-72, 2016.

SILVA, T. V. **Fisiologia do desenvolvimento dos frutos do maracujazeiro amarelo e maracujazeiro doce**. 2008. 167 f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos Goyatazes, 2008.

SINGH; KHAN. Physiology of plum fruit ripening. **Stewart Postharvest Review**. Pullman, v. 6, n.2, p. 1-10, 2010.

SOUZA, V. R.; PEREIRA, P. A. P.; QUEIROZ, F.; BORGES, S. V.; CARNEIRO, J. D. S. Determination of bioactive compounds, antioxidante activity and chemical composition of Cerrado Brazilian fruits. **Food Chemistry**, London, v. 134, n. 1, p. 381-386, 2012.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 719 p.

TAYLOR, D. W.; CREPET, W. L. Fossil floral evidence of Malpighiaceae and na early plant-pollinator relationship. **American Journal of Botany**, Eagleville Road, v. 74, p. 274-286, 1987.

TADESSE, T.; NICHOLS, M.A.; FISHER, K.J. Nutrient conductivity effects on sweet pepper plants grown using a nutrient film technique. **Journal of Crop and Horticultural Science**, New Zealand, v. 27, n. 3, p. 229-237, 1999.

VANAMALA, J.; REDDIVARI, L.; YOO, K. S.; PIKE, L. M.; PATIL, B. S. Variation in the contentn of bioactive flavonoids in diferente brands of Orange and grapefruit juices. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 19, n. 3, p. 157-166, 2006.

VENDRELL, M.; PALOMER, X. Hormonal controlo f ruit ripening in climateric fruits. **Acta Horticulturae**, Manaus, v. 15, n. 463, p. 325-334, 1997.

WATADA, A. E; HERNER, R. C.; KADER, A. A.; ROMANI, R. J.; STABY, G. L. Terminology for the description of developmental stages of horticultural. **Hort Science**, Alexandria, v. 19, n. 1, p. 20-21, 1984.

CAPÍTULO II

ARTIGO I - CARACTERIZAÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS DO MURICÍ (*Byrsonima sp.*) NO DESENVOLVIMENTO FISIOLÓGICO

RESUMO - O cerrado brasileiro é consituído por diversas espécies frutíferas que possuem alto valor nutricional, potencial antioxidante e características peculiares. O gênero *Byrsonima*, popularmente conhecido como Murici, é um fruto do cerrado bastante popular e possui sabor adocicado levemente ácido e coloração verde no início do desenvolvimento e amarela quando maduro. Apesar das propriedades importantes que o murici apresenta, ainda são escassos os estudos de caracterização no seu desenvolvimento fisiológico, sendo assim o objetivo do trabalho foi avaliar os parâmetros físicos e químicos do Murici durante o seu desenvolvimento fisiológico em Goiânia-GO. Os frutos foram avaliados no período de 15 a 85 dias após a antese DAA e submetidos as análises de massa, diâmetros longitudinal e transversal, pH, acidez total titulável, sólidos solúveis totais, umidade, cinzas, fibra alimentar, extrato etéreo, açúcares totais, redutores e não-redutores, fração proteica, clorofila total, colorimetria, amido, atividade respiratória, firmeza, pectinas total e solúvel, pectinametilesterase e poligalacturonase. O acúmulo de massa fresca e seca do Murici provenientes do ciclo de tempo médio de desenvolvimento teve comportamento sigmoidal duplo, no qual apresentou ao final do desenvolvimento a massa de $2,64 \pm 0,33$ g e em relação ao crescimento apresentou os valores finais de diâmetro longitudinal e transversal de $17,27 \pm 0,92$ mm e $13,38 \pm 0,39$ mm respectivamente. Constatou-se a degradação da clorofila ao longo do desenvolvimento apresentando $1,18 \pm 0,04$ com 85 DAA, esse comportamento define a coloração amarela do fruto no amadurecimento. Houve a redução do pH e consequente aumento da acidez total titulável ao longo do desenvolvimento. O maior teor de sólidos solúveis totais foi identificado ao final do desenvolvimento com $24,15 \pm 0,40$. Em relação a quantidade de fibra alimentar total com 85 DAA o Murici apresentou o maior teor com $2,45 \pm 0,34$ %. A respiração dos frutos apresentou decréscimo constante atingindo nível zero ao final do desenvolvimento caracterizando o comportamento não-climatérico do Murici.

Palavras-chave: Desenvolvimento fisiológico, Fruto do Cerrado, caracterização, Murici (*Byrsonima sp.*).

CHARACTERIZATION OF PHYSICAL AND CHEMICAL PARAMETERS OF MURICI (*Byrsonima sp.*) IN PHYSIOLOGICAL DEVELOPMENT

ABSTRACT - The Brazilian cerrado is constituted by several fruit species that have high nutritional value, antioxidant potential and peculiar characteristics. The genus *Byrsonima*, popularly known as Murici, is a fruit of the cerrado very popular and possesses sweet taste slightly acidic and green coloration in the beginning of the development and yellow when ripe. Despite the important properties that murici presents, characterization studies are still scarce in its physiological development, so the objective of this work was to evaluate the physical and chemical parameters of Murici during its physiological development in Goiânia-GO. The fruits were evaluated in the period from 15 to 85 days after the DAA and submitted to analysis of mass, longitudinal and transverse diameters, pH, titratable total acidity, total soluble solids, moisture, ashes, dietary fiber, ethereal extract, total sugars, Reducing and non-reducing agents, protein fraction, total chlorophyll, colorimetry, starch, respiratory activity, firmness, total and soluble pectins, pectinamethylesterase and polygalacturonase. The accumulation of fresh and dry mass of the Murici from the mean development cycle had double sigmoidal behavior, in which the mass of 2.64 ± 0.33 g and at the end of the development presented a final mass of the diameter Longitudinal and transverse sections of 17.27 ± 0.92 mm and 13.38 ± 0.39 mm respectively. Chlorophyll degradation was observed throughout the development, presenting 1.18 ± 0.04 with 85 DAA, this behavior defines the yellow coloration of the fruit during ripening. There was a reduction in pH and a consequent increase in titratable total acidity throughout the development. The highest total soluble solids content was identified at the end of development with 24.15 ± 0.40 . Regarding the amount of total dietary fiber with 85 DAA, Murici presented the highest content with $2.45 \pm 0.34\%$. Fruit respiration presented a constant decrease reaching zero level at the end of development, characterizing the non-climacteric behavior of Murici.

Key words: Physiological development, Cerrado fruit, characterization, Murici (*Byrsonima sp.*).

1 INTRODUÇÃO

O Cerrado salienta-se como o segundo maior bioma do brasileiro, correspondendo a um quarto do território nacional, este bioma vem sofrendo transformações ambientais naturais especialmente em áreas agrícolas. Expõem grande diversidade de produtos, que podem ser potencialmente viáveis à exploração econômica (RESENDE; CÂNDIDO, 2014). Inúmeras espécies frutíferas nativas do cerrado já foram catalogadas, as quais possuem grande potencial para o cultivo. O cultivo comercial destas espécies nativas ainda é escasso, devido principalmente à falta de informações sobre técnicas de cultivo e propagação, a médio ou longo prazo estas frutíferas tendem a constituir grande parte econômica no país e além da produção de frutos, algumas espécies têm despertado o interesse das indústrias farmacêuticas, por serem ricas em substâncias antioxidantes e vitaminas (SILVA, 2012).

O gênero *Byrsonima*, pertencente à família Malpighiaceae, popularmente conhecido como “Murici” é um fruto nativo do Cerrado brasileiro, possuem aproximadamente 150 espécies distribuídas pelo país, encontrado no Norte, Nordeste e da região Central do Brasil, como também, em locais serranos do Sudeste. São plantas arbóreas de pequeno porte, medindo aproximadamente 5 metros de altura, galhos tortuosos, folhas em formas de cachos e frutos amarelados quando maduros (AGRA; FREITAS; BARBOSA-FILHO, 2007), além do consumo o Murici é utilizado pela população nativa no tratamento e prevenção de algumas doenças gastrointestinais e inflamatórias, possui propriedades antibacterianas, antifúngicas e ação antioxidante (GUILHON-SIMPLICIO; PEREIRA, 2011).

Os frutos são organismos biologicamente vivos e passam por diversas transformações durante o seu desenvolvimento, resultando no seu metabolismo. O desenvolvimento fisiológico dos frutos é subdividido em etapas de mudanças, físico-químicas, fisiológicas e bioquímicas, com as fases de formação, crescimento, maturação e senescência dos órgãos vegetais, no qual um novo e complexo tecido é formado e levado a morte dos tecidos ao final do desenvolvimento quando este entra em senescência (WATADA et al., 1984; KLUGE et al., 2002; CHITARRA e CHITARRA, 2005). Para que a colheita de frutos seja realizada no momento correto, é necessário o conhecimento de todas estas etapas do desenvolvimento dos frutos, o estágio de maturação deve ser determinado com precisão, baseando-se em índices de parâmetros físicos e químicos que sofrem diversas alterações e influenciam a estabilidade e qualidade sensorial durante o armazenamento (KLUGE et al., 2002). Existem diversas formas de avaliar os estágios dos produtos hortícolas, como a avaliação física e química dos parâmetros que variam no desenvolvimento fisiológico (LANCASCHIRE et al., 1991, HACK et al., 1992).

Algumas mudanças físicas como diâmetros, volume, coloração, textura, entre outros, permitem identificar o estágio de maturação dos frutos. Amido, açúcares redutores e não-redutores, ácidos graxos, por exemplo, constituem as principais moléculas de reserva dos frutos carnosos, que podem ser armazenadas no desenvolvimento fisiológico de forma simultânea e sincronizada. Por esse motivo o conhecimento dos padrões de acúmulo e degradação de compostos reservas dos frutos permitem a determinação de índices de maturidade fisiológica e colheita (MONTROYA, 2013).

Diante deste contexto, o trabalho teve como objetivo caracterizar os parâmetros físicos, químicos e fisiológicos do Murici (*Byrsonima sp.*) com 15 dias após a antese até o completo amadurecimento dos frutos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Obtenção dos frutos

O trabalho foi conduzido em uma área da Emater Qda/Área/Lote AR3, Campus Samambaia, Universidade Federal de Goiás, localizada em Goiânia-GO, entre o período de Agosto a Novembro de 2015. Foram selecionados, ao acaso, 32 exemplares de muricizeiros *Byrsonima sp.* homogêneos quanto ao porte e produtividade, marcados por ocasião das anteses, com fios de lã de diferentes cores. A colheita dos frutos foi realizada com 15 dias após a antese, coletou-se aproximadamente 600 g de frutos *in natura*, sendo estes fracionados em três lotes iguais, foram colhidos entre 07:00 e 08:00 da manhã, que representa o horário ideal de colheita pois afeta em menor escala as reações bioquímicas que ocorrem no fruto. Os frutos foram acondicionados em embalagens plásticas de polietileno de baixa densidade e transportados em caixas para o Laboratório de Análise de Alimentos, da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás, em Goiânia.

2.2 Delineamento experimental

Utilizou-se como modelo para o experimento, um Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), fatorial simples, constituído por coleta em diferentes estádios de desenvolvimento dos frutos, sendo o início da coleta com 15 dias após a antese e, posteriormente, com sequências de 10 em 10 dias, totalizando os seguintes pontos: 15, 25, 35, 45, 55, 75 e 85, no qual os frutos foram submetidos às análises de massa, diâmetros transversal

e longitudinal, pH, acidez total titulável e sólidos solúveis, colorimetria, atividade respiratória e firmeza foram realizadas no mesmo dia logo após a colheita. Os frutos remanescentes foram submetidos ao congelamento rápido em nitrogênio líquido e em seguida armazenados em freezer à temperatura de -18°C para posteriores análises de umidade, cinzas, fibra alimentar, extrato etéreo, açúcares totais, redutores e não-redutores, fração proteica, clorofila total, colorimetria, amido, pectinas total e solúvel, pectinametilesterase e poligalacturonase em triplicata.

2.3 Análises físicas e químicas

As análises físicas e químicas foram realizadas na Universidade Federal de Goiás (UFG), em Goiânia – GO, no laboratório de Análises Físico-Químicas de Alimentos, da Escola de Agronomia e no Laboratório de Pós-colheita de Frutas e Hortaliças do Departamento de Ciência dos Alimentos, da Universidade Federal de Lavras (UFLA).

2.3.1 Massa, diâmetro longitudinal e diâmetro transversal

A massa foi avaliada em balança analítica (Geahja, AG 2000) e os resultados das médias foram expressos em gramas (g). Para obter-se os diâmetros longitudinal e transversal, os frutos foram medidos com o auxílio de paquímetro analógico (Vernier Caliper) no sentido longitudinal e transversal e os resultados das médias foram expressos em milímetros (mm).

2.3.2 pH e acidez total titulável

O pH foi determinado utilizando um potenciômetro digital (pH Meter HI-9224). O aparelho foi calibrado utilizando-se solução tampão de pH 4,0 e 7,0 em seguida, realizou-se a leitura do pH com imersão do eletrodo em um béquer contendo a solução hidrossolúvel da amostra. A acidez total titulável foi realizada por titulação com solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0,1 N de acordo com a AOAC (2010).

2.3.3 Sólidos solúveis totais

Os sólidos solúveis totais (SST) foram determinados por refratometria, utilizando refratômetro digital (Atago n-1E), conforme a AOAC (2010).

2.3.4 Determinação de umidade

A umidade foi determinada segundo a técnica gravimétrica, com o emprego do calor em estufa ventilada (modelo A5SEAF, Deleo, Brasil) à temperatura de 105°C, até a obtenção de peso constante, segundo a AOAC (2010).

2.3.5 Determinação da fração cinzas

Para a determinação da fração de cinzas, observou-se a perda de peso do material, submetido ao aquecimento em mufla (marca Lavoisier modelo 400 D) a 550°C - 660°C, paia conforme a AOAC (2010).

2.3.6 Determinação de fibra alimentar

A fibra alimentar foi determinada conforme a AOAC (2005).

2.3.7 Extrato etéreo

A determinação do extrato etéreo foi realizada por extração com éter etílico em aparelho extrator do tipo Soxhlet (modelo MA 490 marca Marconi) conforme a AOAC (2010).

2.3.8 Determinação de açúcares totais, redutores e não redutores

Os açúcares totais, redutores e não redutores, foram determinados pela técnica de Somogyi adaptada por Nelson (1944) e os resultados expressos em % de glicose e amido, a extração foi realizada segundo a técnica de Áreas e Lajolo e o doseamento segundo Somogyi, citado por Nelson (1944).

2.3.9 Fração proteica

A determinação da fração proteica ocorreu pelo método de Kjeldahl, o qual baseia-se no teor de nitrogênio total. A fração proteica foi calculada multiplicando-se o nitrogênio total pelo fator 5,75, de acordo com a AOAC (2010).

2.3.10 Clorofila total

A determinação da clorofila total foi realizada utilizando 1 g de casca fresca, triturada e homogeneizada em um homogeneizador de tecidos tipo “turrax” com 10 mL de água destilada, o extrato obtido foi transferido para balão volumétrico de 50 mL, completando-se o volume do recipiente com acetona. Após uma hora em repouso na ausência de luz, foi realizada a filtração em papel filtro Whatman qualitativo n° 1 para posterior leitura da absorbância do extrato, em espectrofotômetro marca Rayleigh UV-1800 a 652 nm. Os resultados foram

expressos em mg de clorofila total/100 g de amostra, calculados por meio da Equação 1, adotada por Engel e Poggiani (1991), a seguir:

Clorofila total = $[(A_{652} \times 1000 \times V/1000 \times W)/34,5] \times 100$	(Equação 1)
--	-------------

No qual:

A₆₅₂= Absorbância no comprimento de onda 652 nm;

V= Volume final do extrato hidrossolúvel;

W= Peso da casca do Murici em g.

2.3.11 Colorimetria

A determinação das coordenadas de cor da casca dos frutos foi realizada por meio da leitura de três parâmetros definidos pelo sistema CIE L*a*b*. A análise foi realizada em três pontos distintos da casca, utilizando-se o colorímetro (marca: Hunterlab, modelo: Color Quest II) no qual a coordenada L* representa quão clara ou escura é a amostra, com valores variando de 0 (totalmente preta) a 100 (totalmente branca); a coordenada a* pode assumir valores de – 80 a +100, em que os extremos correspondem ao verde e ao vermelho, respectivamente; a coordenada b*, com a intensidade de azul ao amarelo, pode variar de –50 (totalmente azul) a +70 (totalmente amarelo) (HUNTERLAB, 1996). O ângulo Hue e a cromaticidade foram calculados de acordo com as equações 2 e 3 a seguir:

$^{\circ}\text{Hue} = \text{actg} (a^*/b^*) (-1) + 90$	(Equação 2)
$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}$	(Equação 3)

No qual:

$^{\circ}\text{Hue}$ = Ângulo Hue

Actg= Arco Tangente

C*= Cromaticidade

a*= Coordenada a*

b*= Coordenada b*

2.3.12 Amido

O teor de amido das amostras foi avaliado de acordo com a metodologia redumétrica de Somogyi e Nelson (1944). As leituras das amostras foram realizadas em espectrofotômetro (marca: Beckmana, modelo: 640 B) a 510 nm, os valores obtidos foram expressos em g/100 g.

2.3.13 Atividade respiratória

A atividade respiratória foi determinada com o auxílio de um analisador de gases PBI Dansensor (Ollinois – LL6600), acondicionou-se os frutos em um recipiente de vidro com volume de 45 mL, com tampa de metal com um septo de silicone, os recipientes foram fechados por 1 hora, após este período retirou-se alíquotas de amostra do CO₂ e O₂ produzidos pelos frutos, através do septo de silicone, os resultados foram expressos em CO₂.kg.fruto⁻¹.h⁻¹ (SILVA, 2009).

2.3.14 Firmeza

A análise de firmeza foi determinada, individualmente, no fruto íntegro, na região equatorial, com o auxílio de texturômetro Texture Analyser, TA-XT Plus, (Surrey, Inglaterra), utilizando Prob P/2N que determinou a força de penetração máxima dos frutos, numa velocidade de 5 mm/s e a uma distância de penetração de 5 mm. A firmeza do murici foi expressa em Newton (N).

2.3.15 Pectinas total e solúvel

As pectinas total e solúvel foram extraídas de acordo com a técnica de McCready e McColomb (1952) e determinadas em espectrofotômetro (marca: Beckmana, modelo: 640 B), a 520 nm, segundo a técnica de Blumenkrantz e Asboe Hansen (1973). A porcentagem de solubilização de pectina foi obtida pelo quociente entre o conteúdo de pectina solúvel e o da pectina total, sendo os resultados expressos em mg de ácido galacturônico/100 g de polpa.

2.3.16 Pectinametilesterase

A extração da enzima pectinametilesterase (PME) foi realizada segundo técnica de Buecher e Furmanski (1978) e Vilas Boas (2000). A determinação da atividade da PME seguiu as técnicas de Hultin, Sun e Bulger (1996) e Vilas Boas (2000). Uma unidade de PME foi definida como a quantidade de enzima capaz de catalisar a desmetilação de pectina correspondente ao consumo de 1 μ mol de NaOH/g de polpa fresca/min.

2.3.17 Poligalacturonase

Realizou-se a extração da enzima poligalacturonase (PG) segundo Buescher e Furmanski (1978), com modificações de Vilas Boas et. al (2000), e determinou-se de acordo com Hultin, Sun e Buelger (1996) e Rater, Goren e Monseline (1996), com modificações de Vilas Boas et. al (2000). A atividade da enzima PG foi expressa em ácido galacturônico/g de polpa/min.

2.4 Análise estatística

A análise estatística dos dados foi realizada com o auxílio do programa SISVAR (FERREIRA, 2011), aplicando-se análise de variância (ANOVA), ao nível de significância de 5% ($p < 0,05$). As médias dos pontos avaliados nos diferentes estádios de desenvolvimento fisiológico do Murici foram submetidas à regressão polinomial.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A floração do murici no município de Goiânia, capital do estado de Goiás, teve início em 15 de Agosto de 2015. A frutificação ocorreu ao final do mês de Agosto com pico da produção em 20 de Setembro de 2015.

O desenvolvimento fisiológico dos frutos, ocorreu em 85 dias, considerando o tempo a partir da abertura da flor (antese), até a abscisão dos frutos. Na figura 1 pode-se observar as anteses, galhos, folhas e frutos do Murici.

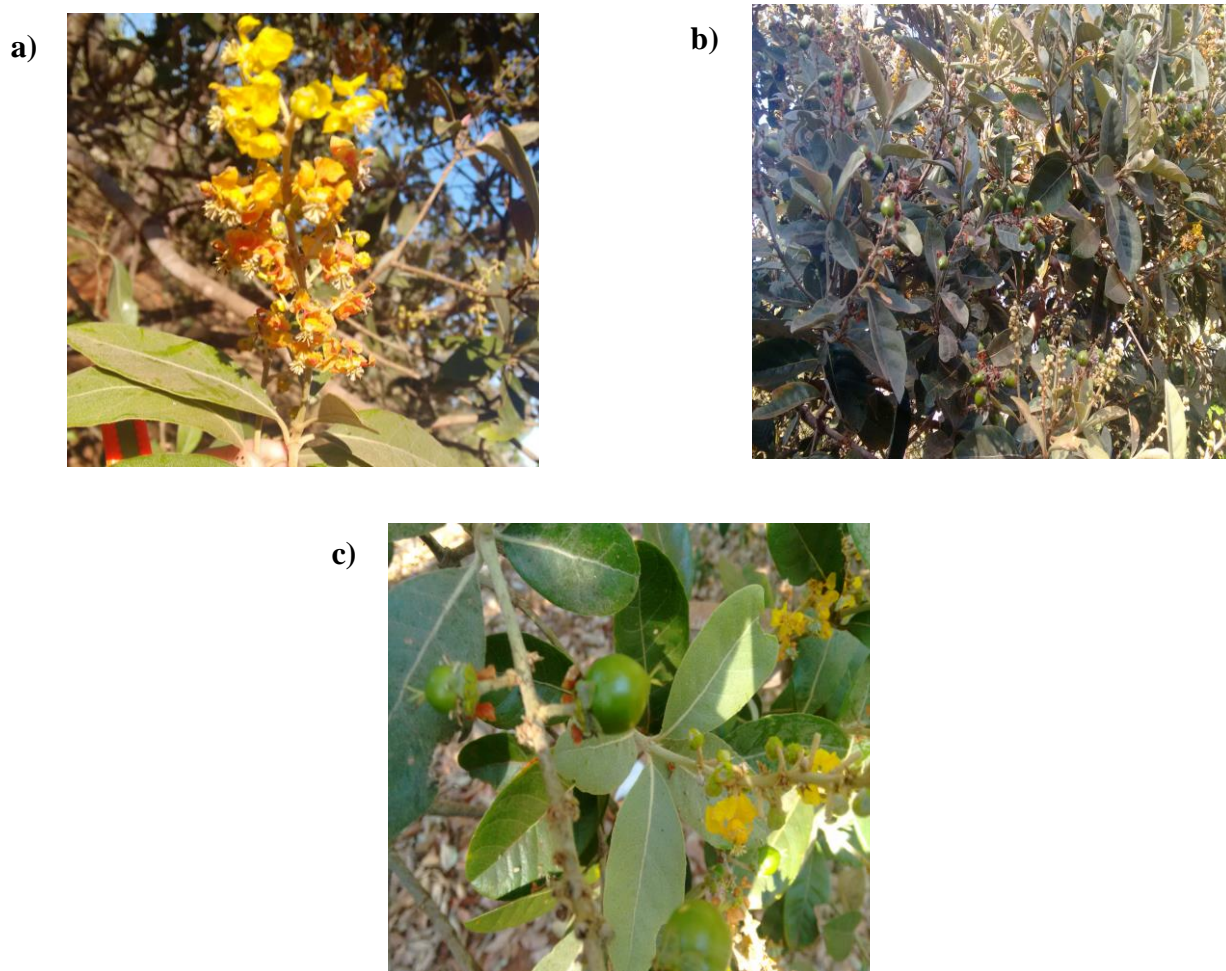


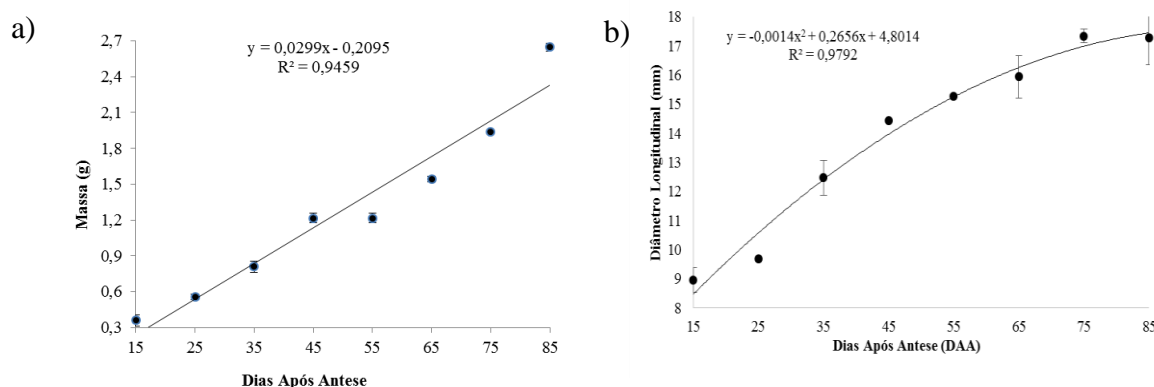
Figura 1. Antese **a)**, Folhas, frutos e galhos **b)** Frutos Murici (*Byrsonima* sp.) **c)**.

Na Figura 2 estão apresentadas as curvas da massa e dos diâmetros do fruto Murici, nos diferentes pontos do desenvolvimento fisiológico com 15, 25, 35, 45, 55, 65, 75 e 85 dias após antese. O acúmulo de massa fresca e seca dos frutos provenientes do ciclo de tempo médio de desenvolvimento teve comportamento sigmoidal duplo (Figura 2). O aumento da massa fresca do fruto foi lenta no início do desenvolvimento apresentando uma média de $0,36 \pm 0,04$ g com 15 DAA, este valor aumentou mais que o dobro em 35 DAA para $0,8108 \pm 0,04$ g, caracterizando o estágio I de crescimento, no qual ocorre a multiplicação celular e o pericarpo e o endocarpo passam por um crescimento acelerado. Entre 45 e 55 DAA os frutos atingiram $1,21 \pm 0,35$ g onde ocorreu o estágio II caracterizado por uma tendência a estabilização da massa fresca e lignificação do endocarpo. Após este período entre 65 e 85 DAA, houve o aumento da massa fresca e seca do fruto (casca, polpa e caroço), determinando o estágio III, período onde há uma rápida expansão das células e a maturação dos frutos, atingindo a massa final do desenvolvimento $2,64 \pm 0,033$ g com 15 DAA.

Os resultados se assemelham aos apresentados por Silva et al. (2013), na análise do fruto pêssgo (*Prunus persica.*), que obtiveram comportamento sigmoidal duplo.

Os diâmetros longitudinal (DL) e transversal (DT) dos frutos estão apresentados na Figura 2, no qual demonstrou um aumento gradativo, relacionando-se com os resultados de aumento da massa que indicam a divisão e expansão celular que ocorre nos processos metabólicos dos frutos no decorrer do desenvolvimento fisiológico. Observou-se uma elevação significativa ao nível de 5% do DL e DT em que apresentaram, com 15 DAA, as médias de $8,97 \pm 0,42$ mm e $7,41 \pm 0,24$ mm, respectivamente, elevando-se até o 45 DAA para $14,43 \pm 0,03$ mm e $10,37 \pm 0,14$ mm, respectivamente. Ao final do desenvolvimento com 85 DAA, os frutos apresentaram seus maiores valores para o DL e DT, chegando ao final do desenvolvimento com $17,27 \pm 0,92$ mm e $13,38 \pm 0,39$ mm, respectivamente.

Analisando frutos *Byrsonima sp.* Lourenço et al. (2013) encontraram 16,83 mm para DL e 11,08mm DT dados que se correlacionam com o deste trabalho.



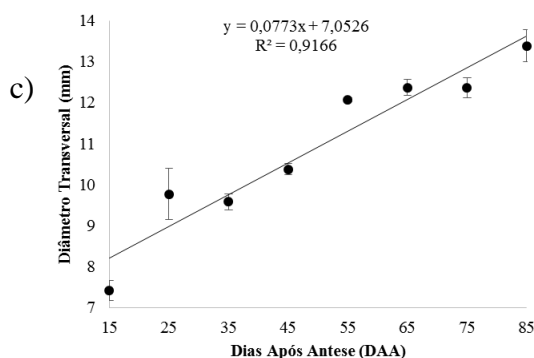


Figura 2. Valores médios, regressão polinomial dos valores, com significância ($p > 0,05$) para a massa **a**), diâmetro longitudinal **b**) e diâmetro transversal **c**), durante o desenvolvimento fisiológico do fruto Murici (*Byrsonima sp.*).

Os parâmetros de L^* , a^* e b^* da casca do murici, alteraram significativamente ao nível de 5% durante o desenvolvimento fisiológico dos frutos, estes foram analisados de acordo com os padrões de luminosidade, ângulo $^{\circ}\text{Hue}$ e cromaticidade.

A curva de luminosidade das amostras está representada na Figura 3, evidenciando uma elevação constante ao decorrer do desenvolvimento, os frutos apresentaram com 15 DAA apresentaram o valor da coordenada L^* de $32,15 \pm 0,05$ se elevando com 45 DAA para $41,89 \pm 0,14$ se estabelecendo ao final do amadurecimento com 85 DAA o valor de $43,31 \pm 0,01$.

Canuto et al. (2010) analisaram o parâmetro L^* do fruto Murici e encontraram o valor de $45,8 \pm 1,0$, valor um pouco acima do encontrado neste trabalho.

Os valores de ângulo Hue e Croma foram estabelecidos de acordo com a escala CIE $L^*a^*b^*$. O $^{\circ}\text{Hue}$ representa as variáveis de cor vermelho/verde e amarelo/azul. Observou-se que durante o desenvolvimento dos frutos o $^{\circ}\text{Hue}$ se alterou em pequena escala, com 15 DAA apresentou o valor de $90 \pm 0,35$ com 55 DAA atingiu-se os maiores níveis com $90,36 \pm 1,12$ que é um indicativo da possível ação do ácido giberélico (GA_3) para retardar a degradação da clorofila a fim de reduzir as mudanças da cor da casca dos frutos precocemente. Com 85 DAA o $^{\circ}\text{Hue}$ se estabeleceu em $90,28 \pm 1,24$.

Já para valores de Cromaticidade, inicialmente os frutos apresentaram o valor de $53 \pm 0,39$ com 15 DAA, a cromaticidade reduziu ao longo do desenvolvimento dos frutos, atingindo $17,70 \pm 0,42$ com 85 DAA, os resultados tanto para $^{\circ}\text{Hue}$ como para cromaticidade e clorofila total apresentados na Figura 3, demonstram a transição da cor dos frutos de verde para amarelo, principalmente a partir de 55 DAA no qual iniciou-se o processo de maturação dos frutos.

Sampaio (2015) em análises laboratoriais do fruto *Byrsonima ligustrifolia*, encontrou o valor de 98,15 para ângulo Hue, nos frutos *in natura*, e 19,82 para croma, relatando à

diminuição destes valores de acordo com o amadurecimento dos frutos, ocorrendo da mesma forma nos resultados deste trabalho.

A Figura 3 apresenta o teor de clorofila total avaliado nas amostras, indicando a redução deste parâmetro com o decorrer do amadurecimento dos frutos. O Murici possui coloração verde no início do seu desenvolvimento, e passa para coloração amarela com a degradação da clorofila, aos 15 DAA os frutos apresentaram $7,44 \pm 0,3$ ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$), decaindo aos 55 DAA, para $4,25 \pm 0,34$ ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$), apresentando ao final do desenvolvimento fisiológico com 85 DAA apenas $1,18 \pm 0,04$ ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$).

Araujo et al. (2016) observaram comportamentos semelhantes em frutos da murta (*Eugenia gracilima* Kiaersk), frutífera nativa da chapada do Araripe (localizada na divisa dos estados do Ceará, Piauí e Pernambuco, no Brasil), no qual os teores de clorofila foram reduzidos de 196,31 mg/100 g para 3,80 mg/100 g com o avanço do amadurecimento.

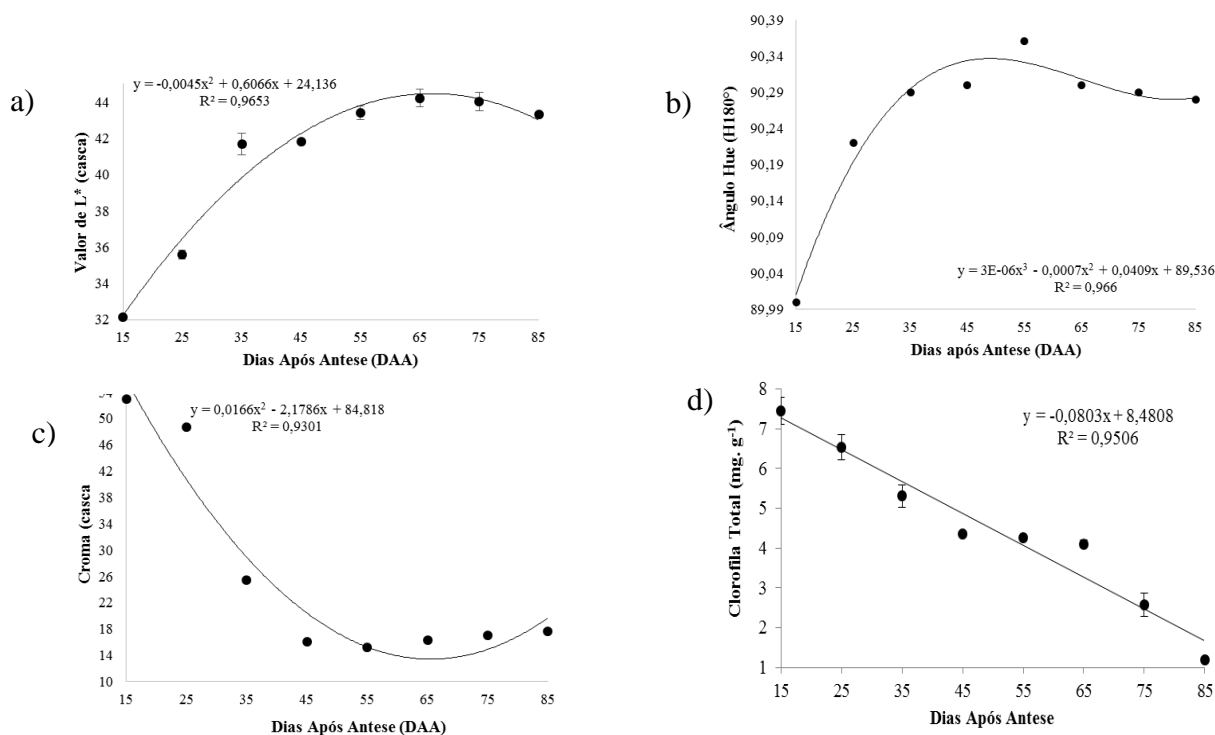


Figura 3. Valores médios, regressão polinomial dos valores, com significância ($p > 0,05$) para o valor das coordenadas de L* **a)**, Ângulo Hue **b)**, Cromo **c)** e Clorofila total **d)**, durante o desenvolvimento fisiológico do fruto Murici (*Byrsonima* sp).

Ao longo do desenvolvimento do Murici pode-se notar o declínio da atividade respiratória, como mostra a Figura 4. A atividade respiratória se alterou significativamente ao nível de 5% durante o desenvolvimento fisiológico dos frutos. Com 15 DA as médias foram de $344 \pm 19,78$ $\text{nmol CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ após ocorreu um declínio constante da atividade respiratória para $307,51 \pm 9,56$ $\text{nmol CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ com 25 DAA, reduzindo aos 35 DAA para $285,62 \pm 21,69$ $\text{nmol CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$. A maior redução da respiração dos frutos foi a partir de 55 DAA quando

apresentaram os valores de $78,38 \pm 0,24 \text{ nmol CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$, ao final do desenvolvimento já não havia atividade respiratória dos frutos. Os níveis mais elevados de respiração dos frutos foram entre 15 e 25 DAA, que representa os estádios em que os frutos se encontravam na fase de crescimento em que ocorria a rápida divisão e expansão celular.

A respiração apresenta um papel bastante importante no metabolismo dos vegetais, pois esta é usada como fonte de energia nos principais processos metabólicos. Na Figura 4 podemos observar o comportamento não-climatério do fruto Murici, pois não ocorreu o “pico” de respiração na fase de maturação dos frutos.

Amarante e Megguer (2008), encontraram resultados semelhantes para atividade respiratória em frutos de butiá (*butia capitata*), e não constatarem a ocorrência de climatério respiratório.

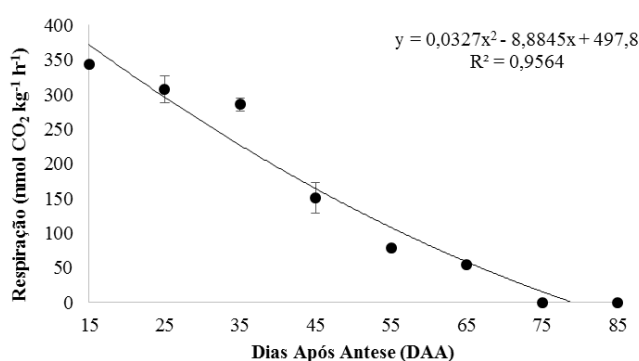


Figura 4. Valores médios, regressão polinomial dos valores, com significância ($p > 0,05$), da taxa respiratória do fruto Murici (*Byrsonima sp*), durante o desenvolvimento fisiológico.

Durante os estádios de desenvolvimento dos frutos *Byrsonima sp*, ocorreu o amaciamento da polpa devido ao amadurecimento. No início do desenvolvimento, a força de ruptura do fruto foi de $16,43 \pm 0,08 \text{ N}$ com 15 DAA, posteriormente houve um decréscimo constante desta força ocasionando o amaciamento da polpa / redução da firmeza, no 85º DAA a força de rompimento foi de $8,55 \pm 0,09 \text{ N}$, estes resultados podem ser observados na Figura 5.

Araújo et al. (2009) também observaram este comportamento em carambolas (*Averrhoa carambola L.*) colhidas em diferentes estádios de maturação, o amaciamento da polpa no amadurecimento dos frutos. A queda da firmeza dos frutos durante o desenvolvimento pode sofrer oscilações, influenciadas pela disponibilidade de água e luz que é absorvida do meio e com a degradação de pectinas na parede celular, por meio da solubilização das mesmas pela ação de enzimas pectinolíticas (SILVA, 2009).

Na Figura 5 é possível observar o aumento da pectina total até 65 DAA, seguido de um declínio ao final do desenvolvimento. No início do desenvolvimento fisiológico, com 15 DAA, os frutos apresentaram o valor de $328,65 \pm 6,2$ mg de ác. galacturônico. $100\text{g}^{-1}\text{g}$, os níveis destes compostos aumentaram principalmente quando o fruto atingia o estágio de maturação. Observou-se com 65 DAA a maior concentração de pectina total caracterizando o amadurecimento dos frutos com valor de $866,04 \pm 4,4$ mg de ác. galacturônico. $100\text{g}^{-1}\text{g}$ e após houve decréscimo deste valor atingindo $813,61 \pm 3,22$ mg de ác. galacturônico. $100\text{g}^{-1}\text{g}$ até o final do desenvolvimento com 85 DAA, resultando no amaciamento da parede celular e redução da firmeza do fruto. Os resultados do teor de pectina total são correspondentes aos encontrados pelos autores Cunha (2016), em análise de polpa reconstituída de murici, em que o valor de pectina total correspondeu a $816,97 \pm 25,86$ mg de ác. galacturônico. $100\text{g}^{-1}\text{g}$.

O conteúdo de pectina solúvel nas amostras analisadas com 15 DAA foi de $75,36 \pm 1,12$ mg/100g houve um aumento marcante com 65 DAA, totalizando $115,32 \pm 2,32$ mg/100g, estabelecendo ao final do desenvolvimento o valor de $127,13 \pm 0,75$ mg/100g.

Araújo et al. (2016) encontrou comportamentos semelhantes ao do Murici para os frutos Murta (*Eugenia gracilima kiaersk.*), que apresentaram para pectina total e solúvel. Os valores de pectina total diminuíram de $711,67$ mg de ác. galacturônico. $100\text{g}^{-1}\text{g}$ para $612,66$ mg de ác. galacturônico. $100\text{g}^{-1}\text{g}$ no final do desenvolvimento, oposto aos valores de pectina solúvel que aumentaram no amadurecimento dos frutos, variando de $25,78$ mg/100g para $118,88$ mg/100g.

A enzima pectinametilesterase (PME) não apresentou atividade em nenhum estágio de desenvolvimento do murici. Araújo e Chitarra (2005) também não detectaram atividade da PME em melão Orange flesh (*Syngenta rogers.*), sendo que os valores encontrados foram inferiores a $0,005$ PEu $\times 10^6$ mL⁻¹.

A atividade da enzima poligalacturonase (PG) está representada na Figura 5 no qual pode-se observar no início do desenvolvimento níveis baixos com média de $49,47 \pm 0,42$ hmols.glicose.g⁻¹/min em 15 DAA, um aumento gradativo dos níveis de PG ocorre até 65 DAA neste estágio é apresentado o maior “pico” com $109,38 \pm 2,92$ hmols.glicose.g⁻¹/min, comportamento este que correlacionou-se com a elevação nos valores de pectina solúvel, indicando também o amaciamento da polpa devido a solubilização pécica.

Silva et al. (2009) observou em gabirola (*campomanesia pubescens*) uma marcante elevação da atividade da PG até os 48 DAA com pico neste estágio, com posterior decréscimo indicando a perda de firmeza dos frutos, comportamentos semelhantes ao do fruto Murici apresentado neste trabalho.

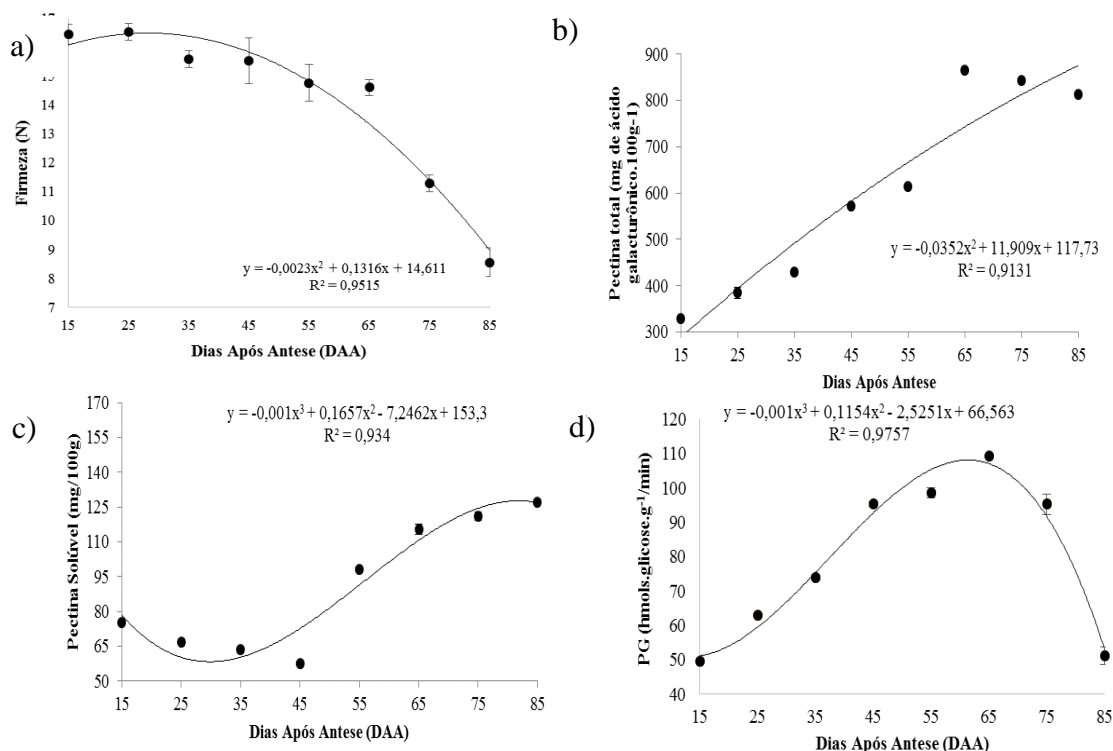


Figura 5. Valores médios e regressão polinomial dos valores com significância ($p > 0,05$) para a firmeza a) pectina total b), pectina solúvel c), PG d), do fruto murici (*Byrsonima sp*), durante o desenvolvimento fisiológico.

Na Figura 6 pode-se observar, durante o desenvolvimento do murici, que ocorreu uma queda do valor de pH e consequentemente elevação da acidez total titulável. Os valores de pH reduziram constantemente com início de $4,35 \pm 0,06$ com 15 DAA, apresentando $2,73 \pm 0,02$ com 85 DAA.

A acidez total titulável, apresentou $4,60 \pm 0,10$ g de ác. cítrico 100 g^{-1} com 15 DAA, e $8,85 \pm 0,05$ g de ácido cítrico 100 g^{-1} com 85 DAA, do início ao final do desenvolvimento, a acidez total titulável aumentou constantemente.

Esta elevação da acidez se deve principalmente a produção de ácidos galacturônico no processo de hidrólise da pectina pela PME. Silva et al. (2016) encontraram valores de 4,22 de pH no estágio inicial de desenvolvimento do murici (*Byrsonima crassifolia kunth*), com sete dias após antese, resultados similares aos encontrados neste trabalho.

No início do desenvolvimento do murici, o fruto obteve $4,55 \pm 0,45$ sólidos solúveis totais (SST) com 15 DAA, após houve um aumento no teor de sólidos solúveis, atingindo $15,55 \pm 2,9$ SST no 35° DAA, já no 45° DAA houve uma redução de sólidos solúveis totais para $10,55 \pm 4,1$ SST atingindo a maior degradação de sólidos solúveis totais no 55° dia, com $8,75 \pm 0,40$ SST que provavelmente deve ter ocorrido devido a degradação dos açúcares e ácidos orgânicos para os processos metabólicos de respiração dos frutos, seguido de um aumento no 75° DAA, com $16,53 \pm 0,48$ SST chegando ao final do desenvolvimento 85° DAA com $24,15 \pm 0,40$ SST.

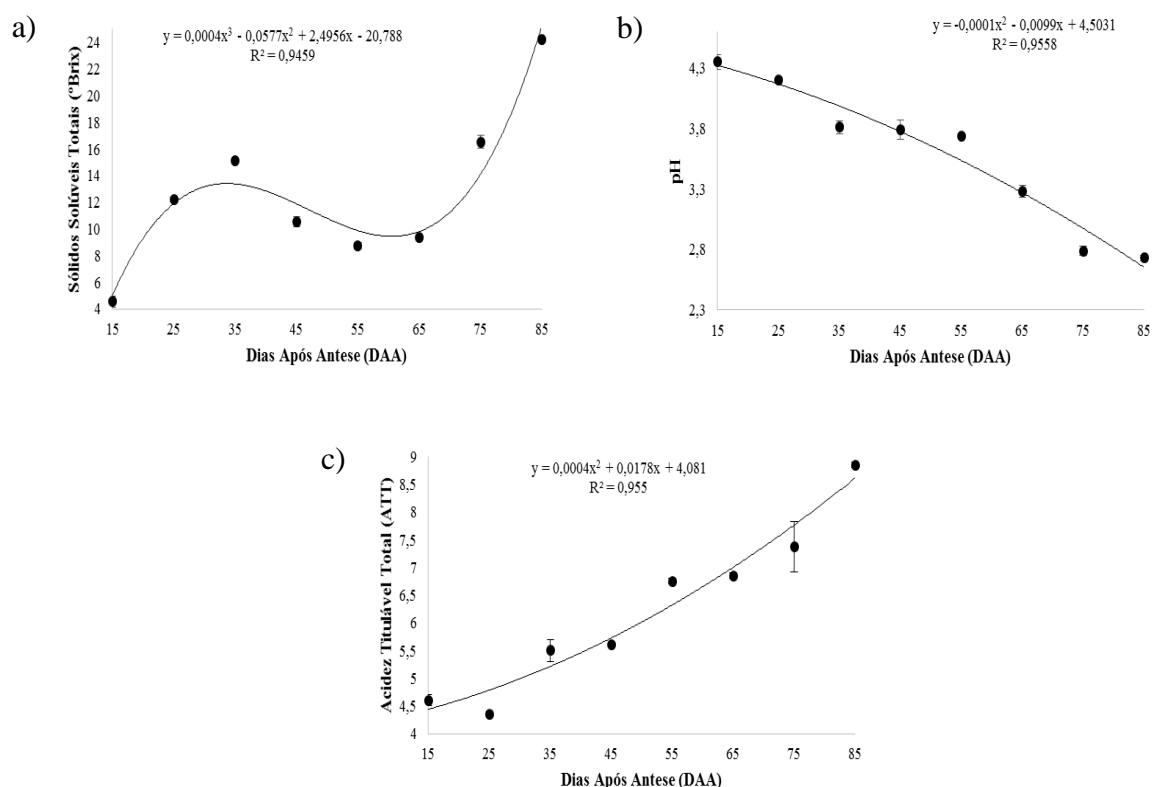


Figura 6. Valores médios e regressão polinomial dos valores, com significância ($p > 0,05$) para sólidos solúveis **a)**, pH **b)** e Acidez total titulável **c)**, durante o desenvolvimento fisiológico do fruto murici (*Byrsonima sp.*).

O murici é um fruto que possui bastante amido em sua composição, no 15° DAA, obteve-se o valor $12,78 \pm 0,57$ g/100 g no 35° dia de análise houve um aumento bastante considerável nos níveis de amido chegando a $20,71 \pm 0,17$ g/100 g portanto, como esperado, ao atingir o 55° DAA houve um decréscimo de amido nos frutos no valor de $18,41 \pm 0,35$ g/100 g indicando a degradação do amido como fonte de energia utilizada pelo metabolismo dos frutos para completar os processos metabólicos, principalmente os de respiração e expansão celular, posteriormente os teores de amido presentes no murici se elevaram, para que assim se completasse o amadurecimento e o fruto recebesse sabor agradável para o consumo. Ao final

do desenvolvimento, no 85º DAA, o valor se estabilizou em $18,26,27 \pm 0,37$ g/100 g como apresentado na Figura 7.

Em relação ao teor de açúcares totais encontrados no murici no desenvolvimento fisiológico, inicialmente os frutos obtiveram níveis de $3,24 \pm 0,12$ g.100 g⁻¹ com 15 DAA, com 35 DAA apresentaram $3,95 \pm 0,34$ g.100 g⁻¹ com 55 DAA atingiu $11,10 \pm 0,39$ g.100 g⁻¹ a partir deste estágio ocorreu uma degradação de açúcares a utilização como fonte de energia para o desenvolvimento dos frutos até 65 DAA no qual apresentou $9,46 \pm 0,37$ g/100 g, ao final do desenvolvimento com 85 DAA apresentou valores de $14,56 \pm 0,24$ g.100 g⁻¹.

Os açúcares redutores apresentaram os seguintes níveis $1,1 \pm 0,18$ g.100 g⁻¹ com 15 DAA, houve um aumento aos 35 DAA para $2,28 \pm 0,41$ g.100 g⁻¹, se elevando ao final do desenvolvimento com 85 DAA para $7,12 \pm 0,36$ g.100 g⁻¹ de glicose/frutose.

Em relação aos açúcares não-redutores, com 15 DAA obteve-se $3,51 \pm 0,38$ g.100 g⁻¹ com redução após 35 dias $2,33 \pm 0,35$ g.100 g⁻¹ elevando-se aos 55 DAA $6,87 \pm 0,21$ g.100 g⁻¹ encerrando o ciclo do desenvolvimento com $6,36 \pm 0,28$ g.100 g⁻¹ após 85 dias.

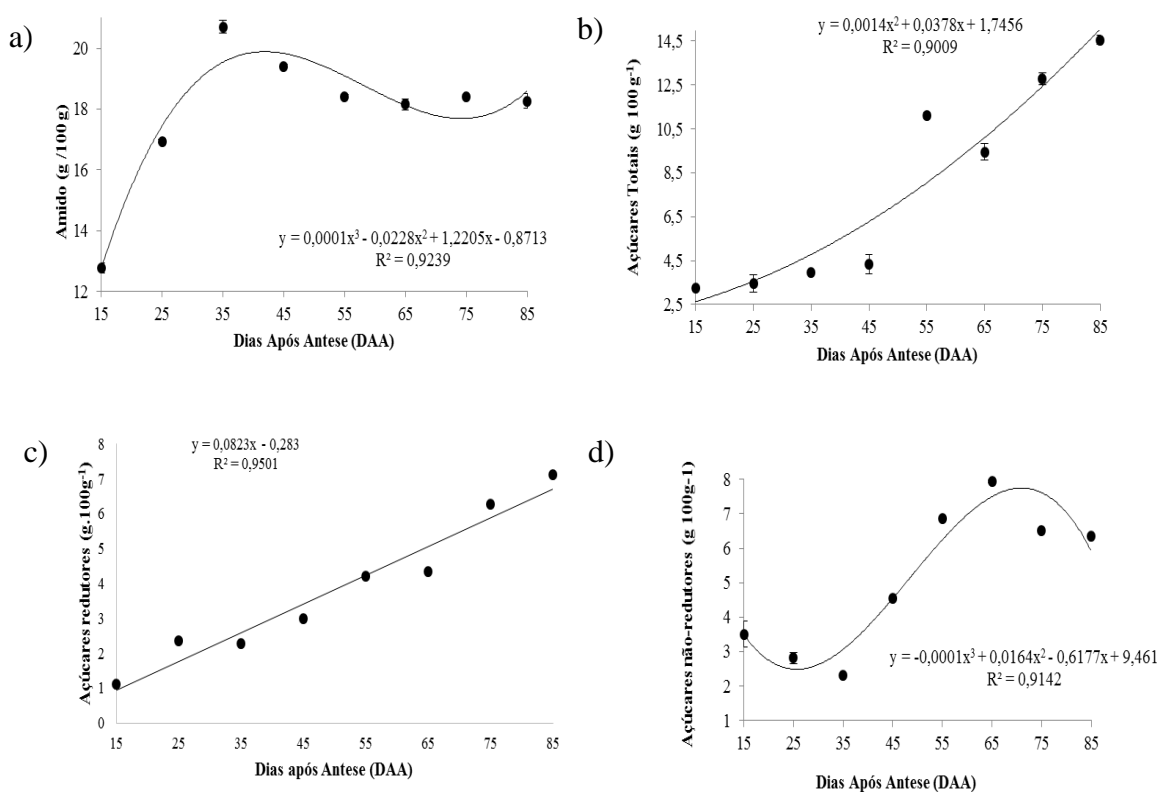


Figura 7. Valores médios e regressão polinomial dos valores, com significância ($p > 0,05$) para o Amido **a)**, Açúcares totais **b)**, Açúcares redutores **c)**, Açúcares não-redutores **d)**, durante o desenvolvimento fisiológico do fruto murici (*Byrsonima* sp.).

Observou-se o aumento constante da umidade no murici durante o desenvolvimento fisiológico, como apresentado na Figura 8. Os frutos obtiveram $34,5 \pm 0,3\%$ de umidade com 15 DAA, o que representa o início do desenvolvimento, chegando a $68,2 \pm 0,4\%$ de umidade no final do estágio de desenvolvimento com 85 DAA.

Na Figura 8, pode-se observar o teor de extrato etéreo com valores de $0,4 \pm 0,07\%$ com 15 DAA, de $1,06 \pm 0,01\%$ dos 25 aos 35 DAA, já no 75º DAA elevaram-se os níveis para $3,54 \pm 0,01\%$, estabelecendo $3,65 \pm 0,1\%$ com 85 dias ao final do desenvolvimento. Estes valores são consideravelmente elevados quando comparados a outros vegetais e frutos, Cruz et al. (2013) encontraram $1,51 \pm 0,25$ de extrato etéreo em Atemoia (*Gefner*).

Canuto et al. (2010) avaliando as características físico químicas de alguns frutos, encontraram valores semelhantes aos avaliados neste trabalho, em cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*), bacuri (*Platonia insignis*), açai (*Euterpe oleraceae*), 0,3%; 1,1%; 4,6%, respectivamente.

O valor proteico apresentou as médias $2,15 \pm 0,13\%$ com 15 DAA, ao decorrer do desenvolvimento, os níveis de proteínas foram reduzidos, apresentando aos 45 DAA a média de $3,10 \pm 0,3\%$, reduzindo constantemente até o término do desenvolvimento, apresentando $2,42 \pm 0,53\%$ aos 85 DAA.

No desenvolvimento do murici foi observado o valor do resíduo mineral fixo, $2,35 \pm 0,04\%$ com 15 DAA e $1,04 \pm 0,08\%$ com 85 DAA, no final do desenvolvimento. Rocha et. al (2013) analisaram o fruto macaúba (*Acrocomia aculeata mart.*) e obtiveram teor de cinzas $2,3 \pm 0,2\%$, e Morzelle et. al (2015) encontraram valor de 1,02% em murici (*byrsonima Verbascifolia*) maduro.

O teor de fibra alimentar total presente ao longo do desenvolvimento fisiológico do Murici (*Byrsonima sp.*) sofreu alterações e se elevou significativamente ao nível de 5%, com 15 DAA apresentou $2,10 \pm 0,01\%$, atingindo o maior pico ao final do desenvolvimento com $2,45 \pm 0,34\%$, com 85 DAA. Este teor de fibra alimentar no Murici maduro é relativamente superior quando comparado a outros frutos do Cerrado como a cagaita (*Eugenia dysenterica*) $1,04 \pm 0,08\%$ e a gabioba (*Campomanesia pubescens*) $1,54 \pm 0,21\%$ estudadas por Silva et al. (2008).

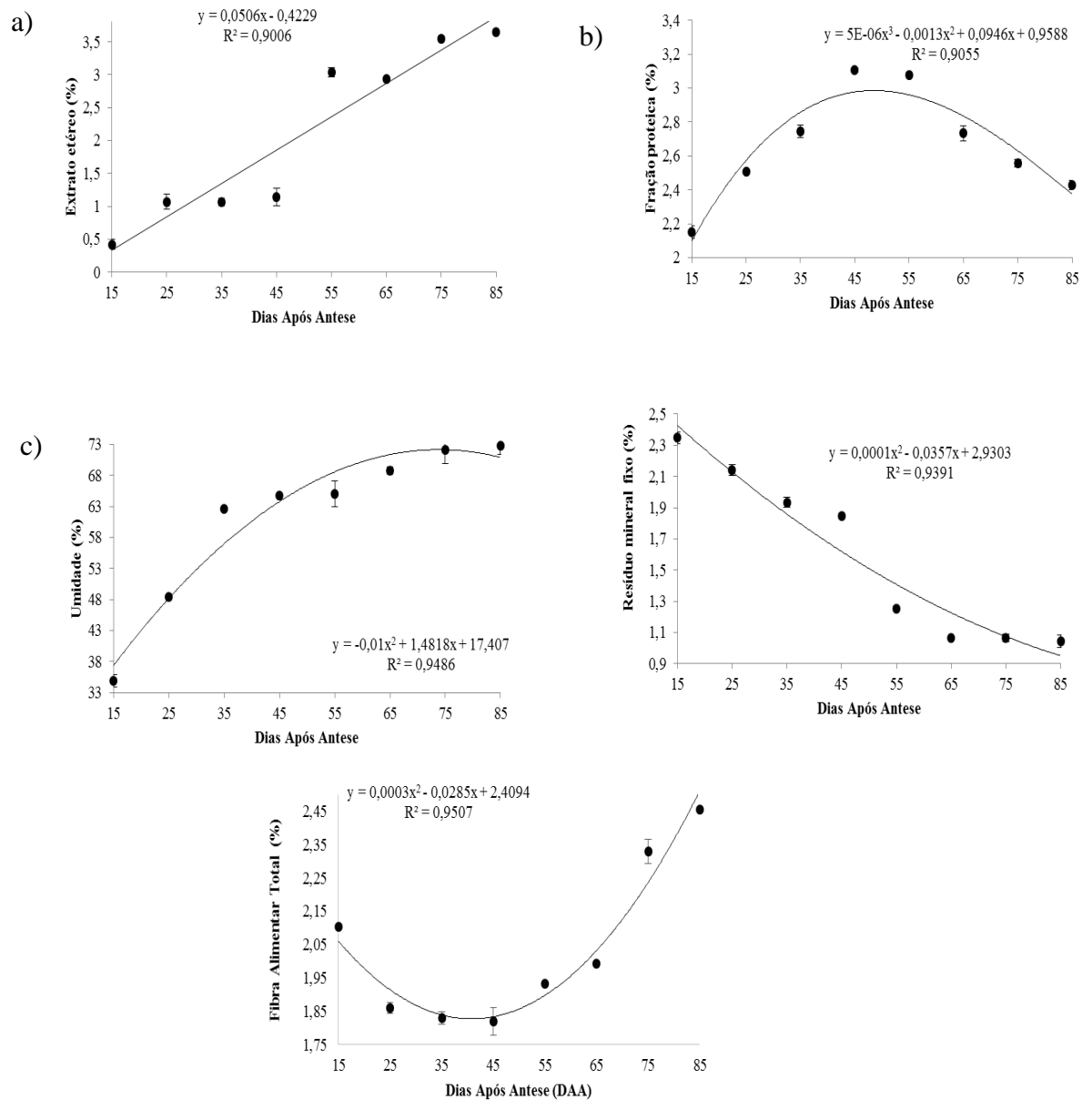


Figura 8. Valores médios e regressão polinomial dos valores, com significância ($p > 0,05$) para Extrato etéreo **a)**, Proteínas **b)**, Umidade **c)**, Cinzas **d)**, Fibra Alimentar Total **e)**, durante o desenvolvimento fisiológico do fruto murici (*Byrsonima sp.*).

4 CONCLUSÃO

- O ciclo completo de desenvolvimento do murici (*Byrsonima sp*), colhido em Goiânia-Go, se totalizou em 85 dias após a antese.
- A massa e o diâmetro dos frutos se elevaram durante o desenvolvimento, o crescimento acelerado caracterizou o comportamento sigmoidal duplo.
- Os frutos apresentaram alto teor de sólidos solúveis totais, sendo os principais estádios com maior teor de açúcares e ácidos orgânicos com 35 e 85 DAA.
- Os resultados de coloração, analisando os parâmetros L*, ângulo Hue e Croma bem como a degradação da clorofila indicaram a transição da coloração verde para amarelo.
- A composição proximal com 55 DAA apresentou as maiores variações no desenvolvimento fisiológico.
- O decréscimo da taxa respiratória no período de maturação indicou o comportamento não-climatérico do murici.

REFERÊNCIAS

- AGRA, M. F.; FREITAS, P. F.; BARBOSA-FILHO, J. M. Synopsis of the plants known as medicinal and poisonous in Northeast of Brazil. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, Curitiba, v. 17, n. 1, p. 114-140, 2007.
- AMARANTE, C. V. T.; MEGGUER, C. A. Qualidade pós-colheita de frutos de butiá em função do estágio de maturação na colheita e do manejo da temperatura. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 1, p. 1-9, 2008.
- ANTUNES, A. M.; VALMÓRBIDA, J.; ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D. Uso de reguladores vegetais na conservação refrigerada de acerolas (*Malpighia glabra* L). **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 6, p. 1241-1245, 2006.
- AOAC – Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of Analysis**. 18 th ed, 3th Review, Washington, 2010.
- ARAUJO, D. R.; LUCENA, E. M. P.; GOMES, J. P.; FIGUEIREDO, R. M. F.; SILVA, C. P. Caracterização dos estádios de maturação dos frutos da murta. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 38, n. 2, p. 712, 2016.
- ARAUJO, F. M. M. C.; CHITARRA, A. B. Armazenamento de melão orange flesh minimamente processado sob atmosfera modificada. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 2, p. 346-352, 2005.
- BASTOS, D. C. **Estudo da redução da hidrofiliçidade de filmes biodegradáveis de amido de milho termoplástico com e sem reforço de fibra de bananeira através do tratamento por plasma de SF6**. 2010. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.
- BLUMENKRANTZ, N.; ASBOE HANSEN, G. New method for quantitative determination of uronic acids. **Analytical Biochemistry**, New York, v. 54, n. 2, p. 484-489, 1973.
- BUESCHER, R. W.; FURMANSK, R. J. Role of pectinametilsterase and polygalacturonase in the formation of woollines on peachs. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 43, n. 1, p. 264-266, 1978.
- CANUTO, G. A. B.; XAVIER, A. A. O.; NEVES, L. C.; BENASSI, M. T. Caracterização físico-química de polpas de frutos da Amazônia e sua correlação com a atividade anti radical livre. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, n. 4, p. 1196-1205, 2010.

CUNHA, M. C. **Impacto do processamento, embalagem e tempo de armazenamento sobre a qualidade da geleia de murici (*Byrsonima Crassifolia* (L.) Rich).** 2016. 126 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2016.

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

CRUZ, L. S.; LIMA, R. Z.; ABREU, C. M. P.; CORRÊA, A. D.; PINTO, L. M. A. Caracterização física e química das frações do fruto atemoia Gefner. **Ciência Rural**, v. 43, n. 12, p. 2280-2284, 2013.

CRUZ, W. F. **Obtenção de polpa de Goiaba (*Psidium Guajava* L.) em pó pelo método de secagem em camada de espuma.** 2013. 93 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013.

ENGEL, V. L.; POGGIANI, F. Estudo da concentração de clorofila nas folhas e seu espectro de absorção de luz em função do sombreamento em mudas de quatro espécies florestais. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Brasília, v.3, n.1, p. 39-45, 1991.

FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer statical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

GIOVANNONI J. J. Genetic regulation of fruit development and ripening. **The Plant Cell**, Los Angeles, v. 16, n. 2, p. 170–180, 2004.

GONÇALVES, C. A. A.; LIMA, L. C. O.; LOPES, P. S. N.; PRADO, M. E. T. Caracterização física, físico-química, enzimática e de parede celular em diferentes estádios de desenvolvimento da fruta de figueira. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 26, n. 1, p. 220-229, 2006.

GUILHON-SIMPLICIO, F.; PEREIRA, M. M. Aspectos químicos e farmacológicos de *Byrsonima* (Malpighiaceae). **Química Nova**, São Paulo, v. 34, n. 6, p. 1032-1041, 2011.

HACK, H.; BLEIHOLDER, H.; BUHR, L.; MEIER, U.; SCHNOCK-FRICKE, U.; WEBER, E.; WITZENBERGER, A. Einheitliche codierung der phanologischen entwicklungsstadien mono-und dikotylar pflanzen-erweiterte BBCH-Skala Allgemein. **Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes**, Alemanha, v. 44, n. 2, p. 265-270, 1992.

HULTIN, H. O.; SUN, B.; BULGER, J. Pectin methylesterase of the banana: purification and properties. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 31, n. 3, p. 320-327, 1996.

HUNTERLAB. Applications note: CIE L* a* b* color scale. Virginia, 1996.

KINUPP, V. F.; BARROS, I. B. I.; Teores de proteína e minerais de espécies nativas, potenciais hortaliças e frutas. **Ciência e Tecnologia**, Campinas, v. 28, n. 4, p. 846-857, 2008.

KLUGE, R. A.; NATCHIGAL, J.C.; BIHALVA, A. B. **Fisiologia e manejo pós-colheita de frutas de clima temperado**. 2. ed. Pelotas, 2002, 163 p.

LANCASHIRE, P. D.; BLEIHOLDER, H.; BOOM, T. V. D.; LAGELUDDEKE, P.; STAUSS, R.; WEBER, E.; WITZENBERGER, A. A uniform decimal code for growth stages of crops and weeds. **Annals of Applied Biology**, Leverkusen, v. 119, n. 3, p. 561-601, 1991.

LOURENÇO, I. P.; FIGUEIREDO, R. W.; ALVES, R. E.; ARAGÃO, F. A. S.; MOURA, C. F. H. Caracterização de frutos de genótipos de muricizeiros cultivados no litoral cearense. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 3, p. 499-504, 2013.

MAIA, G. A.; SOUSA, P. H. M.; LIMA, A. S.; CARVALHO, J. M.; FIGUEIREDO, R. W. **Processamento de frutas tropicais: Nutrição, produção e controle de Qualidade**. Fortaleza: UFC, 2009. 277 p.

MANICA, L.; ICUMA, I. M.; JUNQUEIRA, N. T. V.; SALVADOR, J. O.; MOREIRA, A.; MALAVOLTA, E. **Fruticultura tropical**. Porto Alegre: Cinco continentes, 2000. 373 p.

MCCREADY, P. M.; MCCOMB, E. A. Extration and determination of total pectin material. **Analytical Chemistry**, Washington, v. 24, n.12, p. 1586-1591, 1952.

MCGUIRE, R. G. Reporting of objective color measurements. **HortScience**, Alexandria, v. 27, n. 3, p. 1254-1255, 1992.

MONTOYA, S. G. **Caracterização do desenvolvimento do fruto da Palmeira Macaúba**. 2013. 62f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013.

MORZELLE, M. C.; BACHIEGA, P.; SOUZA, E. C.; VILAS BOAS, E. V. B.; LAMOUNIER, M. L. Caracterização Química e Física de frutos de curriola, Gabiroba e Murici provenientes do Cerrado Brasileiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 37, n. 1, p. 96-103, 2015.

NELSON, N. A. Photometric adaptation of Somogyi method for determination of glucose. **The Journal Biological Chemistry**, Baltimore, v. 153, n.2, p. 136-176, 1944.

OBOH, G.; ADEMOSUN, A. O.; AKINLEYE, M.; OMOJOKUN, O. S.; BOLIGON, A. A.; ATHAYDE, M. L. Starch composition, glycemic indices, phenolic constituents, and antioxidative and antidiabetic properties of some common tropical fruits. **Journal os Ethnic Foods**, Akure, v. 2, n. 2, p. 64-73, 2015.

OLIVEIRA, T. M.; **Desenvolvimento e avaliação de filme biodegradável de polietileno incorporado de amido de grão-de-bico (*Cicerarietinum L.*)**. 2007. 122 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2007.

RATER, A.; GOREN, R.; MONSELINE, S. P. Activy of pectin esterase and celulose in the abscission zone of citrus leaf explants. **Plant Physiology**, Rockville, v. 44, n. 12, p. 1717-1723, 1996.

RESENDE, M. L.; CÂNDIDO, P. A. Produção e comercialização de frutos do Cerrado em Minas Gerais. **Revista da Política Agrícola**. Ano XXIII – N° 3 – Jul./Ago./Set. P. 81-68, 2014.

RIBEIRO, L. R.; OLIVEIRA, L. M.; SILVA, S. O. A. Caracterização Física e Química de bananas produzidas em sistemas de cultivo convencional e orgânico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 34, n.3, p. 774-782, 2012.

SALOMÃO, L. C. C.; SIQUEIRA, D. L.; PEREIRA, M. E. C. Desenvolvimento do fruto da lichieira (*Litchi chinensis* Sonn)'Bengal. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 1, p. 11-13, 2006

SALUNKHE, D. H.; DESAI, B. B. **Postharvest biotechnology of fruits**. Florida: CRC, 1984. V. 2.

SAMPAIO, C. R. P. **Caracterização Físico-Química, capacidade antioxidante e compostos bioativos de frutos de Murici Vermelho (*Byrsonima Ligustrifolia A. Juss*) em cinco estádios de maturação**. 2015. 104 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

SCHERER, R.; RYBKA, A. C.; GODOY, H. T. Determinação simultânea dos ácidos orgânicos tartárico, málico, ascórbico e cítrico em polpas de acerola, açaí e caju e avaliação da estabilidade em sucos de caju. **Química Nova**, São Paulo, v. 31, n. 31, p. 1137-1140, 2008.

SILVA, C. A. S. **Desenvolvimento inicial de três espécies nativas do Cerrado em função de lâminas de irrigação e tamanhos de recipiente**. 2012. 182f. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2012.

SILVA, D. F. P.; SILVA, J. O. C.; MATIAS, R. G. P.; RIBEIRO, M. R.; BRUCKNER, C. H. Curva de crescimento e padrão respiratório de frutos de genótipos de pessegueiro em região de clima subtropical. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 2, p. 642-649, 2013.

SILVA, E. P.; VILAS BOAS, E. V.; RODRIGUES, L. J.; SIQUEIRA, H. H. Caracterização física, química e fisiológica de gabioba (*Campomanesia pubescens*) durante o desenvolvimento. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n. 4, p. 1-7, 2009.

SILVA, E. P. **Caracterização do desenvolvimento de frutos do cerrado: Marolo (*Annona crassiflora*, Mart.) e Gabioba (*Campomanesia pubescens*)**. 2009. 128 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 2009.

SIQUEIRA, E. M. A.; ROSA, F. R.; FUSTINONI, A. M.; SANT'ANA, L. P.; ARRUDA, S. F. Brazilian savanna fruits contain higher bioactive compounds content and higher antioxidant activity relative to the conventional red delicious Apple. **Plos One**, Cambridge, v. 8, n. 8, p. 1-7, 2013.

SILVA, M. R.; LACERDA, D. B. C. L.; SANTOS, G. G.; MARTINS, D. M. O. Caracterização química de frutos nativos do cerrado. **Ciência Rural**, v. 38, n. 6, p. 1790-1793, 2008.

SCHOEFS B. Chlorophyll and carotenoid analysis in food products. Properties of the pigments and methods of analysis. **Trends in Food Science e Technology**, v. 13, n. 2, p. 361-371, 2002.

SOUZA, M. E.; LEONEL, S.; FRAGOSO, A. M. Crescimento e produção de genótipos de bananeiras em clima subtropical. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.41, n.4, p. 587-591, 2011.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant Physiology**. 1. ed. California. The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc., 1991. 565 p.

VILA, M. T. R.; LIMA, L. C. O.; VILAS-BOAS, E. V. B.; HOJO, E. T. D.; RODRIGUES, L. J.; PAULA, N. R. F. Caracterização química e bioquímica de goiabas armazenadas sob refrigeração e atmosfera modificada. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 5, p. 1435-1442, 2009.

WATADA, A. E.; HERNER, R. C.; KADER, A. A.; ROMANI, E. J.; STABY, G. L. Terminolog for the description of development stages of horticultural crops. **Hortscience**, Alexandria, v. 19, n. 1, p. 20-21, 1984.

CAPÍTULO III

ARTIGO II - COMPOSTOS BIOATIVOS E PERFIL VOLÁTIL DO FRUTO MURICI (*BYRSONIMA SP.*) DURANTE O DESENVOLVIMENTO FISIOLÓGICO

RESUMO - O Brasil compreende-se em seis biomas, no qual inclui-se o Cerrado, sendo um grande produtor da atividade econômica relacionada a fruticultura no país. Dentre as espécies nativas do cerrado, o Murici (*Byrsonima sp.*) é bastante consumido e utilizado em tratamentos medicinais. Contudo, o comportamento de seus compostos bioativos e perfil volátil durante os estádios de desenvolvimento fisiológico ainda não são bem definidos. Neste contexto, o objetivo do presente trabalho foi determinar os compostos bioativos e perfil volátil no fruto Murici *in natura* ao longo de seu desenvolvimento fisiológico. A avaliação dos frutos ocorreu entre 15 e 85 dias após antese (DAA), sendo os frutos submetidos as análises de ácido ascórbico, carotenoides, compostos fenólicos totais e atividade antioxidante pelos métodos de DPPH, ABTS** e β -caroteno. Foi avaliado também o perfil de constituintes voláteis. O teor de ácido ascórbico reduziu, de acordo com o grau de maturação dos frutos, todavia, se mostrou em níveis elevados com 85 DAA $38,34 \pm 0,19 \text{ mg.g}^{-1}$. Os níveis de carotenoides se elevaram apresentando $38,11 \pm 0,03 \text{ mg.g}^{-1}$ ao final do desenvolvimento, estes pigmentos resultam na coloração amarela do fruto Murici maduro. O teor de compostos fenólicos foi maior com 65 DAA, no qual apresentou $437,76 \pm 1,90 \text{ (EAG).}100 \text{ g}^{-1}$. Os compostos fenólicos majoritários identificados foram o ácido gálico, a catequina e a vanilina que estiveram presentes em todos os estádios de desenvolvimento principalmente de 15 a 45 DAA. Foram avaliados 31 constituintes voláteis, prevalecendo os aldeídos entre 15 e 45 DAA, ácidos carboxílicos entre 55 a 85 DAA, especialmente o ácido hexanóico com 90,7% no 85° DAA, o éster hexanoato de etila apresentou 1%, no final do desenvolvimento com 85 DAA. Os frutos do Cerrado, especialmente o Murici possuem características ótimas relacionadas aos compostos bioativos e potencial antioxidante que tem impulsionado pesquisas científicas atuais na área de alimentos.

Palavras-Chave: Murici (*Byrsonima sp.*), Fruto do cerrado, compostos bioativos, compostos voláteis.

BIOACTIVE COMPOUNDS AND VOLATILE PROFILE OF MURICI FRUIT (*BYRSONIMA SP.*) DURING PHYSIOLOGICAL DEVELOPMENT

ABSTRACT - Brazil is comprised in six biomes, in which the Cerrado is included, being a major producer of economic activity related to fruit growing in the country. Among the native cerrado species, Murici (*Byrsonima sp.*) Is widely consumed and used in medicinal treatments. However, the behavior of its bioactive compounds and volatile profile during the stages of physiological development are still not well defined. In this context, the objective of the present work was to determine the bioactive compounds and volatile profile in the Murici fruit in natura throughout its physiological development. Fruit evaluation was carried out between 15 and 85 days after anthesis (DAA). The fruits were submitted to ascorbic acid, carotenoids, total phenolic compounds and antioxidant activity by DPPH, ABTS ** and β -carotene. The profile of volatile constituents was also evaluated. The ascorbic acid content reduced, according to the degree of maturation of the fruits, however, it was shown at high levels with 85 DAA 38.34 ± 0.19 mg.g⁻¹ Carotenoid levels increased with 38.11 ± 0.03 mg.g⁻¹ at the end of development, these pigments result in the yellow coloration of mature Murici fruit. The content of phenolic compounds was higher with 65 DAA, in which it presented 437.76 ± 1.90 (EAG) .100 g⁻¹. The major phenolic compounds identified were gallic acid, catechin and vanillin which were present at all stages of development, mainly 15 to 45 DAA. A total of 31 volatile constituents were evaluated, with aldehydes between 15 and 45 DAA, carboxylic acids between 55 and 85 DAA, especially hexanoic acid with 90.7% at 85 ° DAA, ethyl hexanoate ester presented 1% at the end of development With 85 DAA. The fruits of the Cerrado, especially the Murici, have excellent characteristics related to the bioactive compounds and the antioxidant potential that has driven current scientific research in the food area.

Key words: Murici (*Byrsonima sp.*), Fruit of the cerrado, Bioactive compounds, Volatile compounds.

1 INTRODUÇÃO

Diversas tendências têm surgido ao longo dos anos, movimentos mundiais envolvendo produtos alimentares com funcionalidades demonstram a significância do impacto comercial relacionado aos compostos bioativos presentes em frutos, bem como a prevenção e o tratamento de doenças crônicas (COSTA et al., 2013).

Frutos e legumes são excelentes fontes de compostos bioativos, os efeitos de prevenção de doenças são atribuídos principalmente aos antioxidantes, incluindo ácido ascórbico (vitamina C), tocoferóis (vitamina E), carotenoides, compostos fenólicos, a capacidade antioxidante dos frutos relaciona-se diretamente ao perfil fitoquímico que dependem de diversos fatores durante o desenvolvimento fisiológico de frutos, bem como a fase de maturação, localização geográfica, condições climáticas, espécie, entre outros (SAMPAIO; HAMERSKI; RIBANI, 2015).

Os compostos antioxidantes possuem diversas funcionalidades, incluindo a aplicação como ingredientes funcionais nutracêuticos e principalmente prolongando a durabilidade de alimentos, prevenindo a peroxidação lipídica e protegendo contra danos oxidativos. O aumento da estabilidade de óleos vegetais perante às reações de oxidação é importantíssimo para as indústrias, sobretudo no processamento de alimentos (MOURE et al., 2001).

A caracterização físico-química e quantificação dos compostos bioativos dos frutos são importantes no estudo de compreensão do valor nutricional destes, prevendo a melhoria da qualidade e valor do produto final. Compostos com atividades antioxidantes têm ganhado importância pelas propriedades funcionais que protegem o organismo humano contra estresses oxidativos e várias doenças crônicas degenerativas (MATTIETTO et. al., 2010).

Os constituintes voláteis possuem um papel importante no metabolismo dos frutos e estão sendo cada vez mais estudados, estes compostos estão ligados aos tecidos dos frutos e após a liberação por hidrólise enzimática, ocorre o aumento da produção dos compostos voláteis e atuam como um mecanismo controlado de liberação destes compostos durante o período de amadurecimento (FRANCO, 2003).

As propriedades dos frutos, em geral, são aspectos que tem atraído a atenção tanto a população quanto a comunidade científica. Os frutos do cerrado estão cada vez mais sendo implementados na dieta nutricional da população, sua capacidade de prevenção contra diversas doenças e sabores exóticos são os aspectos importantes.

O cerrado brasileiro é rico em espécies nativas de frutos que apresentam características sensoriais exclusivas. Estes frutos são bastante importantes na economia, pela comercialização

de produtos, como também pelo consumo na ingestão de nutrientes benéficos à saúde (CARDOSO et al., 2011).

O gênero *Byrsonima*, conhecido popularmente como murici, pertence à família Malpighiaceae, na qual também se integra a acerola (*Malpighia emarginata*), fruto conhecido especialmente pelo alto teor de ácido ascórbico. Esta família apresenta aproximadamente 1300 espécies em 77 gêneros, sendo a *Byrsonima* um dos mais amplos, com aproximadamente 150 espécies (DAVIS; ANDERSON, 2010; MARIUTTI et al., 2014). Estes frutos possuem aproximadamente 1,5 a 2 cm de diâmetro transversal, quando maduros apresentam cor amarelada e o odor de sua polpa se assemelha a um queijo rançoso frutado. Sua composição química apresenta aproximadamente 76% de teor de água, 20% de carboidratos totais, 3% de lipídeos e menos de 1% de proteínas e cinzas (GUIMARÃES; SILVA, 2008).

Diante destas informações, o presente trabalho teve como objetivo avaliar os compostos bioativos e voláteis presentes no murici (*Byrsonima sp.*), durante o seu desenvolvimento fisiológico.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Obtenção dos frutos

O trabalho foi conduzido em uma área da Emater Qda/Área/Lote AR3, Campus Samambaia, Universidade Federal de Goiás, localizada em Goiânia-GO, entre o período de Agosto a Novembro de 2015. Foram selecionados, ao acaso, 32 exemplares de muricizeiros *Byrsonima sp.* homogêneos quanto ao porte e produtividade, marcados por ocasião das anteses, com fios de lã de diferentes cores. A colheita dos frutos foi realizada com 15 dias após a antese, coletou-se aproximadamente 600 g de frutos *in natura*, sendo estes fracionados em três lotes iguais, foram colhidos entre 07:00 e 08:00 da manhã, que representa o horário ideal de colheita pois afeta em menor escala as reações bioquímicas que ocorrem no fruto. Os frutos foram acondicionados em embalagens plásticas de polietileno de baixa densidade e transportados em caixas para o Laboratório de Análise de Alimentos, da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás, em Goiânia.

2.2 Delineamento experimental

Utilizou-se como modelo para o experimento, um Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), fatorial simples, constituído por coleta em diferentes estádios de desenvolvimento dos frutos, sendo o início da coleta com 15 dias após a antese e,

posteriormente, com sequências de 10 em 10 dias, totalizando os seguintes pontos: 15, 25, 35, 45, 55, 75 e 85 os frutos foram submetidos ao congelamento rápido em nitrogênio líquido e em seguida armazenados em freezer à temperatura de -18°C para as posteriores análises de compostos fenólicos totais, identificação do perfil de compostos fenólicos, ácido ascórbico, carotenoides, compostos antioxidantes e constituintes voláteis, realizadas em triplicata.

2.3 Análises químicas

As análises químicas foram realizadas no Laboratório de Pós-Colheita de Frutas e Hortaliças, do Departamento de Ciência dos Alimentos, da Universidade Federal de Lavras.

2.3.1 Compostos Fenólicos Totais

Os compostos fenólicos totais foram determinados pelo método Folin-Ciocalteu, pela metodologia de Waterhouse (2002).

2.3.2 Identificação do Perfil de Compostos Fenólicos

A identificação do perfil de compostos fenólicos foi determinada pelo método de cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC), os extratos foram preparados seguindo-se a metodologia descrita por Ramaiya et al. (2013). Para a extração foram utilizados 2,5 g de amostra, homogeneizada em 20 mL de metanol grau HPLC 70% (v/v) e, em seguida, o extrato obtido permaneceu por 1 h em banho ultrassônico (marca: Quimis, modelo: Q335D), à temperatura ambiente de 25°C. O extrato obtido foi centrifugado em centrífuga (modelo RI 6720) a 1500 rpm durante 15 min. à 4 °C e filtrado em papel de filtro com porosidade 14µm. Para a injeção das amostras, os extratos foram novamente filtrados utilizando-se filtro de membrana porosa com 0,45 µm. A quantificação e identificação dos compostos fenólicos foram realizadas em HPLC-DAD/UV-Vis modelo Shimadzu (Shimadzu Corporation, Kyoto, Japão) equipado com quatro bombas de alta pressão modelo LC-20AT com um detector de arranjo de diodos modelo SPD-M20A, desgaseificador modelo DGU-20A5, interface de CBM-20A, forno CTO-20AC e amostrador automático modelo SIL-20A. As separações foram realizadas usando uma coluna Shimadzu Shim-pack ODS GVP-C18 4,6 x 250 mm, 5 mm ligada a uma pré-coluna Shimadzu-pack ODS GVP-C18, (4,6 x 10 mm, 5µm). A fase móvel, consistiu de 2% (v/v) de ácido acético em água deionizada (Fase móvel A) e 70:28:2 (v/v) de metanol/água/ácido acético (Fase móvel B), a uma taxa de fluxo de 1,0 mL.min⁻¹ com um programa de eluição de gradiente e tempo de execução de 65 minutos. O volume de injeção foi de 20 µL. As análises foram realizadas a 35 °C. Os compostos fenólicos foram detectados a 280 nm. As soluções padrão foram diluídas em metanol e as curvas de calibração foram obtidas a partir de injeções de dez

concentrações diferentes, em duplicata. Os compostos fenólicos foram identificados por comparação dos tempos de retenção com os padrões de ácido gálico, catequina, ácido clorogênico, ácido cafeico, ácido ferulico, ácido trans-cinâmico, vanilina, rutina, quercetina, ácido m-cumárico, ácido p-cumárico, ácido o-cumárico. Os resultados foram expressos em mg do composto fenólico.100g⁻¹ da amostra.

2.3.3 Ácido ascórbico

A determinação de ácido ascórbico (“vitamina C”), foi realizada seguindo o protocolo descrito por Strohecker e Henning (1967), os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico.100g⁻¹.

2.3.4 Carotenóides

Para a determinação de carotenoides totais, seguiu-se a metodologia de Rodriguez-Amaya e Kimura (2004). As amostras foram descongeladas sob refrigeração à 15°C e submetidas as análises. Todo o processo foi realizado protegido da luz e a temperatura ambiente de 25°C. Fez-se a extração de 5 g de amostra triturada, utilizando acetona (C₃H₆O), filtrou-se a amostra e obteve-se o extrato, o mesmo foi transferido para um funil de separação de 500 mL contendo 50 mL de éter de petróleo, em seguida adicionou-se água destilada na parede do funil até a remoção da acetona. Este procedimento para remoção da acetona foi repetido quatro vezes para retirar todo resíduo, o extrato em éter de petróleo foi recolhido em balão volumétrico de 50 mL com o auxílio de um funil. Os carotenoides totais foram analisados em espectrofotômetro Beckman 640 B, com sistema computadorizado na faixa do espectro visível, com leitura a 450 nm. Utilizou-se a Equação 4, a seguir para calcular o teor de carotenoides totais presentes nas amostras.

$$CT (\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}) = \text{Abs. vol. } 10^4 / E1\% \cdot 1\text{cm} \cdot P \quad (\text{Equação 4})$$

CT = Carotenoides totais; Abs = Absorbância no λ máximo; Vol = Volume da diluição (mL); E1%.1cm = 2592; P = Peso da amostra (g).

2.3.5 Compostos Antioxidantes

Para a obtenção dos compostos antioxidantes, utilizou-se a metodologia descrita por Larrauri, Rupérez e Saura-Calixto (1997), adaptada por Rufino et al. (2007). Primeiramente preparou-se os extratos antioxidantes com 50% de metanol e 70% de acetona para a extração completa dos compostos antioxidantes. Os extratos obtidos foram utilizados para determinar a

atividade antioxidante pelas metodologias de compostos fenólicos totais, ABTS**, DPPH e β -caroteno/ácido linoleico.

2.3.6 Compostos voláteis

Na análise de compostos voláteis foi utilizada a metodologia de microextração em fase sólida (SPME) combinadas a cromatografia gasosa acoplada à espectrofotometria de massa (modelo Shimadzu CG-17A, com detector seletivo de massas (CGMS) modelo QP5050A). Utilizou-se fibra polidimetilsiloxano/divinilbenzeno (PDMS/DVB) 65 μ m para a separação dos compostos voláteis. A fibra foi acondicionada a 300 °C por 60 minutos, antes de sua utilização. As amostras foram acondicionadas a 40 °C por 30 minutos sob agitação de 250 rpm. A fibra foi exposta a 1 cm do headspace do frasco de vidro de 10 mL. Após a exposição à fibra sob 70 °C, a seringa foi imediatamente levada ao injetor do CG-MS, no qual os compostos voláteis foram desorvidos, a 250 °C, em splitless por 2 min. Foi utilizada a coluna capilar de sílica fundida de 30 m x 0,25 mm e 0,25 μ m de espessura, tendo como fase estacionária 5% de difenil e 95% de polidimetilsiloxano (DB5), temperatura do injetor de 270 °C, programação da coluna com temperatura inicial de 60 °C, acrescida de 3 °C a cada min. até atingir 270 °C; gás de arraste hélio, com 1,8 mL.min⁻¹ na coluna; sem split com pressão inicial da coluna de 100 kPa. As condições do espectrômetro de massa (EM) foram: detector seletivo de massas operando por impacto eletrônico e energia de impacto de 70 eV; velocidade de varredura 1000 m/z.s⁻¹; intervalo de varredura de 0,5 fragmentos s⁻¹ e fragmentos detectados de 29 Da e 600 Da. Identificou-se os compostos voláteis em comparação com o tempo de retenção de padrões de alcanos C5-C20, a partir do índice de retenção da literatura. Os fragmentos de massas foram comparados utilizando as bibliotecas Willey 8 e a literatura específica de Adams (2007).

2.4 Análise estatística

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do Software SISVAR 5.3 (FERREIRA, 2011), aplicando-se análise de variância (ANOVA), ao nível de significância de 5% (p<0,05). Os modelos de regressão polinomial foram plotados no Software Microsoft Excel 2013.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teor de ácido ascórbico do murici sofreu diversas alterações nos estádios de amadurecimento, o comportamento é apresentado na Figura 1 que inicialmente com 15 DAA

foi apresentado o valor de $68,09 \pm 0,37 \text{ mg.g}^{-1}$ os níveis de ácido ascórbico reduziram até os 25 DAA com $54,19 \pm 0,59 \text{ mg.g}^{-1}$ elevou-se em pequena escala aos 35 DAA, com $55,70 \pm 1,05 \text{ mg.g}^{-1}$ após reduziu-se os níveis até o final do desenvolvimento, apresentando $38,34 \pm 0,199 \text{ mg.g}^{-1}$ de ácido ascórbico com 85 DAA, que pode ter ocorrido especialmente devido ao seu poder antioxidante nos tecidos celulares. Esta análise demonstra e viabiliza a importância do consumo do murici e seus subprodutos, sendo que o mesmo apresenta elevado teor de “vitamina C”, comparando com a recomendação diária de 45 mg especificada pelo Ministério da Saúde (BRASIL, 2005).

Andrade et al. (2002) demonstraram a variação que ocorre no teor de ácido ascórbico em laranjas e acerolas em função do grau de maturação. A acerola apresentou níveis altos de ácido ascórbico e a laranja níveis médios ($100 - 50 \text{ mg AA/100 g}$ de fruto), respectivamente, validando o alto teor de ácido ascórbico no fruto Murici.

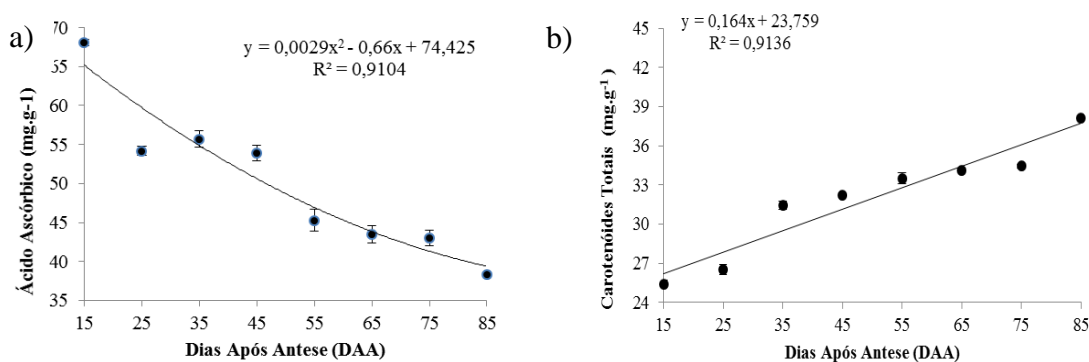


Figura 1. Valores médios e regressão polinomial dos valores e coeficientes de determinação, com significância ($p > 0,05$) para o ácido ascórbico **a)**, carotenoides totais **b)**, durante o desenvolvimento fisiológico do fruto murici (*Byrsonima* sp.).

Na Figura 1 pode-se observar as variações dos carotenoides no desenvolvimento fisiológico do murici. Com 15 DAA as médias apresentaram $26,43 \pm 0,27 \text{ mg.g}^{-1}$ se elevando na metade do desenvolvimento para $32,18 \pm 0,12 \text{ mg.g}^{-1}$ no 45° DAA após ocorreu uma redução, elevando-se novamente ao final do desenvolvimento com 85 DAA atingindo $38,11 \pm 0,03 \text{ mg.g}^{-1}$ de carotenoides totais. Estes dados correlacionam-se com a degradação da clorofila, e com a mudança da coloração de verde para o alaranjado do murici. Os carotenoides são terpenos que caracterizam as cores, vermelho, amarelo e alaranjado em alguns frutos (TAIZ E ZEIGER, 2004).

O teor médio de compostos fenólicos totais encontrados no murici *in natura*, corresponde a $244,83 \pm 1,06 \text{ mg EAG.100g}^{-1}$ no início do desenvolvimento com 15 DAA, houve uma elevação até 65 DAA onde ocorreu o maior pico atingindo o valor de $437,76 \pm 1,90 \text{ mg EAG.100g}^{-1}$ após houve um decréscimo constante de compostos fenólicos, até o final do

desenvolvimento com 85 DAA, apresentando os valores de $385,73 \pm 0,64$ mg EAG.100g⁻¹. Resultados similares foram encontrados por Souza et al. (2012) que correspondem a $334 \pm 9,07$ mg EAG.100g⁻¹ que também trabalharam com o Murici.

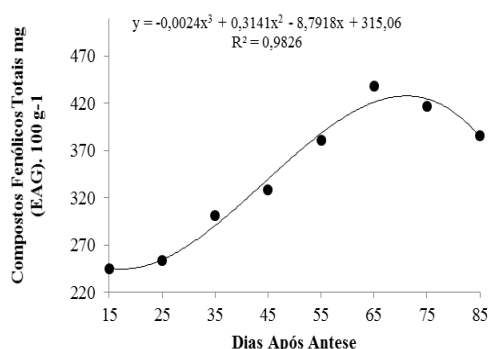


Figura 2. Valores médios, regressão polinomial dos valores e coeficientes de determinação dos compostos fenólicos totais, com significância ($p > 0,05$), durante o desenvolvimento fisiológico do fruto murici (*Byrsonima sp.*).

A Tabela 1 representa a quantificação e identificação de compostos fenólicos nos diferentes estádios de desenvolvimento fisiológico do murici. O ácido gálico, a catequina e a vanilina são compostos fenólicos presentes em vários frutos. No desenvolvimento fisiológico do murici, estes representaram os compostos majoritários em todos os estádios de desenvolvimento, em um comportamento correlacionado.

O ácido gálico elevou-se até o 35° DAA, reduzindo-se os níveis até o final do desenvolvimento com 85 DAA.

A Catequina apresentou várias oscilações nos estádios de desenvolvimento do murici, em geral seus níveis reduziram até o 45° DAA e elevou-se até o final do desenvolvimento com 85 DAA.

O ácido clorogênico foi identificado com 15 e 75 DAA. O composto vanilina aumentou de 15 DAA até 35 DAA, reduzindo os níveis até o final do desenvolvimento.

O ácido p-cumárico TR 21,81 min foi identificado apenas no início do desenvolvimento do murici, com 15 DAA. Os demais compostos como o ácido cafeico, ácido

ferrulico, ácido *m*-cumárico, quercetina, ácido *trans*-cinâmico e Rutina, mesmo estando presentes em diversos frutos, não foram identificados no murici em diferentes estádios de desenvolvimento.

No Anexo I estão representados em espectrogramas os padrões e compostos fenólicos do murici *in natura* nos 8 estádios de desenvolvimento com 15, 25, 35, 45, 55, 65, 75, 85 dias após antese.

Tabela 1 Quantificação e identificação por HPLC-DAD/UV-Vis de compostos fenólicos do fruto murici (*Byrsonima sp*) *in-natura*, durante os estádios de desenvolvimento fisiológico

CF	TR (min)	ED (DAA)							
		15	25	35	45	55	65	75	85
1. Ácido Gálico	6,82	8,6	7,9	9,7	8,2	1,8	1,9	1,3	2
2. Catequina	10,8	16,2	5,2	10,4	5,2	7,08	8,5	8,3	10,3
3. Ácido clorogênico	12,56	7,2	-	-	-	-	-	2,7	-
4. Ácido cafeico	15,05	-	-	-	-	-	-	-	-
5. Vanilina	17,65	1,4	2,7	4,3	1,9	-	1,7	0,6	1,5
6. Ácido <i>p</i> -cumárico	21,81	1,2	-	-	-	-	-	-	-
7. Ácido ferulico	24,79	-	-	-	-	-	-	-	-
8. Ácido <i>m</i> -cumárico	27,62	-	-	-	-	-	-	-	-
9. Ácido <i>o</i> -cumárico	34,62	-	-	-	-	-	-	-	-
10. Quercetina	37,59	-	-	-	-	-	-	-	-
11. Ácido <i>trans</i> -cinâmico	51,66	-	-	-	-	-	-	-	-
12. Rutina	53,49	-	-	-	-	-	-	-	-

* CF = Compostos Fenólicos; TR = Tempo de Retenção; ED = Estádios de Desenvolvimento (dias após antese); Não Identificados = -

A Figura 3 representa os resultados dos compostos antioxidantes pelo método de captura de radical livre DPPH, no desenvolvimento do murici, com significância ao nível de ($p>0,05$).

O potencial antioxidante determinado por DPPH* foi expresso em IC₅₀ em g de amostra.g⁻¹ no início do desenvolvimento do murici com 15 DAA apresentou 428,87±24,80 g de amostra.g⁻¹ com 45 DAA elevou-se os valores para 571,92±16,99 g de amostra.g⁻¹ e após houve um decréscimo, atingindo 212,17±8,03 g de amostra.g⁻¹ aos 85 DAA.

A Figura 3 representa o comportamento da curva do radical ABTS* pode-se observar um decréscimo, que inicialmente apresentou $473,45 \pm 4,99 \mu\text{mol}$ de trolox. g^{-1} de amostra com 15 DAA, aos 55 DAA $306,62 \pm 13,37 \mu\text{mol}$ de trolox. g^{-1} de amostra atingindo $218,70 \pm 0,69 \mu\text{mol}$ de trolox. g^{-1} de amostra no final do desenvolvimento com 85 DAA.

O teor de β -caroteno apresentou $37,75 \pm 0,59$ % de oxidação no início do desenvolvimento com 15 DAA, houve uma elevação com 35 DAA para $60,39 \pm 1,17$ % de oxidação reduzindo os níveis de descoloração, atingindo $40,19 \pm 0,10$ % de oxidação com 85 DAA.

De forma geral os resultados apresentados para os métodos DPPH e β -caroteno do potencial antioxidante do Murici demonstraram de acordo com as curvas uma elevação entre 35 e 45 DAA, seguidos de constante decréscimo até o final do desenvolvimento, a análise pelo método de ABTS* apresentou apenas decréscimo no desenvolvimento, a elevação dos compostos antioxidantes em frutos jovens é uma característica do mecanismo de proteção das células.

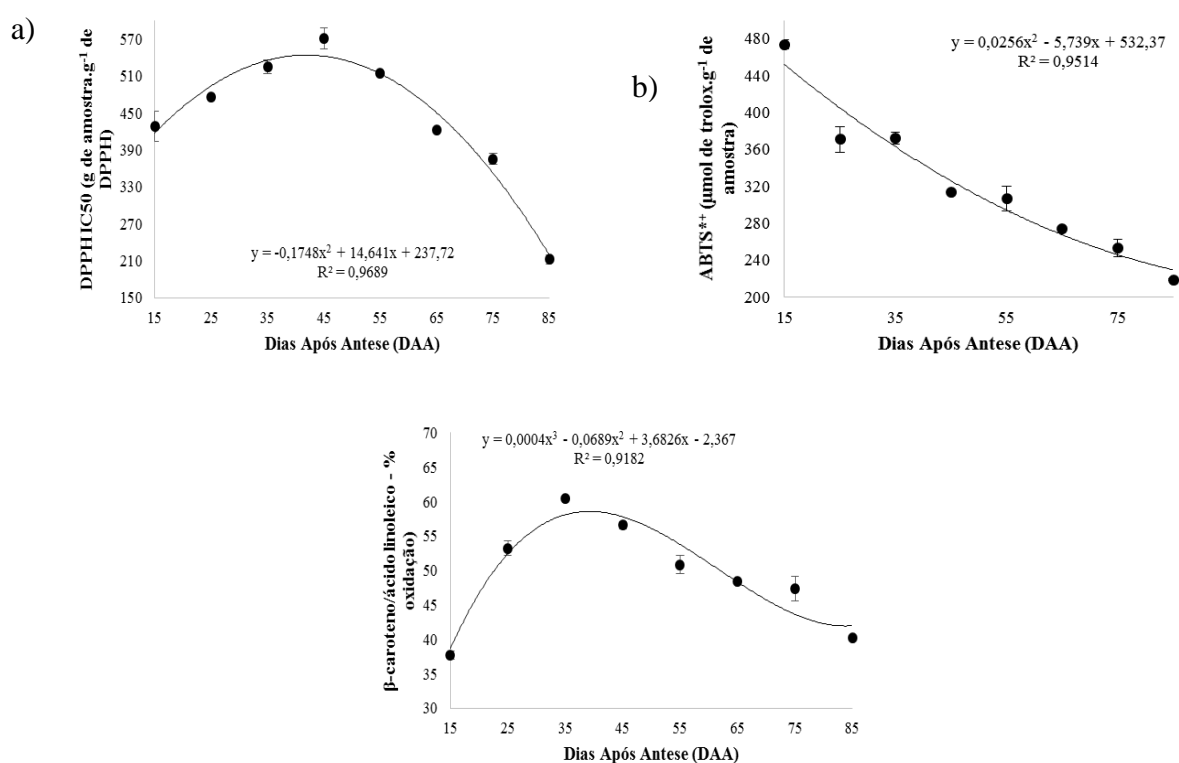


Figura 3. Valores médios, regressão polinomial dos valores e coeficientes de determinação da atividade antioxidante, com significância ($p > 0,05$) pelo método de DPPH a), método de ABTS* b) e método de β -caroteno c), durante o desenvolvimento fisiológico do fruto murici (*Byrsonima* sp).

A Tabela 2 representa os constituintes voláteis no desenvolvimento fisiológico do murici *in natura*. Foram avaliados 31 constituintes voláteis, prevalecendo os aldeídos com 94,3% com 35 DAA. Com 45 DAA os compostos capronaldeído 48% e hexa-2-enal 41,4% se mostraram como compostos marjoritários, esses níveis reduziram com o desenvolvimento dos frutos. Os álcoois, etanol e amil metil carbinil apresentaram no 75° DAA os valores percentuais de 10,9 e 15,7% respectivamente.

Pode-se observar na Tabela 2, que os ácidos carboxílicos representaram os principais compostos da maturação ao amadurecimento, entre 55 e 85 DAA, especialmente o ácido hexanóico com 90,7% no 85° DAA, o éster hexanoato de etila apresentou 1% no final do desenvolvimento com 85 DAA.

O composto 1-octanol esteve presente apenas no início do desenvolvimento, com 15 DAA. O acetamida, 2-Fluoro foi identificado no início do desenvolvimento até os 25 DAA, diferente dos compostos, capromaldeído e 2-hexanal, que se mostraram presentes no murici do início ao final do desenvolvimento fisiológico. Foram ainda constatados até o 35° DAA os compostos Hexanal, Linalool, Ocimene-beta e hexadienal.

O composto 1,3-ciclohexadieno, 1,4 dimetil foi identificado de 35 a 45 DAA, o 1-penten-3-ol, bem como o ciclohexeno,1-metil-4 (1-metildieno) foram identificados apenas com 45 DAA. O 1-octan-3-o, ácido butírico e o Hepta-2-nal foram identificados com 55 DAA até 65 DAA. Foram identificados apenas aos 65 DAA os compostos 1-penteno, 4,4-dimetil, 2-hexanol, 5-metil ácido acético, butil ester e valeraldeído. Aos 75 DAA foram encontrados os compostos etanol e amil metil carbinol. Sendo o hexanoato de metila único composto encontrado apenas no último estágio de desenvolvimento 85 DAA.

Uekane et al. (2017) identificaram 65 compostos voláteis presentes em polpa de murici, por HS-SPME-GC-MS. A maioria dos compostos identificados com coluna polar eram ésteres (38%), ácidos carboxílicos (19%), álcoois (14%) e aldeídos (11%), aproximadamente 13% consistiam de terpenóides e compostos de enxofre. Os componentes mais abundantes foram o ácido capróico (44%), hexanoato de etila (26%) e ácido butírico (11%). Estes compostos também foram identificados por Alves e Franco (2003); Rezende e Fraga (2003), Sgorbini et al. (2009), McGorrin et al. (2011).

Tabela 2. Constituintes voláteis, índice de retenção calculado e porcentagem de área relativa dos compostos aromáticos presentes no fruto murici (*Byrsonima sp.*) *In natura*.

Constituinte volátil	EDM (DAA)															
	15		25		35		45		55		65		75		85	
	IR	ARM	IR	ARM	IR	ARM	IR	ARM	IR	ARM	IR	ARM	IR	ARM	IR	ARM
ÁLCOOL																
<i>Etil Vinil Carbinol</i>	779,00	0,7	-	-	537	0,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>1-Octanol</i>	387	1,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Linalool</i>	1172	1,0	903	5,6	881	1,6	-	-	-	-	321	1,3	-	-	-	-
1-Penten-3-Ol	-	-	-	-	-	-	550	1,5	-	-	-	-	-	-	-	-
4-Ciclohexanol, 1-Metil	-	-	-	-	-	-	159	2,2	-	-	-	-	-	-	-	-
2-Hexanol, 5-Metil	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	444	1,0	-	-	-	-
Etanol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	564	10,9	-	-
Amil Metil Carbinol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	546	15,7	499	1,3

Constituyente volátil	EDM (DAA)															
	15		25		35		45		55		65		75		85	
	IR	ARM	IR	AR	IR	AR	IR	AR	IR	AR	IR	AR	IR	AR	IR	AR
ALDEÍDO																
<i>Capronaldeído</i>	559	19,8	-	-	521	37,2	565	48,0	446	1,6	539	10,8	-	-	-	-
<i>Hex-2(E)-Enal</i>	948	12,9	554	27,2	552	19,7	556	41,4	499	5,4	471	19,3	544	12,0	-	-
<i>Hexanal</i>	1144	43,0	543	61,6	559	36,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>2,4-Hexadienal</i>	-	-	534	1,1	548	1,2	573	2,7	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Octen-1-Al</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	397	1,3	-	-	-	-	-	-
<i>Hept-2(E)-Enal</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	534	2,1	-	-	-	-	-	-
<i>Valeraldeído</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	557	1,1	-	-	-	-
ÁCIDO CARBOXÍLICO																
<i>Ácido Butírico</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	492	4,2	554	2,8	512	61,4	499	6,9
<i>Ácido Hexanoico</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	383	85,5	317	59,9	-	-	530	90,7
<i>Ácido Acético</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	547	2,2	-	-	-	-

Constituinte volátil	EDM (DAA)															
	15		25		35		45		55		65		75		85	
	IR	AR	IR	AR	IR	AR	IR	AR	IR	AR	IR	AR	IR	AR	IR	AR
ÉSTERES																
<i>Ciclohexasiloxano, Dodecametil</i>	443	1,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ciclopentasiloxano, Decametil</i>	476	4,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ciclotetrasiloxano, Octametil</i>	396	4,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ciclotrisiloxano, Hexametil</i>	497	3,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Furan, 2-Etil</i>	-	-	-	-	534	1,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>1,3-Ciclohexadiene, 1,4-Dimetil</i>	-	-	-	-	309	0,7	834	1,5	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>1-Penteno, 4,4-Dimetil</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	550	1,5	-	-	-	-
<i>Hexanoato De Etila</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	499	1,0
OUTROS																
<i>Acetamida, 2-Fluoro</i>	543	1,3	573	2,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Hexano</i>	553	1,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Metoxia, Fenil-, Oxime</i>	377	3,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ocimene (E), Beta</i>	1174	0,8	527	1,7	356	1,7	200	2,8	-	-	-	-	-	-	-	-
ÉTER																
<i>Metil-D3 1-Dideuterio-2-Propenil Éter</i>	1503	0,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

*EDM = Estádios de Desenvolvimento do Murici (DAA); IR = Índice de Retenção (min); AR = Área Relativa do Murici (%)

4 CONCLUSÃO

O Murici apresentou maior potencial antioxidante entre 35 e 55 DAA. Os compostos fenólicos majoritários presentes no desenvolvimento fisiológico do murici são o ácido gálico, a catequina e a vanilina.

O ácido ascórbico sofreu alterações, reduzindo os níveis até o final do desenvolvimento fisiológico. Houve o aumento do teor de carotenoides devido a degradação a clorofila, apresentando a cor amarelada do fruto no amadurecimento.

Os constituintes voláteis majoritários presentes no murici foram aldeídos, com 94,3% no 35º DAA, especialmente o composto capronaldeído, com 48%, e hexa-2-enal 41,4% com 45 DAA. Os ácidos carboxílicos representaram os principais compostos da maturação ao amadurecimento, entre 55 e 85 DAA especialmente o ácido hexanóico com 90,7%.

REFERÊNCIAS

- ADAMS, R. P. **Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry**. 4. ed. Carol Stream: Allured Publishing Corporation, 2007. 804 p.
- ALVES, G. L.; FRANCO, M. R. B. Headspace gas chromatography-mass spectrometry of volatile compounds in Murici (*Byrsonima crassifolia* L. Rich). **Journal of Chromatography**, Boston, v. 985, n. 2, p. 297-301, 2003.
- ANDRADE, R. S. G.; DINIZ, M. C. T.; NEVES, E. A.; NÓBREGA, J. A. Determinação e distribuição de ácido ascórbico em três frutos tropicais. **Eclética Química**, São Paulo, v. 27, n. 5, p. 393-401, 2002.
- CARDOSO, L. M.; MARTINO, H. S. D.; MOREIRA, A. V. B.; RIBEIRO, S. M. R., PINHEIRO-SANT'ANA, H. M. Cagaita (*Eugenia dysenterica*) do cerrado de Minas Gerais, Brasil: caracterização física e química, carotenóides e vitaminas. **Food Research International**, Essex, v. 44, n. 4, p. 2151-2154, 2011.
- COSTA, A. G. V.; GARCIA, D. D. F.; JIMENEZ, P.; SILVA, P. I. Bioactive compounds and health benefits of exotic tropical red-black berries. **Journal of Functional Foods**, St John's, v. 5, n. 2, p. 539-549, 2013.
- DAVIS, C. C.; ANDERSON, W. R. A. Complete generic phylogeny of Malpighiaceae inferred from nucleotide sequence data and morphology. **American Journal of Botany**, Eagleville Road, v. 97, n. 12, p. 2031-2048, 2010.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- FRANCO, M. R. B. **Aroma e sabor de alimentos: temas atuais**. 1. ed. São Paulo: Varela, 2003. 246 p.
- GUIMARÃES, M. M.; SILVA, M. S. Valor nutricional e características químicas e físicas de frutos de murici-passa (*Byrsonima verbascifolia*). **Food Science and Technology**, Campinas, v. 28, n. 4, p. 817-821, 2008.
- LARRAURI, J. A.; RUPÉREZ, P.; SAURA-CALIXTO, F. Effect of drying temperature on the stability of polyphenols and antioxidant activity of red grape pomace peels. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 45, n. 4, p. 1390-1393, 1997.

MARIUTTI, L. R. B.; RODRIGUES, E.; CHISTÉ, R. C.; FERNANDES, E.; MERCADANTE, A. Z. The amazonian fruit *Byrsonima crassifolia* effectively scavenges reactive oxygen and nitrogen species and protects human erythrocytes against oxidative damage. **Food Research International**, Campinas, v. 64, n. 2, p. 618-625, 2014.

MATTIETTO R. A.; LOPES A. S.; MENEZES H. C.; Caracterização física e físico-química dos frutos da cajazeira (*Spondias mombin* L.) e de suas polpas obtidas por dois tipos de extrator. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 13, n. 3, p. 156-164, 2010.

MORAIS, M. L.; SILVA, A. C. R.; ARAÚJO, C. R.; ESTEVES, E. A.; DESSIMONI-PINTO. Determinação do potencial antioxidante in vitro de frutos do cerrado brasileiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 35, n.2, p. 1-6, 2013.

MOURE, A.; CRUZ, J. M.; FRANCO, D.; FRANCO, D.; DOMÍNGUEZ, J. M.; SINEIRO, J.; DOMÍNGUEZ, H.; NÚÑEZ, M. J.; PARAJO, J. C. Natural antioxidants from residual sources. **Food Chemistry**, Barking, v. 72, n. 2, p. 145-171, 2001.

RAMAIYA, S. D.; BUJANG, J. S.; ZAKARIA, M. H.; KING, W. S.; SAHRIR, M. A. S. Sugars, ascorbic acid, total phenolic content and total antioxidant activity in passion fruit (*Passiflora*) cultivars. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 93, n. 5, p. 1198-1205, 2013.

REZENDE, C. M.; FRAGA, S. R. G. Chemical and aroma determination of the pulp and seeds of murici (*Byrsonima crassifolia* L). **Journal of the Brazilian Chemical society**, São Paulo, v.14, n. 3, p. 425-428, 2003.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; KIMURA, M. **Harvest plus handbook for carotenoid analysis**. International food policy research institute (IFPRI) and international center for tropical agriculture (CIAT). Washington, 2004. p. 35-63.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; MORAIS, S. L.; SAMPAIO, C. G.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. D. **Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH**. Fortaleza: Embrapa, 2007.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; MORAIS, S. M.; SAMPAIO, C. G.; JIMÉNEZ-PÉREZ, JARA.; SAURA-CALIXTO, F. D. **Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre ABTS^{•+}**. Fortaleza: Embrapa, 2007.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; FILHO, M. J.; MOREIRA, A. V. B. **Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas no sistema β -caroteno/ácido linoleico**. Fortaleza: Embrapa, 2006.

SAMPAIO, C. R. P.; HAMERSKI, F.; RIBANI, R. H. Antioxidant phytochemicals of *Byrsonima ligustrifolia* through out fruit development stages. **Journal of Functional Foods**. St John's, v. 18, n. 2, p. 400-410, 2015.

SAURA-CALIXTO, F.; GONI, I. Antioxidant capacity of the Spanish Mediterranean diet. **Food Chemistry**, London, v. 94, n.3, p. 442-447, 2006.

SGORBINI, B.; RUBIOLO, P.; BICCHI, C.; LIBERTO, E.; CORDERO, C. Stir bar sorptive extraction (SBSE) and headspace sorptive extraction (HSSE): An overview. **LCGC. Solutions for Separation Sciences**, North America, v. 27, n. 5, p. 376-390, 2009.

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

STROHECKER, R. L.; HENNING, H. M. **Análisis de vitaminas: métodos comprobados**. Madri: Paz Montalvo, 1967. 428 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

UEKANE, T. M.; NICOLOTTI, L.; GIRGLIONE, A.; BIZZO, H. R. RUBIOLO, P.; BICCHI, C.; ROCHA-LEÃO, M. H. M.; REZENDE, C. M. Studies on the volatile fraction composition of three native Amazonian-Brazilian fruits: Murici (*Byrsonima crassifolia* L., *Malpighiaceae*), bacuri (*Platonia insignis* M., *clusiaceae*), and sapodilla (*Manikara sapota* L., *Sapotaceae*). **Food Chemistry**, London, v. 219, n. 2, p. 13-22, 2017.

XU, B. S.; LEI, N. Antioxidant bioactivity of *Arenariae Kansuensis* extracts *in vitro*. **Chinese Journal of Experimental Traditional Medical Formulae**. China, v. 2, n. 21, p. 61-64, 2015.

WATERHOUSE, A. L. Polyphenolics: determination of total phenolics. In: WROLSTAD, R. E. **Current protocols in food analytical chemistry**. 2. ed. New York: J. Wileyand Sons, 2002.

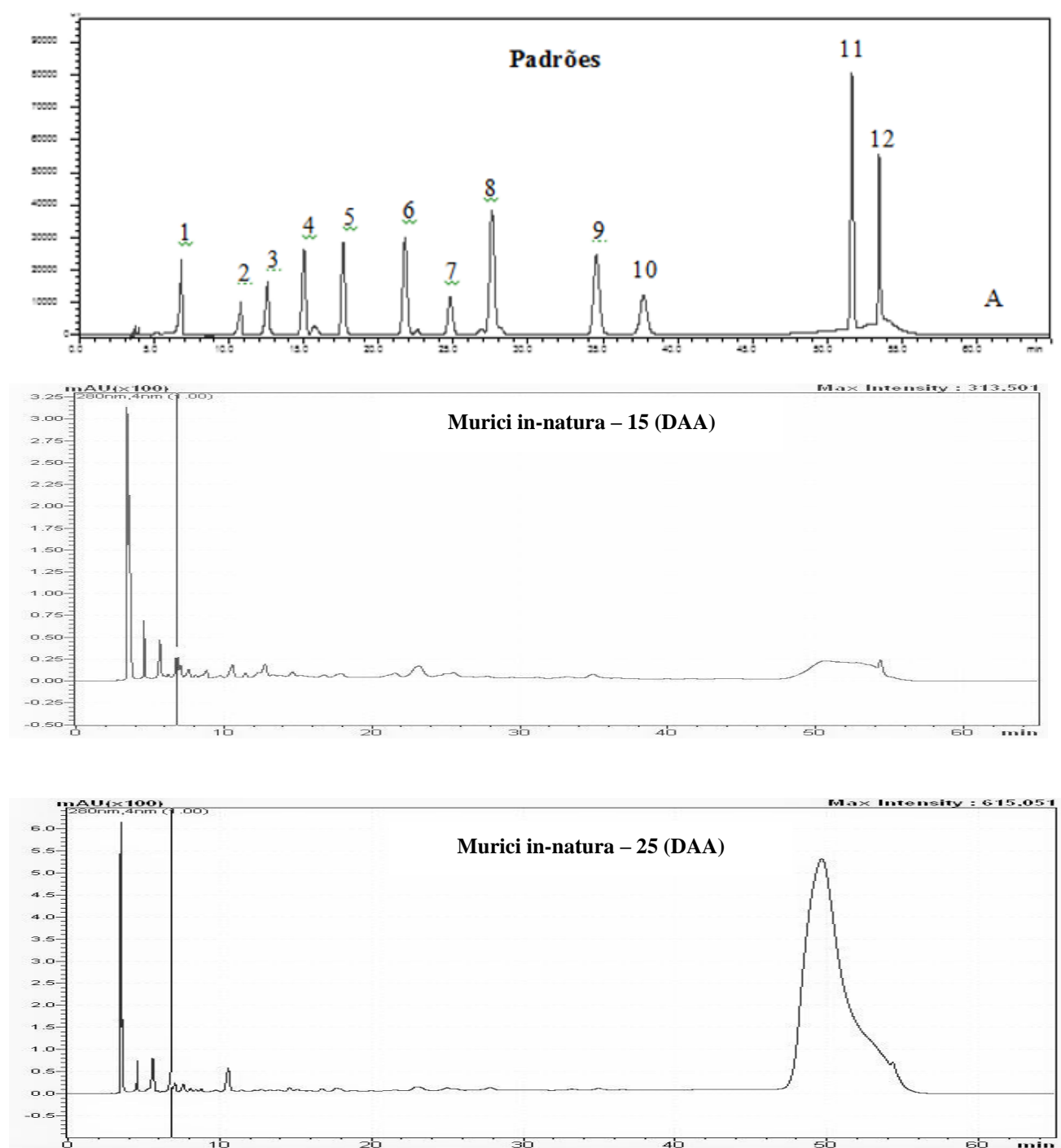
5 CONCLUSÃO GERAL

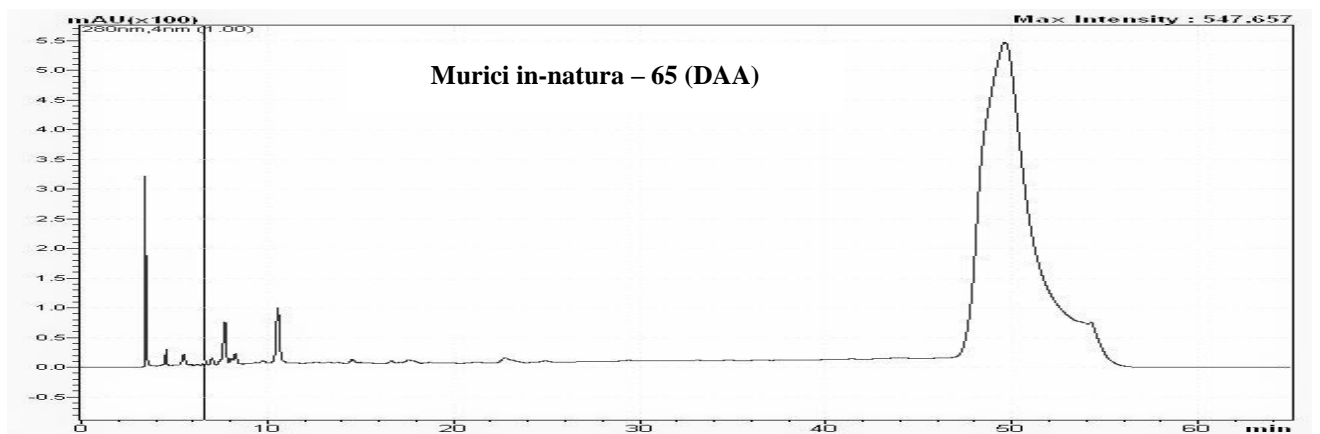
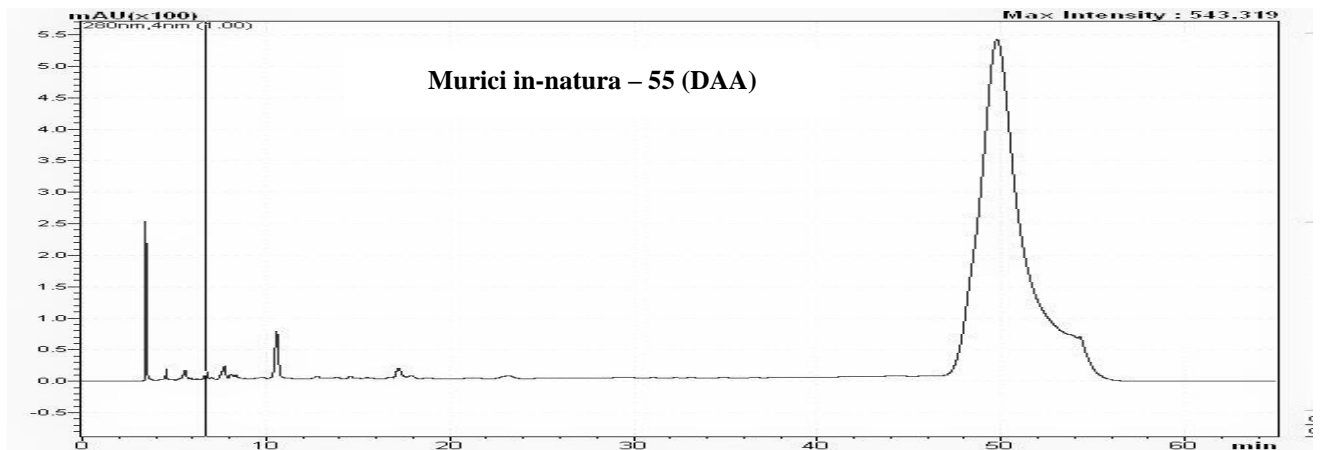
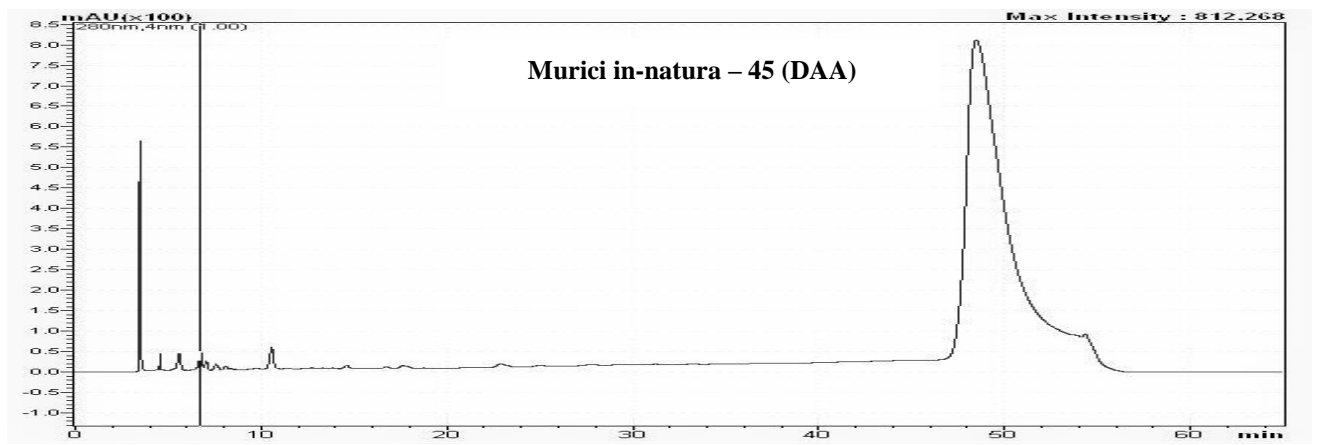
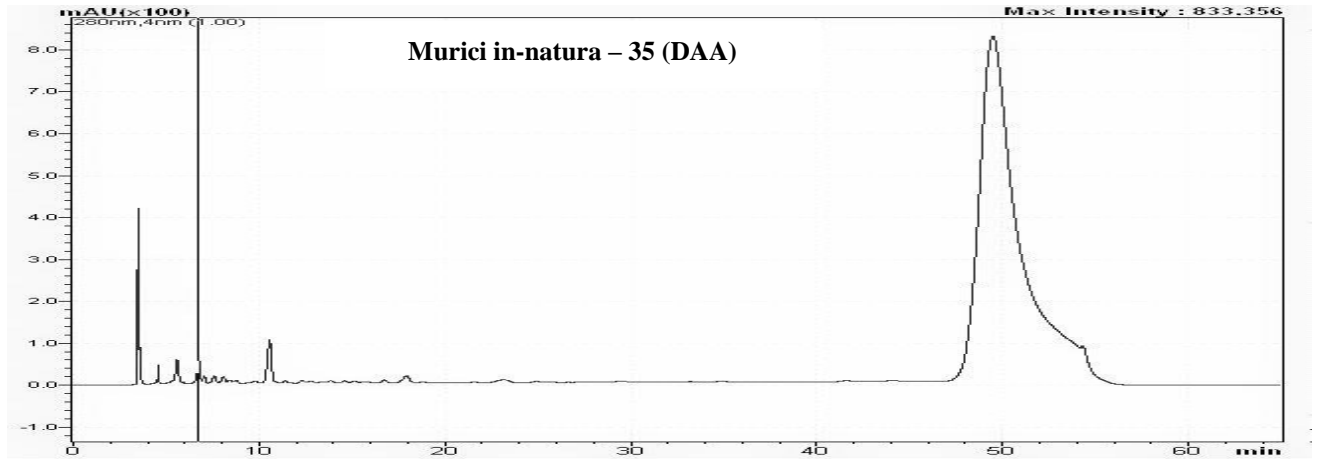
O período ideal para se realizar a colheita do murici em Goiânia-GO é 85 dias após antese, quando o mesmo já apresenta características de fruto maduro e ideal para consumo, se tratando de um fruto não-climatérico.

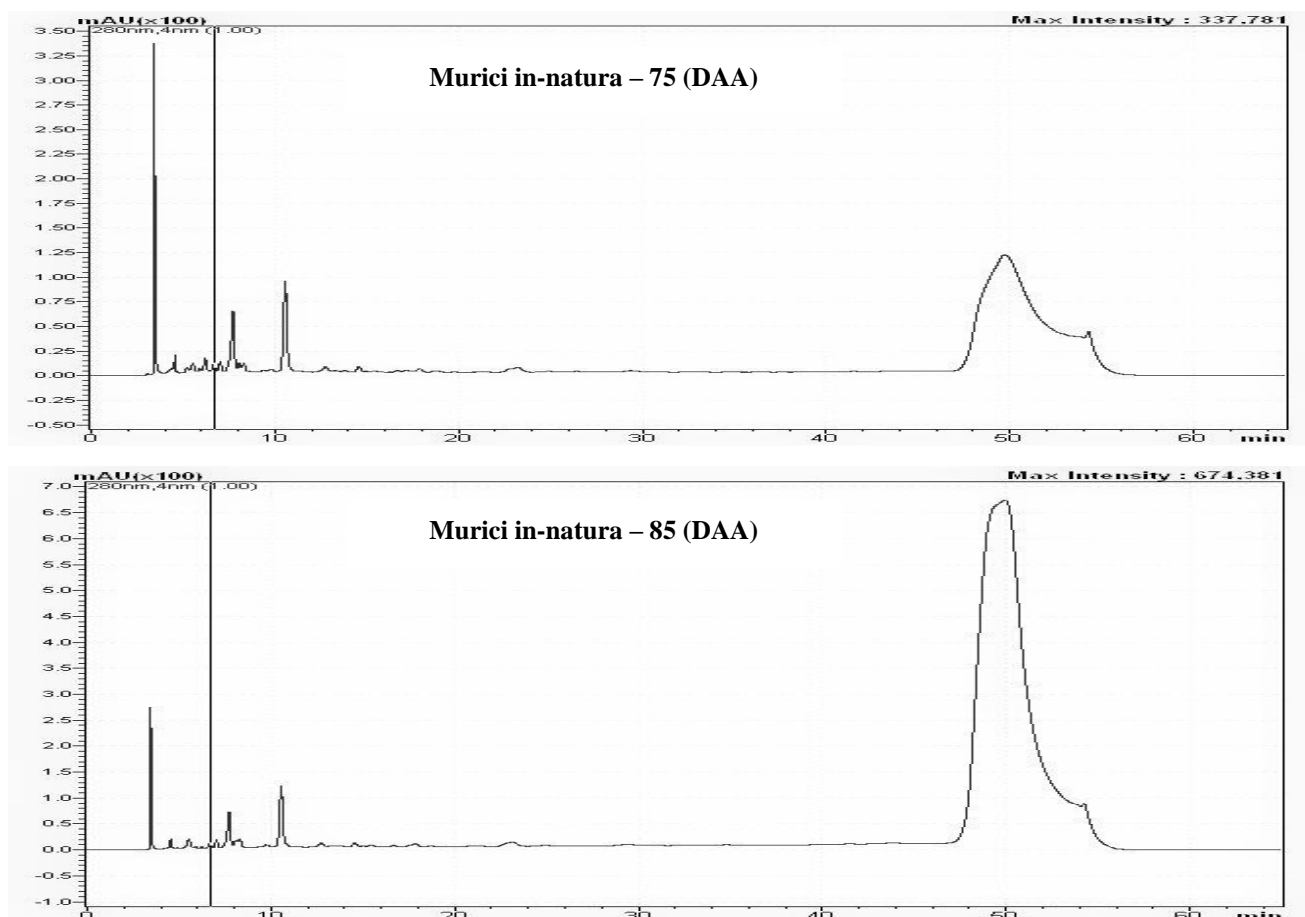
O fruto murici ainda verde possui o maior teor de compostos fenólicos e antioxidantes, que em sua maioria são utilizados como forma de proteção do sistema metabólico dos frutos. Os constituintes voláteis também apresentam maiores teores nos frutos verdes, mais especificamente com 45 dias após antese.

ANEXO I

Espectrogramas dos padrões e constituintes fenólicos do Murici *in natura* nos 8 estádios de desenvolvimento com 15, 25, 35, 45, 55, 65, 75, 85 dias após antese, utilizando HPLC-DAD/UV-Vis.







Padrões e compostos fenólicos do fruto Murici *in-natura*, em 8 estádios de desenvolvimento fisiológico, utilizando HPLC-DAD/UV-Vis.