



**Resumo:** A macaúba (*Acrocomia aculeata*) vem sendo pesquisada com vistas à produção de óleo vegetal. Entretanto, pouco se conhece sobre os percentuais de rendimento das partes do fruto e não se sabe se há diferenças significativas entre frutos de diferentes regiões. Estas informações são fundamentais nos programas de melhoramento genético bem como no setor industrial, uma vez que o rendimento de óleo e de coprodutos definirão a viabilidade econômica da cultura. Objetivou-se caracterizar frutos de macaúba, provenientes de três regiões do estado de Minas Gerais, quanto às características físicas dos frutos e às características químicas do óleo. Frutos de macaúba foram colhidos no fim da safra e avaliados quanto ao tamanho, volume, umidade, densidade, massa, rendimento das partes componentes do fruto. O óleo extraído da polpa foi avaliado quanto à acidez, à estabilidade oxidativa e o perfil de ácidos graxos. Observou-se que a umidade dos frutos tem grande influência no rendimento percentual de óleo e na proporção relativa de coprodutos. Foi observada diferença significativa entre as características dos frutos das três regiões avaliadas. Os frutos provenientes da Zona da Mata foram superiores quanto aos aspectos físicos enquanto que os frutos provenientes da região Norte apresentaram maior teor de óleo.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Acrocomia aculeata*, características biométricas, teor de óleo, qualidade do óleo.

**Abstract:** The macaw palm (*Acrocomia aculeata*) has been researched with a view to the production of vegetable oil. However, little is known about the percentage of income of the parties and the fruit is not known whether there are significant differences between fruits from different regions. This information is fundamental in breeding programs as well as in the industrial sector, since the oil yield and coproducts define the economic viability of the crop. This study aimed to characterize fruits of macaw palm from three regions of the state of Minas Gerais, Brazil, for the fruit physical characteristics and chemical characteristics of the oil. Macaw palm fruits were harvested at the end of the harvest and assessed for size, volume, humidity, density, mass yield of the component parts of the fruit. The oil extracted from the pulp was assessed for acidity, oxidative stability and fatty acid profile. It was observed that the moisture fruit greatly influences the yield and percentage of oil in the relative proportion of byproducts. Significant difference between the fruit characteristics of the three regions evaluated. The fruits from the Zona da Mata were higher for physical while the fruit from the North region had higher oil content.

**KEY WORDS:** *Acrocomia aculeata*, biometric features, oil content, oil quality.

<sup>1</sup> Professor da Universidade Estadual do Tocantins – Unitnis Palmas (TO), Brasil. evaristo.ab@gmail.com

<sup>2</sup> Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa – UFV, Viçosa (MG), Brasil

<sup>3</sup> Departamento de Agricultura, Universidade Federal de Lavras – UFLA, Lavras (MG), Brasil

Recebido: 23/03/2017 – Aprovado: 06/10/2017

## INTRODUÇÃO

O Brasil está entre os maiores produtores e consumidores de biodiesel do mundo, com uma produção anual em torno de 3,8 bilhões de litros e uma capacidade instalada de 5,8 bilhões de litros (ANP, 2017). Entretanto, a expansão da produção nacional encontra-se limitada pela oferta de matérias-primas oleaginosas, atualmente dependente do complexo soja. Dentre as várias espécies com potencial oleífero para diversificação da produção de óleo vegetal destaca-se a macaúba (Evaristo et al., 2016a).

A palmeira macaúba (*Acrocomia Aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Martius) ocorre naturalmente em quase toda a América tropical e subtropical, que vai desde o sul do México e até Paraguai (HENDERSON et al., 1995). No Brasil, encontram-se maciços naturais em praticamente todos os estados, sendo observada maiores concentrações nos estados de Minas Gerais, Goiás e Mato Grosso do Sul. Em Minas Gerais predominam macaúbas com alto teor de óleo quando comparadas às macaúbas de outras regiões do país (PIMENTEL et al., 2011).

Os frutos da macaúba são esféricos ou ligeiramente achatados, em forma de drupa globosa, de coloração marrom-amarelada e compostos por epicarpo (casca), mesocarpo (polpa carnosa), endocarpo e amêndoa. O epicarpo é fibroso e possui cerosidade externa. O mesocarpo é composto por polpa fibrosa, com coloração amarelada e alto teor de óleo. O endocarpo é altamente lignificado, o qual apresenta alta dureza e elevado poder calorífico. A amêndoa encontra-se contida pelo endocarpo, revestida por uma fina camada de tegumento, apresentando alto teor proteico e lipídico (REIS et al., 1995).

Entretanto, as populações naturais desta espécie são altamente heterogêneas quanto às características dos frutos (MANFIO et al., 2011). Além disso, no Estado de Minas Gerais, a ocorrência natural da macaúba é altamente influenciada pelas condições edafoclimáticas (MOTTA et al., 2002). Neste sentido, é comum

observar diferenças em relação às características físico-químicas dos frutos. Logo, o conhecimento das características biométricas dos frutos e dos indicadores de qualidade do óleo são essenciais para identificar genótipos superiores, bem como viabilizar a exploração industrial desta planta. (MANFIO et al., 2011, MOTOIKE e KUKI, 2009).

A coleta e caracterização de materiais genéticos de plantas não domesticadas é essencial para adequada utilização nos programas de melhoramento (BOREM, 1998). Outro fator importante são os coprodutos oriundos do processamento de materiais oleaginosos, que podem alcançar alto valor de mercado, o que confere grande importância à caracterização dos materiais genéticos.

Tradicionalmente a exploração econômica da macaúba foi feita de forma extrativista, no entanto atualmente existem alguns projetos e áreas com o cultivo comercial da macaúba visando atender o mercado de setor energético e alimentício. Ainda há pouca informação técnica sobre a cultura e formas de utilização dos frutos. Segundo CETEC (1983), as características dos frutos podem influenciar de maneira significativa no rendimento de óleo e na viabilidade do processamento industrial.

Assim, o objetivo deste trabalho foi caracterizar frutos de macaúba, provenientes de três regiões do estado de Minas Gerais, quanto às características físicas (tamanho, volume, umidade, densidade, massa, rendimento das partes componentes do fruto) e às características químicas do óleo.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Foram coletados frutos de macaúba em três populações separadas geograficamente dentro do estado de Minas Gerais. As regiões selecionadas foram: Norte (município de Montes Claros) Central (município de Sete Lagoas) e Zona da Mata (município de Acaiaca) (Figura 1). As plantas foram previamente identificadas, georreferenciadas e os cachos com frutos

maduros foram colhidos no mês de fevereiro (final do período de produção) de 2012. Durante a colheita, utilizou-se colchão equipado com redes laterais para amortecer a queda do cacho e minimizar os danos mecânicos nos frutos.

Para compor a população foram selecionadas cerca de 20 árvores por maciço de cada região. O delineamento empregado foi inteiramente casualizado com quatro repetições, sendo cada amostra composta por 13 frutos.

Após a colheita, os frutos foram pré-selecionados no campo. Posteriormente foram

levados ao laboratório onde realizou a seleção dos frutos, processamento e composição das amostras. De cada amostra separou-se três frutos para análise do teor de óleo. Sete frutos foram despulpados e a polpa foi secada por 24h em estufa com circulação forçada de ar, à temperatura de 65°C. Após esse período, realizou-se a extração do óleo por prensagem à frio. Em seguida, o óleo foi armazenado em frasco de vidro âmbar, envolto por papel alumínio, à temperatura de -20°C até a realização das análises químicas.

**Tabela 1.** Classificação climática e coordenadas geográficas dos locais em que se fizeram as coletas dos dados meteorológicos.

Região	Coordenadas	Altitude	Classificação Climática
Central (Sete Lagoas)	Latitude: -19°27'57" Longitude: -44°14'49"	732 m	Clima temperado úmido com inverno seco e verão úmido (Cwa)
Norte (Montes Claros)	Latitude: -16°44'06" Longitude: -43°52'43"	712 m	Clima tropical com estação seca de inverno (Aw)
Zona da Mata (Viçosa)*	Latitude: -20°45'14" Longitude: -42°52'55"	646 m	Clima temperado úmido com inverno seco e verão úmido (Cwa)

\*Estação mais próxima da cidade de Acaiaca

As características físico-químicas dos frutos avaliadas foram: matéria fresca e seca do fruto e de suas partes constituintes; teor de água de cada parte constituinte do fruto e do fruto inteiro; diâmetro do fruto; volume do fruto; densidade do fruto; teor de óleo do mesocarpo e da amêndoa; índice de acidez; estabilidade oxidativa e perfil de ácidos graxos do óleo do mesocarpo e dados meteorológicos dos locais de coleta.

A matéria fresca dos frutos e de suas partes constituintes foi obtida pela pesagem no momento do processamento em balança analítica, logo após a colheita. A análise da matéria seca dos frutos e de suas partes constituintes foi obtida pela pesagem em balança

analítica após secagem em estufa com circulação de ar a 65°C até peso constante. O teor de água foi determinado após a secagem a 105°C por 24h das suas partes constituintes. Para isso utilizou dois frutos por amostra.

O diâmetro dos frutos foi obtido medindo-se sua maior dimensão na região equatorial com paquímetro digital. O volume do fruto foi medido pelo método da proveta, no qual o volume do líquido deslocado com a imersão do fruto corresponde ao volume do fruto. A densidade foi obtida pela divisão da massa fresca pelo volume do fruto.

O teor de óleo da polpa e da amêndoa foi medido pelo método adaptado 032/ V IAL (1985), em um extrator de óleos e graxas do tipo

“Soxhlet”, utilizando *n-hexano* como solvente orgânico.

O índice de acidez é definido pela quantidade de base necessária para neutralizar os ácidos graxos livres presentes nos óleos e gorduras. Esse índice foi determinado seguindo o método Ca 5a – 40 (AOCS, 1994) e convertido em percentual de acidez em ácido oléico. Pesou-se cerca de 2,000 g das amostras em erlenmeyers de 125,0 mL, em seguida adicionou-se 25,00 mL da solução neutra de éter etílico–álcool (2:1), por fim utilizou-se duas gotas de indicador fenolftaleína (0,4%) e promoveu a titulação com solução padronizada de NaOH 0,1 M.

A estabilidade oxidativa do óleo foi obtida através da metodologia proposta pela *American Oil Chemistry Society* (AOCS, 1997). O equipamento utilizado foi o *873 Biodiesel Rancimat*®. Utilizou-se  $2,5 \pm 0,01$  g de óleo do mesocarpo de frutos de macaúba, aquecidos a uma temperatura de 110°C, com uma velocidade de fluxo de ar de 10,0 L.h<sup>-1</sup>. Os resultados obtidos foram expressos em horas, sendo o período de indução (PI) indicativo da perda da estabilidade oxidativa do óleo.

Os dados de precipitação (mm), umidade relativa (%), temperatura máxima e mínima (°C) foram coletados da base de dados histórico do INMET 2012. Foram considerados dados meteorológicos de 500 dias antecedentes à colheita dos frutos das três regiões descritas na Tabela 1. Este período compreende todo o estágio de desenvolvimento do fruto (emissão da espata, abertura da inflorescência, polinização e desenvolvimento dos frutos até maturação).

Os óleos foram caracterizados de acordo com o seu perfil graxo. As amostras de óleo derivatizadas foram injetadas em cromatógrafo modelo GC-2010 Plus, marca Shimadzu, com as seguintes especificações: coluna capilar Restek RT - 2560 de 100 m de comprimento; temperatura do injetor de 220°C; método de injeção split na razão de 1:20; temperatura da coluna iniciando em 150°C a 220°C, numa taxa

de aquecimento de 3 °C.min<sup>-1</sup>; temperatura do detector FID de 240°C.

Os dados foram analisados utilizando-se o software estatístico SAS, versão 9.0. Realizou-se testes de normalidade e de homocedasticidade de variância. Em seguida, realizou-se análise de variância e teste de médias (Tukey a 5% de probabilidade).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

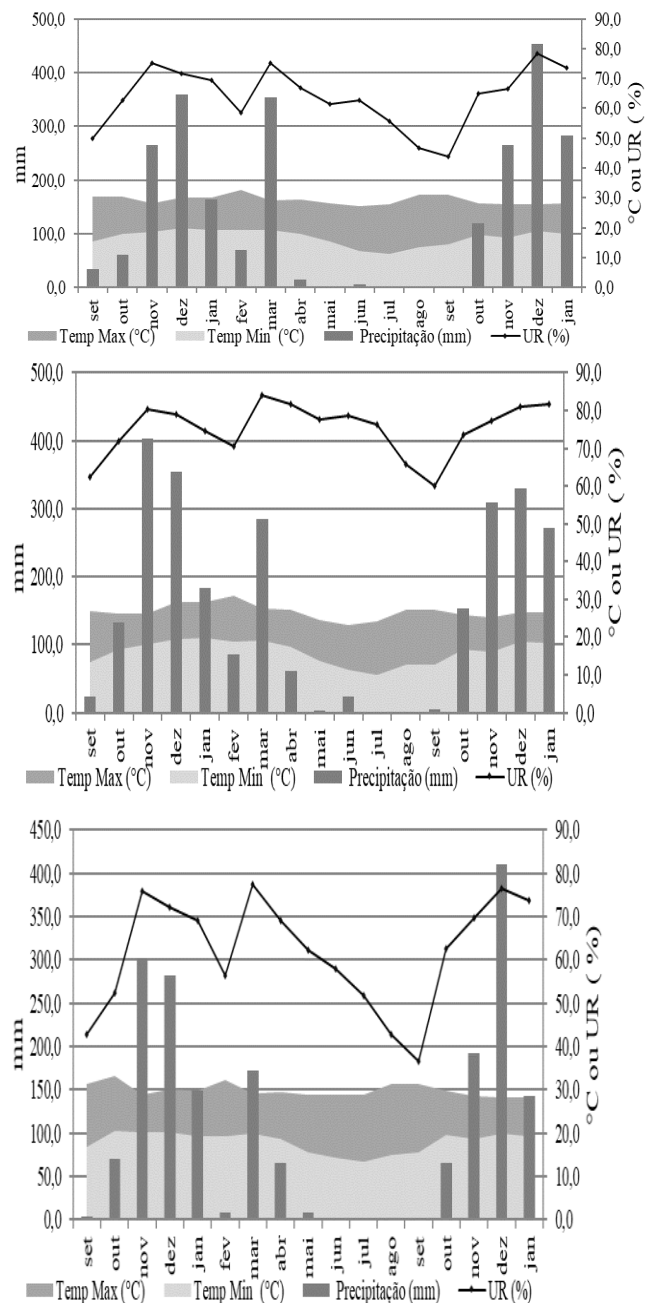
Foram observadas diferenças climáticas entre as regiões estudadas (Figura 1). A precipitação no período analisado (500 dias) apresentou valores em ordem crescente de 1874,6 mm, 2447,3 mm e 2623,2 mm para as regiões Norte, Central e Zona da Mata, respectivamente. Os valores médios de temperatura máxima, temperatura mínima e umidade relativa de cada região indicam gradiente climático em função da redução da latitude, ou seja, quanto mais ao norte do estado mais quente e seco é o clima. As médias das temperaturas máximas, mínimas e umidade observadas foram: 29,9°C, 18,0°C e 61,6%; 29,3°C, 16,8°C e 63,7%; 26,7°C, 16,1°C e 75,1% para as regiões Norte, Central e Zona da Mata, respectivamente. Acredita-se que essas diferenças climáticas podem ter influenciado o tamanho e o estágio de maturação dos frutos, além dos fatores genéticos.

A região Norte apresentou maiores períodos de estiagem em comparação com as demais, compreendido entre os meses de junho e setembro. Para as regiões Central e Zona da Mata, apesar de serem igualmente classificadas climaticamente, houve diferença na duração do período de estiagem, sendo a região Central mais seca e quente em comparação à Zona da Mata.

Os frutos da região Norte aparentavam-se visualmente num estágio de maturação mais avançado que os demais, provavelmente devido às maiores temperaturas médias locais o que pode ter influenciado no processo de amadurecimento dos frutos. Segundo Taiz e Zeiger (2004) a temperatura afeta as reações

enzimáticas de todos os processos metabólicos nas plantas. Essa diferença na temperatura entre as regiões pode ser a responsável pela aceleração do amadurecimento do fruto em regiões mais quentes, ou com menor amplitude térmica, como observado na região Norte.

Quando comparados os frutos com percentual de suas respectivas partes constituintes observou-se que há variação em função do teor de água, ou seja, os rendimentos variaram quando se comparam frutos em base úmida e base seca (Tabela 2). Independente da região estudada a variação nos percentuais das partes constituintes seguiu um mesmo comportamento, sendo que nas partes com maiores teores de umidade observou-se diminuição do percentual relativo da parte em relação ao fruto inteiro. O epicarpo e o mesocarpo apresentaram esse comportamento, com valores médios de teor de água de 52,51% e 50,14% respectivamente. A redução média observada entre os frutos foi de 27,33% para 22,71% no epicarpo, correspondendo a 16,9% de redução, no mesocarpo esses valores foram de 45,70% para 39,78%, correspondendo a 12,97% de redução. Da mesma forma, as partes com menores teores de água, endocarpo e amêndoa, tiveram o percentual de suas partes expressivamente aumentadas em relação ao fruto inteiro quando analisado em base seca. Os teores médios de água para essas partes foram de 20,17% e 23,01% para o endocarpo e a amêndoa. O percentual médio de endocarpo dos frutos passou de 21,62% para 30,33%, totalizando aumento relativo de 40,30%, já a amêndoa passou de 5,34% para 7,17%, aumento relativo equivalente a 34,25%.



**Figura 1.** Precipitação, umidade relativa, temperaturas máximas e mínimas médias. Zona da Mata (A), Central (B) e Norte (C).

CETEC (1983) obteve a composição média das partes, em base seca, para frutos provenientes de Esmeralda – MG (região Central) de 23,8% de epicarpo, 36,4% de mesocarpo, 31,7% endocarpo e 8,1% de amêndoa. Entretanto, neste trabalho não foi avaliado os percentuais dos frutos em base

úmida, forma em que os frutos são comercializados. Essa variação de percentuais relativos em função do teor de água dos frutos é de suma importância para a indústria extratora de óleo, pois está diretamente relacionada ao rendimento no processamento dos frutos (taxa de extração de óleo), ao custo de processamento (energia envolvida no processo para secagem) e ao valor pago pela matéria-prima, além da redução de perdas no transporte e armazenamento.

Quando comparadas as características físicas dos frutos observou-se que há variação entre as três regiões estudadas (Tabela 3). Para

diâmetro (D), volume (V) e densidade do fruto (DF) os frutos da Zona da Mata foram superiores aos frutos das regiões Central e Norte, os quais não diferiram entre si para estas características. Os frutos da Zona da Mata apresentaram valores médios de D, V e DF de 45,82 mm, 47,70 ml e 1,08 gr.cm<sup>-3</sup> respectivamente. Os frutos da região Central e Norte apresentaram valores de D, V e DF de 42,34 mm e 41,56 mm, 39,43 ml e 39,54 ml, 1,04 gr.cm<sup>-3</sup> e 1,04 gr.cm<sup>-3</sup>, respectivamente.

**Tabela 2.** Massa fresca (MF), Massa seca (MS), proporção da parte constituinte em relação ao fruto (PPCF) em base úmida (b.u) e base seca (b.s) e teor de água (TA) do fruto (%) de macaúba em diferentes regiões do estado de Minas Gerais.

Regiões		Epicarpo	Mesocarpo	Endocarpo	Amêndoa	Fruto	TA (%)
Central (Sete Lagoas)	MF (g)	11,11 ± 0,56*	19,05 ± 0,61	9,32 ± 0,44	2,14 ± 0,11	41,01 ± 1,63	
	PPCF (% b.u)	26,69 ± 0,45	45,78 ± 0,59	22,39 ± 0,30	5,14 ± 0,25		43,61 ± 0,51
	MS (g)	5,21 ± 0,27	9,03 ± 0,24	7,51 ± 0,33	1,72 ± 0,07	23,47 ± 0,39	
	PPCF (% b.s)	22,19 ± 0,54	38,47 ± 1,01	32,00 ± 0,43	7,32 ± 0,23		
Norte (Montes Claros)	MF (g)	11,48 ± 0,49	18,49 ± 0,27	8,68 ± 0,72	2,52 ± 0,39	41,25 ± 1,57	
	PPCF (% b.u)	27,87 ± 0,42	44,95 ± 1,83	21,07 ± 1,20	6,11 ± 0,76		38,33 ± 1,74
	MS (g)	5,93 ± 0,15	10,63 ± 0,31	6,97 ± 0,25	1,85 ± 0,24	25,37 ± 0,54	
	PPCF (% b.s)	23,38 ± 0,56	41,91 ± 1,77	27,44 ± 1,47	7,27 ± 0,93		
Zona da Mata (Acaiaca)	MF (g)	13,85 ± 0,92	23,88 ± 0,92	10,81 ± 0,95	2,41 ± 0,14	51,57 ± 1,86	
	PPCF (% b.u)	27,43 ± 1,10	46,38 ± 2,05	21,40 ± 1,59	4,78 ± 0,28		46,77 ± 0,62
	MS (g)	6,06 ± 0,25	10,45 ± 0,23	8,48 ± 0,54	1,86 ± 0,09	26,85 ± 0,68	
	PPCF (% b.s)	22,57 ± 0,56	38,95 ± 1,54	31,55 ± 1,23	6,93 ± 0,31		

\*Média e desvio padrão

Sanjinez-Argandoña e Chuba (2011) encontraram valores médios de diâmetro transversal do fruto de 33,39 mm e 31,65 mm para frutos colhidos nos municípios de Dourados – MS e Presidente Epitácio – SP. Carvalho (2010) obteve valores de 43,09 mm, mostrando maior proximidade dos valores obtidos nesse trabalho. Manfio et al. (2011) obtiveram volumes médios de frutos de macaúba provenientes de seis estados brasileiros de 36,68 ml, esse valor foi inferior a todos os valores obtidos nesse

trabalho para todas as regiões em estudo, comprovando a diversidade existente dentro da mesma espécie. Taiz e Zeiger (2004) ressalta que a expansão celular é dependente do grau de hidratação das células em expansão, uma vez que o potencial de pressão é a força motriz para o crescimento celular, o que poderia explicar os maiores valores encontrados para os atributos físicos de frutos da Zona da Mata, região mais úmida que as demais, quando excluída a variação genética entre os materiais estudados.

**Tabela 3.** Diâmetro (D), volume (V), densidade do fruto (DF), porcentagem de epicarpo, mesocarpo, endocarpo e amêndoa de frutos de macaúba em diferentes regiões do estado de Minas Gerais.

	Central	Norte	Zona da Mata
D (mm)	42,34 b <sup>1</sup>	41,56 b	45,82 a
V (ml)	39,43 b	39,54 b	47,70 a
DF (g.cm <sup>-3</sup> )	1,04 b	1,043 b	1,08 a
Epicarpo (% b.s)	22,20 b	23,38 a	22,57 ab
Mesocarpo (% b.s)	38,48 b	41,91 a	38,95 b
Endocarpo (% b.s)	32,01 a	27,44 b	31,55 a
Amêndoa (% b.s)	7,32 ns <sup>2</sup>	7,27 ns	6,93 ns

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. <sup>2</sup>ns, não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade, na linha.

Menores porcentagens de epicarpo foram obtidas em frutos da região Central e maiores na região Norte, sendo os frutos da Zona da Mata intermediários em relação aos demais. Os valores observados foram de 22,20%, 23,38% e 22,57% para as três regiões, respectivamente.

Os frutos do Norte do estado apresentaram maiores valores percentuais de mesocarpo em relação aos demais, apresentando valores de 41,91%. As outras regiões não diferiram entre si, com valores médios de 38,48% e 38,95% para região Central e Zona da Mata, respectivamente.

O percentual do endocarpo exibiu um comportamento inverso ao observado para o mesocarpo. As regiões Central e Zona da Mata não diferiram entre si apresentando os maiores

valores percentuais de endocarpo, 32,01% e 31,55%, respectivamente. Já os frutos do Norte obtiveram os menores valores percentuais de endocarpo, 27,44%. Para a amêndoa não houve diferença estatística no percentual entre as três regiões estudadas.

Sanjinez-Argandoña e Chuba (2011) encontrou uma composição média dos frutos de macaúba de 20% de epicarpo, 42% de mesocarpo, 31% de endocarpo e 7% de amêndoa. Almeida et al. (1998) obteve em frutos coletados na região de Jaboticatubas (MG), 27% de polpa, 30% de casca, 34% de endocarpo e 7% de amêndoa. A partir dos valores observados, podemos verificar que existe variação entre os frutos de diferentes regiões, tornando-se importante conhecer as diferentes características dos frutos, elas poderão permitir a seleção de

parâmetros desejáveis, importantes no processo de domesticação e melhoramento da espécie.

O teor de óleo no epicarpo e no mesocarpo dos frutos do Norte mostrou-se superior aos demais, enquanto que frutos da região Central e Zona da Mata não diferiram entre si (Tabela 4). O teor de óleo para frutos provenientes da região Norte, Central e Zona da Mata foram de 15,78% e 51,26%, 7,49% e 45,04%, 4,42% e 43,91%

para epicarpo e mesocarpo, respectivamente. A diferença climática entre as regiões pode ter influenciado o grau de maturação dos frutos, os quais foram colhidos na mesma época, que por sua vez pode ter influenciado no maior teor de óleo observado nos frutos da região Norte. O teor de óleo da amêndoa não diferiu estatisticamente entre as regiões.

**Tabela 4.** Teor de óleo do epicarpo (TOE), teor de óleo do mesocarpo (TOM), teor de óleo da amêndoa (TOA), teor de óleo total por fruto (TOF), índice de acidez em ácido oleico (IA) e período de indução (PI) de frutos de macaúba em diferentes regiões do estado de Minas Gerais.

	Central	Norte	Zona da Mata
TOE (%)	7,49 b	15,78 a	4,42 b
TOM (%)	45,04 b	51,26 a	43,91 b
TOA (%)	62,31 ns <sup>2</sup>	59,66 ns	67,87 ns
TOF (%)	38,95 ns	41,44 ns	39,52 ns
IA (%)	0,77 b	0,48 a	1,18 c
PI (h)	8,51 ns	9,75 ns	7,33 ns

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. <sup>2</sup>ns, não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade, na linha.

Apesar da diferença observada nos teores de óleo do epicarpo e do mesocarpo, não houve diferença no teor de óleo do fruto inteiro entre os locais estudados.

O teor de óleo é umas das características mais importantes a serem selecionadas no melhoramento da espécie, sendo o óleo o produto principal, de maior interesse econômico. Quando se compara o teor de óleo de frutos provenientes do estado de Minas Gerais, observa-se superioridade para essa característica quando comparado com dados observados por

outros autores em frutos colhidos em outros estados brasileiros. Os teores de óleo obtidos nesse trabalho foram superiores aos encontrados por Coimbra e Jorge (2011) tanto para a polpa quanto para a amêndoa de frutos de macaúba provenientes de São José do Rio Preto, Meridiano e José Bonifácio, ambas no estado de

São Paulo. Esses autores encontraram valores de 28,94% e 46,06% de óleo na polpa e na amêndoa, respectivamente. Valores inferiores foram observados pela Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO, 2011) de frutos obtidos na Central de Abastecimento de Campinas e de São Paulo (CEASA e CEAGESP), com valores médios de teor de óleo no mesocarpo de 40,70%. Pimentel et al (2011) esclarece que dentro da espécie *Acrocomia aculeata* existe grande variabilidade, sendo que plantas nativas da região sul do Brasil, Mato Grosso do Sul e Paraguay, denominadas *Acrocomia totai* na nomenclatura antiga, apresentam frutos menores com menor teor de óleo quando comparadas às plantas de Minas Gerais.

O óleo do mesocarpo de frutos provenientes do Norte apresentou menores teores de índice de acidez em relação às demais regiões, com 0,48% de índice de acidez. Já os



frutos da Zona da Mata apresentaram maiores teores de índice de acidez no óleo do mesocarpo (1,18%), enquanto que frutos da região Central apresentaram valor intermediário para essa característica (0,77%). A diferença observada no índice de acidez entre as regiões pode ter ocorrido devido às diferenças de umidade presente em cada fruto, uma vez que a água é importante componente em reações químicas no fruto, o que provocaria uma maior liberação de ácidos graxos livres. Divergentes valores de índice de acidez são observados na literatura, Evaristo et al. (2016), Coimbra e Jorge (2011) e Sanjinez-Argandoña e Chuba (2011) obtiveram índices de acidez de 0,37% a 7,21%, 9,43% e 0,73% em frutos de macaúba de diferentes regiões. Provavelmente, estas diferenças ocorrem em função do método de colheita e o período de intervalo entre colheita e processamento.

Não foi observada diferença estatística para a estabilidade oxidativa do óleo do mesocarpo entre as regiões. Todos os valores obtidos estão acima do estabelecido pelas normas da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP, 2010) que é de 6 h para o biodiesel, ou seja, estão em conformidade com a norma. Melo (2010) obteve período de indução (PI) maiores que 25 h para óleo de frutos de macaúba. Valores menores de PI foram observados por Melo (2009), obtendo-se valores médios de 1,23 h para o óleo do mesocarpo de frutos de macaúba, indicando não conformidade com as normas de biodiesel

Houve diferença no perfil de ácidos graxos do óleo do mesocarpo entre os frutos das regiões estudadas (Tabela 5). O percentual de

**Tabela 5.** Porcentagem de ácidos graxos do óleo da polpa de frutos de macaúba em três regiões diferentes do estado de Minas Gerais.

Ácidos graxos	Central	Norte	Zona da Mata
Palmítico (16:0)	27,48 <sup>a</sup> ± 2,58	20,42 <sup>b</sup> ± 1,45	18,33 <sup>b</sup> ± 2,61
Estearico (18:0)	2,99 ± 0,06	2,50 ± 0,22	3,90 ± 0,14
Araquídico (20:0)	0,26 ± 0,00	0,30 ± 0,00	0,14 ± 0,00

ácidos graxos insaturados foi superior à quantidade de ácidos graxos saturados em todas as regiões. A região Central apresentou maior percentual de ácidos graxos saturados, representando 30,56% do total. Zona da Mata e a região Norte não diferiram no percentual de ácidos graxos saturados, com valores de 23,02% e 22,28% respectivamente. O ácido palmítico (16:0) foi o principal ácido graxo saturado presente no óleo desses frutos. Houve diferença significativa na porcentagem de ácidos graxos insaturados entre as regiões estudadas. A região Central apresentou o menor percentual de ácidos graxos insaturados, 69,44%, enquanto que as regiões Norte e Zona da Mata não diferiram entre si, apresentando percentuais de 76,97% e 77,72% respectivamente. O ácido oleico (18:1) foi o ácido graxo encontrado em maior quantidade no mesocarpo de frutos de macaúba. Esse ácido graxo é de extrema importância no setor industrial, pois confere fluidez e estabilidade oxidativa no óleo vegetal, além de ser um ácido graxo essencial no metabolismo animal (Omega 9) (AMARAL, 2011).

Coimbra e Jorge (2011) encontraram valores de 27,10% e 68,63% de ácidos graxos saturados e insaturados, respectivamente. Diferente dos valores comumente observados, Melo (2010) obteve maiores percentuais de ácidos graxos saturados 51,26% que ácidos graxos insaturado, 44,74%. Valores próximos aos observados nesse trabalho foram descritos pelo CETEC (1983), com percentual de ácido graxo saturado de 21,5% e insaturados de 78,5% no óleo da polpa de frutos de macaúba.

Saturados	30,56 <sup>a</sup> ± 2,64	23,02 <sup>b</sup> ± 1,44	22,28 <sup>b</sup> ± 2,52
Palmitoleico (16:1)	3,86 ± 0,12	2,04 ± 0,22	2,05 ± 0,41
Eládico (18:1 n9t)	1,32 ± 0,33	1,47 ± 0,00	0,00 ± 0,00
Oleico (18:1)	51,72 <sup>b</sup> ± 1,69	62,84 <sup>a</sup> ± 1,38	60,02 <sup>a</sup> ± 1,77
Linoleico (18:2)	11,51 ± 1,28	10,53 ± 0,17	12,75 ± 1,06
Linolênico (18:3)	1,04 ± 0,09	0,87 ± 0,04	2,44 ± 0,56
Araquidônico (20:4)	0,00 ± 0,00	0,62 ± 0,00	1,38 ± 0,00
Insaturados	69,44 <sup>b</sup> ± 2,65	76,97 <sup>a</sup> ± 1,44	77,72 <sup>a</sup> ± 2,52

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Esses resultados mostram grande variabilidade existente dentro da espécie *Acrocomia aculeata*. Essa variação inicialmente é de grande importância nos programas de melhoramento genético da espécie, sendo que o conhecimento de tais características é fundamental para a exploração industrial dessa cultura.

## CONCLUSÃO

As características físicas e químicas dos frutos da macaúba nas diferentes regiões estudadas diferem substancialmente. Os frutos na região norte de Minas Gerais apresentam menores teores de água e maiores teores de óleo e acidez do óleo, enquanto que os parâmetros físicos os frutos provenientes da zona da mata foram superiores. Há predominância do perfil de ácidos graxos insaturados, sendo o ácido oleico o principal, independentemente da região de coleta dos frutos. O conhecimento dessas características

e variabilidade entre as regiões são importantes na condução do programa de melhoramento genético da espécie e para o setor industrial.

## AGRADECIMENTOS

À Petrobras, ANP e ao CNPq pelo financiamento das pesquisas e concessão de bolsas.

## REFERÊNCIAS

- AGENCIA NACIONAL DO PETROLEO. 2017. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/wwwanp/dados-estatisticos>. Acessado em 16/03/2017.
- ALMEIDA, S. P.; PROENÇA, C. E. B.; SANO, S. M.; RIBEIRO, J. F. **Cerrado: espécies vegetais úteis**. Planaltina: Embrapa-CPAC, 1998. p. 14-19.
- AMARAL, F. P. DO; BROETTO, F.; BATISTELLA, C. B.; JORGE, S. M. A. Extração e caracterização qualitativa do óleo da polpa e amêndoas de frutos de macaúba [*Acrocomia aculeata* (jacq) lodd. ex mart] coletada na região de Botucatu, SP. **Revista Energia na Agricultura**. Botucatu, v. 26, n. 1, p. 12-20, 2011.
- AMERICAN OIL CHEMISTS' SOCIETY (AOCS). **Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society**. 4th Edition, Illinois, 1994.
- AMERICAN OIL CHEMISTS' SOCIETY (AOCS). **Official methods and recommended practices of the American**

- Oil Chemists' Society. Champaign, IL., 1997.
- BORÉM, A. **Melhoramento de plantas**. Editora UFV, Universidade Federal de Viçosa, 1998.
- CARVALHO, F. M. de. **Influência da temperatura do ar de secagem e da utilização do ácido etilenodiaminotetracético na qualidade do óleo e caracterização do fruto de macaúba**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2010, 129 p.
- CETEC - FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS. **Produção de combustíveis líquidos a partir de óleos vegetais: Estudo das oleaginosas nativas de Minas Gerais**. Relatório Final do Convenio STI-MIC/CETEC, Vol. 1, 1983. 152 pags.
- COIMBRA, M. C.; JORGE, N. Characterization of the Pulp and Kernel Oils from *Syagrus oleracea*, *Syagrus romanzoffiana*, and *Acrocomia aculeata*. **Journal of food science**, v. 76, n. 8, p. 1156-1161, 2011.
- EVARISTO, A. B., GROSSI, J. A. S., PIMENTEL, L. D., GOULART, S.M, MARTINS, A. D., SANTOS, V. L., & MOTOIKE, S. Harvest and post-harvest conditions influencing macauba (*Acrocomia aculeata*) oil quality attributes. **Industrial Crops and Products**, v. 85, p. 63-73, 2016a.
- EVARISTO, A. B., GROSSI, J. A. S., CARNEIRO, A. D. C. O., PIMENTEL, L. D., MOTOIKE, S. Y., KUKI, K. N. Actual and putative potentials of macauba palm as feedstock for solid biofuel production from residues. **Biomass and Bioenergy**, v. 85, p. 18-24, 2016b
- HENDERSON, A.; GALEANO, G; BERNAL, R. **Palms of the Americas**. Princeton University Press, 1995. 352 p.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ (IAL), Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz, Vol. 1: **Métodos químicos e físicos para análise de alimentos**, 4a edição, São Paulo: IMESP, pag. 116 – 118, 1985.
- MANFIO, C. E.; MOTOYKE, S. Y.; SANTOS, C. E. M. dos; PIMENTEL, L. D.; QUEIROZ, V. de; SATO, A. Y. Repetibilidade em características biométricas do fruto de macaúba. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 1, p. 70-76, 2011.
- MELO, MARIA ANDREA MENDES FORMIGA. **Avaliação das Propriedades de Óleos Vegetais visando a Produção de Biodiesel**. Dissertação de mestrado. UFPB. João Pessoa, 2010.
- MELO, P. G. DE; PORTELA, F. M.; SILVA, L. G. DA; JUNQUEIRA, J. S. S.; HERNÁNDEZ- SILVA, ISABELLA. **Uso de processos combinados para o aumento do rendimento da extração e da qualidade do óleo de macaúba**. Dissertação (Mestrado). Rio de Janeiro, 2009.
- MOTOIKE, S. Y.; KUKI, K. N. The Potential of Macaw Palm (*Acrocomia aculeate*) as Source of Biodiesel in Brazil. **International Review of Chemical Engineering**, v. 1, n. 6, p. 632-635, 2009.
- MOTTA, P. E.; CURTI, N.; OLIVEIRA-FILHO, A. T.; GOMES, J. B. V. Ocorrência de macaúba em Minas Gerais: relação com atributos climáticos, pedológicos e vegetacionais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.3 7, p. 1023-1031, 2002.

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

REIS, S.B; MERCADANTE-SIMÕES, M.O; RIBEIRO, L.M. Pericarp development in the macaw palm *Acrocomia aculeata* (Arecaceae). **Rodriguésia**, v. 63, n. 3, p. 541-549, 2012S

ANJINEZ-ARGANDOÑA, E. J. & CHUBA, C. A. M. Caracterização biométrica, física e química de frutos da palmeira bocaiuva *Acrocomia aculeata* (Jacq) Lodd. **Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal**, v. 33, n. 3, p. 1023-1028, 2011.

TABELA BRASILEIRA DE COMPOSIÇÃO DE ALIMENTOS - TACO – UNICAMP.- 4. ed. rev. e ampl.. -- Campinas: **NEPA-UNICAMP**, 161 p., 2011.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Trad. SANTAREM, E. R. [et al.]. 3ª Ed. Porto Alegre: Artmed, 2004, 719p.