

## **TECNOLOGIA PARA EXTRAÇÃO DE ÓLEO E PRODUÇÃO DE BIODIESEL DE MACAÚBA**

ANA CAROLINA S. OCANHA<sup>1</sup>; ROSELI A. FERRARI<sup>2</sup>

**Nº 11215**

### **RESUMO**

Este trabalho teve por objetivo estabelecer as condições de preparo da matéria-prima macaúba para a extração do óleo por prensagem e produzir biodiesel através de transesterificação etílica. A primeira parte do projeto consistiu na caracterização do fruto e de sua polpa e amêndoa para definir as etapas necessárias para extração do óleo via prensagem contínua. Nas tortas obtidas pela prensagem da polpa e amêndoa foram realizadas análises de composição centesimal e nos óleos foram realizadas análises de características de identidade e qualidade. Foi então realizado um planejamento experimental para o estudo da transesterificação etílica de cada óleo visando obter as concentrações de etanol e catalisador que iriam proporcionar maior rendimento em biodiesel. A partir das condições ótimas estabelecidas foi produzido uma quantidade maior de biodiesel para avaliação de algumas características de qualidade conforme especificação da ANP (Agência Nacional do Petróleo Gás Natural e Biocombustíveis). Os resultados obtidos mostraram uma variação na composição dos frutos e características muito diferentes apresentadas pelo óleo de polpa, com maior teor de ácidos graxos insaturados, e o da amêndoa, com maior teor de ácidos graxos saturados. Foi possível definir etapas tecnológicas para obtenção de óleo dos frutos da macaúba e encontrar as condições ótimas para produção de biodiesel, com concentração de catalisador 4,42 e 5% e a razão molar etanol:óleo 13,3:1 e 9:1 para o óleo de amêndoa e de polpa respectivamente.

---

<sup>1</sup> Bolsista CNPq: Graduação em Eng. de Alimentos, UNICAMP, Campinas-SP, ana.ocanha@gmail.com

<sup>2</sup> Orientadora: Pesquisadora, CCQA/ITAL, Campinas-SP.

## ABSTRACT

This work aimed to establish conditions for the preparation of the raw material for macaúba palm to oil extraction by pressing and producing biodiesel by ethanolic transesterification. The first part of the project involved the characterization of the fruit and its pulp and kernel to define the steps necessary to extract the oil by continuous pressing. Cakes obtained by pressing the pulp and kernel were characterized regarding their proximate composition and oils were analyzed for identity and quality characteristics. It was then carried out an experimental design to study the ethanolic transesterification of each oil to obtain the concentrations of ethanol and catalyst that would provide the best biodiesel yield. From the optimum conditions established a higher amount of biodiesel was produced to evaluate some characteristics as specified by ANP (National Petroleum, Natural Gas and Biofuels Agency). The results showed a variation in the fruits composition and different characteristics presented by the pulp oil, with higher content of unsaturated fatty acids, and kernel oil, with higher content of saturated fatty acids. It was possible to define technological steps to obtain oil from the fruits of macaúba and find the optimal conditions to biodiesel production (concentration of catalyst 4.42 and 5% and 13.3:1 and 9:1 ethanol:oil molar ratio to kernel oil and pulp oil respectively).

## INTRODUÇÃO

Desde 1º de janeiro de 2010, o óleo diesel comercializado em todo o Brasil contém obrigatoriamente 5% de biodiesel. Esta regra foi estabelecida pela Resolução nº 6/2009 do Conselho Nacional de Política Energética, que aumentou de 4 para 5 o percentual obrigatório de mistura de biodiesel ao óleo diesel ANP (2011). O Brasil está entre os maiores produtores e consumidores de biodiesel do mundo, contudo o alto custo da sua produção é devido ao elevado custo da matéria-prima, os óleos vegetais e as gorduras animais (AMORIM, 2008).

Uma alternativa para minimizar este custo é optar por oleaginosas alternativas, como é o caso da *Acrocomia aculeata* conhecida como macaúba. A macaúba é uma palmeira arborescente perene, frutífera, nativa de florestas tropicais, tipicamente brasileiras. No Brasil ocorre principalmente nos estados do Ceará, Minas Gerais, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, São Paulo e por toda região Sul. Esta espécie apresenta ampla utilidade e mais recentemente seu fruto tem despertado grande interesse sócio-econômico por sua capacidade de produção de óleo vegetal. Em meio a suas várias utilidades são relatados usos medicinais, alimentícios, cosméticos, entre outros.

Entretanto a mais promissora e que mais se destaca é sua capacidade de produção de óleo que pode chegar a quatro mil litros por hectare por ano, lembrando que através de plantios racionais e de programas de melhoramento este valor pode aumentar consideravelmente, oferecendo potencial para produção de biodiesel, proporcionando vantagens ambientais, econômicas e sociais (LORENZI, 2006).

A macaúba foi escolhida para o desenvolvimento desse estudo por sua importância como fonte de óleo, que tem potencial tanto para produção de matéria-prima para a indústria de biodiesel bem como para as indústrias de alimentos farmacêuticos e de cosméticos. No entanto, pouco estudo em relação ao seu adequado processamento tecnológico, foram até então realizados. O estudo da tecnologia de processamento dos frutos da macaúba é de suma importância, pois trará relevantes subsídios para a estruturação da cadeia produtiva da macaúba.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Frutos de macaúba coletados em plantas de populações de ocorrência espontânea no Estado de São Paulo foram fornecidos pelo Pólo Regional do Leste Paulista da APTA (Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios). O peso e os teores de casca, polpa, endocarpo e amêndoa foram determinados por gravimetria. Os frutos foram selecionados quanto ao aspecto e em seguida foram despulpados. O endocarpo foi quebrado visando a separação das amêndoas, que foram moídas. Os teores de umidade e óleo da polpa e da amêndoa foram determinados de acordo com a metodologia oficial da AOCS (2008). Tanto o óleo da polpa quanto o da amêndoa foram extraídos por prensagem contínua em planta piloto e o rendimento calculado.

Nos óleos obtidos por prensagem foram feitas análises de identidade e qualidade em acordo com metodologia AOCS (2008). Nas tortas e amêndoas foram realizadas análises de composição centesimal conforme metodologia AOAC (2007).

Foi calculada a massa molar dos óleos segundo Pighinelli (2010) para o cálculo da massa de etanol utilizada no planejamento experimental, de acordo com a razão molar etanol:óleo utilizada para as reações de transesterificação. A transesterificação foi estudada via planejamento experimental central composto, tendo como variáveis independentes a concentração de catalisador e a razão molar etanol: óleo conforme Pighinelli (2010), tendo como objetivo determinar as condições ótimas para o maior rendimento em biodiesel. A quantificação do biodiesel formado foi feita através da técnica de cromatografia líquida HPSEC (high pressure size exclusion chromatography). A reação de transesterificação, bem como o preparo das amostras

para a análise de HPSEC foi feito conforme descrito por Pighinelli (2010). O Biodiesel obtido foi analisado segundo padrão da ANP (2011).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pela pesagem de 20 frutos escolhidos aleatoriamente de procedência de plantas diferentes determinou-se o peso dos frutos que apresentaram valor médio de 37,62g. Na Tabela 1 são mostrados os valores correspondentes à proporção dos componentes: casca, polpa e caroço dos frutos de diferentes procedências. Os resultados do teor de umidade e óleo das polpas de amostras escolhidas aleatoriamente variaram de 27,9 a 47,7% de umidade, faixa considerada ampla, sendo necessária a inclusão da etapa de secagem da polpa, visando sua conservação e possibilidade de estocagem preparando-a para prensagem contínua. O teor de óleo na polpa em base seca variou de 14,0 a 51,7%, e o teor de óleo na amêndoa foi de 61,1%. Ciconini et al. (2010) também encontraram uma grande variação no teor lipídico e de umidade em frutos de macaúba oriundos de Mato Grosso do Sul.

**TABELA 1.** Proporção de casca, polpa e caroço presentes no fruto de macaúba.

| Amostra | % casca | % polpa | % endocarpo | % amêndoa |
|---------|---------|---------|-------------|-----------|
| 1       | 17,7    | 43,8    | 26,5        | 11,1      |
| 2       | 27,9    | 32,5    | 24,1        | 18,7      |
| 3       | 27,7    | 32,1    | 25,5        | 12,8      |

Para extração do óleo por prensagem contínua a polpa da macaúba foi seca em estufa a 100°C por 2 horas. Foi necessário adicionar casca na polpa seca visando o melhor funcionamento da prensa. O alto teor de óleo presente na polpa dificulta a remoção do óleo por prensagem exigindo a presença de um material que proporcione o aumento do atrito. O rendimento da prensagem contínua da mistura seca de polpa e casca foi de 19,77% de óleo, 78,30% de torta e 1,93% de perdas no processo. O rendimento da prensagem contínua das amêndoas foi de 31,77% de óleo, 55,97% de torta e 12,26% de perdas no processo. Baseado nos resultados obtidos, o fluxograma simplificado proposto do processo industrial para obtenção de óleo de macaúba via prensagem contínua é apresentado na Figura 1.

Após a prensagem da polpa e amêndoa foram obtidos os óleos nos quais foram realizadas análises de qualidade e identidade, e as respectivas tortas nas quais foi realizada determinação da composição centesimal (Tabelas 2,3 e 4).

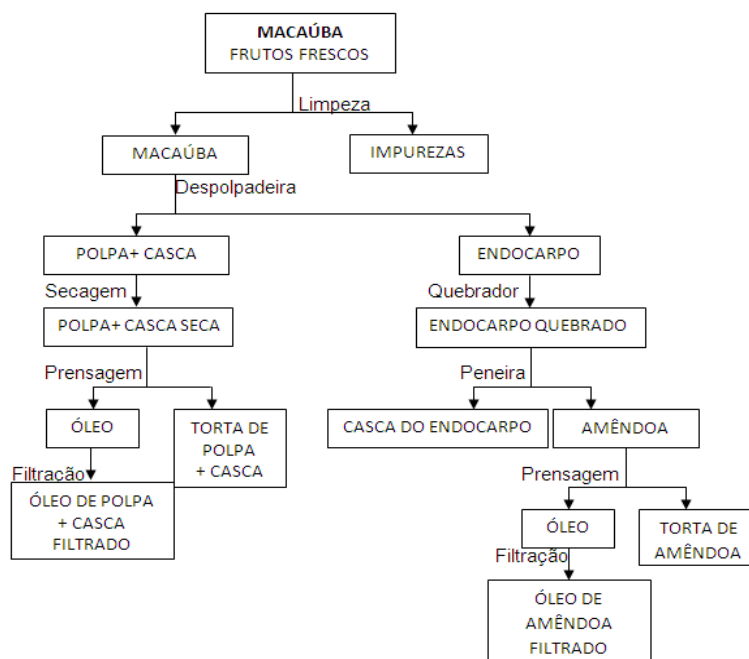


FIGURA 1. Fluxograma simplificado do processo industrial para produção de óleo de macaúba via prensagem contínua.

TABELA 2. Composição centesimal da amêndoa e das tortas de macaúba.

| Produto       | Umidade(%) | Cinza(%) | Fibra(%) | Proteína(%) | Lipídio(%) | Carboidrato(%) |
|---------------|------------|----------|----------|-------------|------------|----------------|
| Amêndoa       | 4,3        | 1,9      | 15,2     | 12,5        | 61,1       | 6,0            |
| Torta amêndoa | 2,6        | 2,7      | 34,1     | 12,9        | 10,2       | 37,5           |
| Torta polpa   | 2,4        | 3,6      | 20,1     | 2,7         | 10,0       | 61,2           |

A amêndoa de macaúba apresentou um teor de lipídios elevado. Hiane et al., (2005) encontraram um valor menor do obtido neste trabalho. A amêndoa também apresentou um elevado teor de proteínas, acima do encontrado na torta de polpa. A torta de amêndoa, em comparação com a de polpa apresentou maior teor de fibras e menor teor de carboidratos. Os valores de índice de acidez e peróxido dos óleos encontraram-se acima dos apresentados no estudo de Hiane et al., 2005, o índice de saponificação e de iodo do óleo de amêndoa ficaram abaixo dos valores apresentados no mesmo estudo, e os valores de índice de refração e índice de iodo do óleo de polpa estão de acordo com os mesmos autores.

**TABELA 3.** Características dos óleos de polpa e amêndoa de macaúba.

| Análises                                     | Óleo polpa | Óleo amêndoa |
|--|------------|--------------|
| Índice de acidez (%)                         | 2,10       | 2,14         |
| Matéria Insaponificável (%)                  | 0,85       | 0,51         |
| Índice de Refração a 40 °C                   | 1,464      | 1,455        |
| Índice de peróxidos (meq O <sub>2</sub> /kg) | 4,89       | 4,82         |
| Índice de iodo (g I <sub>2</sub> /100 g)     | 74,9       | 32,7         |
| Índice de saponificação (mg KOH/g)           | 196,77     | 232,96       |
| Cobre (mg/kg)                                | 0,02       | n.d.*        |
| Ferro (mg/kg)                                | 7,11       | 0,38         |
| Fósforo (mg/kg)                              | 14,6       | 0,61         |
| Enxofre (mg/100g)                            | 0,77       | 0,71         |

\*n.d = não detectado

Na Tabela 4 encontra-se a composição em ácidos graxos dos óleos de polpa e amêndoa de macaúba. Os ácidos graxos saturados apresentaram-se em maior quantidade no óleo de amêndoa em especial o láurico, enquanto que no óleo da polpa há predominância dos ácidos graxos moinsaturados, com destaque para o oléico. Ciconini et al. (2010) evidenciou a predominância dos ácidos oléico e palmítico, respectivamente, porém com uma variação da composição (55,27 a 76,03% e 14,75 a 23,77%) no óleo de polpa. No estudo de Hiane et al. o óleo de amêndoa apresentou teor de ácidos graxos saturados menor (49,69%), mas ainda assim foram os encontrados em maior quantidade, seguidos pelos ácidos graxos monoinsaturados (42,46%), o ácido graxo encontrado em maior proporção foi o oléico (40,17%), seguido pelo ácido láurico com 12,95 %.

Via planejamento experimental executado, para o óleo de polpa a produção máxima de ésteres foi atingida com uma razão molar etanol:óleo 9:1 e concentração de catalisador de 5%, com rendimento de 98,39% em ésteres. Para o óleo de amêndoa a razão molar etanol: óleo foi de 13,3:1 e a concentração de catalisador de 4,42%, com rendimento em ésteres de 98,77%. Na Tabela 5 encontram-se as características do biodiesel de polpa e de amêndoa de macaúba produzidos.

Os resultados das análises de biodiesel de macaúba e amêndoa encontram-se em acordo com a Resolução ANP n° 7 de 19.3.2008, com exceção do teor de água e

do índice de acidez do óleo de polpa, que podem ser ajustados com maior controle nas etapas de secagem.

**TABELA 4.** Composição em ácidos graxos dos óleos de polpa e amêndoa de macaúba.

| Ácido graxo (%)             | Óleo de polpa de macaúba | Óleo de amêndoa de macaúba |
|-----------------------------|--------------------------|----------------------------|
| C 6:0 Capríco               | n.d*                     | 0,3                        |
| C 8:0 Caprílico             | n.d                      | 3,9                        |
| C 10:0 Cáprico              | n.d                      | 3,4                        |
| C 12:0 Láurico              | n.d                      | 38,7                       |
| C 14:0 Mirístico            | 0,1                      | 8,9                        |
| C 16:0 Palmítico            | 23,6                     | 8,2                        |
| C 16:1 Palmitoleico         | 4,7                      | 0,1                        |
| C 18:0 Esteárico            | 2,1                      | 2,8                        |
| C 18:1 Oléico               | 55,3                     | 29,1                       |
| C 18:2 Linoléico            | 12,1                     | 4,4                        |
| C 20:0 Araquídico           | 0,2                      | 0,2                        |
| C 18:3 Linolênico           | 0,7                      | n.d                        |
| C 20:2 13,16 Docosadienóico | 0,5                      | n.d                        |
| Σ Saturados                 | 26,2                     | 66,4                       |
| Σ Monoinsaturados           | 60,2                     | 29,2                       |
| Σ Poliinsaturados           | 13,4                     | 4,4                        |

**Tabela 5** – Características do biodiesel obtido do óleo de polpa e amêndoa de macaúba.

| Característica                       | Biodiesel Polpa | Biodiesel Amêndoa |
|--------------------------------------|-----------------|-------------------|
| Aspecto                              | Límpido         | Límpido           |
| Índice de acidez (mg KOH/g)          | 0,52            | 0,28              |
| Índice de Iodo (g I <sub>2</sub> /g) | 78,69           | 26,13             |
| Teor de água (%)                     | 0,16            | 0,24              |
| Cinzas (%)                           | 0,01            | 0,01              |
| Densidade Relativa (20°C)            | 0,8745          | 0,8737            |

## CONCLUSÃO

Observamos a grande variação na composição dos frutos de macaúba de uma mesma região. Foi possível extrair óleo da polpa e da amêndoa e assim definir as etapas tecnológicas para a obtenção desses óleos por prensagem contínua e obter biodiesel pelo processo de transesterificação. Os ensaios realizados de acordo com o planejamento experimental permitiram identificar concentração de catalisador de 4,42% e 5% e uma razão molar etanol:óleo 13,3:1 e 9:1 em que a obtenção de ésteres etílicos foi máxima para o óleo de amêndoa e polpa respectivamente.

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPQ – PIBIC, pela bolsa concedida. Ao CCQA – ITAL, pela oportunidade de estágio.

## REFERÊNCIAS

- ANP Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Disponível em: <http://www.anp.gov.br>>. Acesso em 01 agosto de 2008.
- AMORIM, P. Q. R. de. Gargalos e oportunidades da cadeia produtiva do biodiesel. In: FNP Consultoria & Agroinformativos. AGRIANUAL 2008: Anuário Estatístico da Agricultura Brasileira. São Paulo: Instituto FNP, 2008, p. 38-42.
- AOCS. Official methods and recommended practices of the AOCS. Champaign: A.O.C.S., 2008.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 18th. Arlington: AOAC, 2007.
- CICONINI, G. [et al]. Óleo de polpa de macaúba: variabilidade das características físico-químicas em plantas do Mato Grosso do Sul. Inclusão Social e Energia: Anais... Campina grande: Embrapa Algodão, p. 1910-1914, 2010.
- HIANE, P. A.; RAMOS FILHO, M. M.; RAMOS, M. I. L., MACEDO, M. L. R. Óleo da polpa e amêndoa de bacaiúva, *Acrocomia aculeata* (jacq.) lodd. Caracterização e composição em ácidos graxos. Brazilian Journal of Food Technology, v. 8, n. 3, p. 256-259, jul./set. 2005.
- LORENZI, G. M. A. C., NEGRELLE, R. R. B. *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. Ex Mart.: Aspectos ecológicos, usos e potencialidades, 2006.
- PIGHINELLI, A. L. M. T. Estudo da extração mecânica e da transesterificação etílica de óleos vegetais. Campinas, SP: [s.n.], 2010.