



ANÁLISE ENERGÉTICA DE UM SISTEMA DE EXTRAÇÃO DE ÓLEO DA MACAÚBA

ROSÁRIA FERREIRA DA SILVA; ANTONELLA LOMBARDI COSTA;
SEBASTIÁN GIRALDO MONTOYA.

RESUMO

A macaúba (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd.) é uma palmeira nativa de regiões tropicais das Américas e é uma espécie promissora para exploração devido à alta produtividade de óleo e aos subprodutos possíveis de se obter através do processamento de seus frutos. Uma vez evidenciada a importância do óleo de macaúba, torna-se necessário avaliar os métodos existentes de extração a fim de se obter o melhor aproveitamento energético ao longo do processo. Para que a macaúba possa se estabelecer como fonte de óleo vegetal é fundamental o desenvolvimento de tecnologias para toda a cadeia produtiva, uma vez que a execução de cada etapa influencia na qualidade final do óleo obtido. Apesar de todo avanço ainda existem gargalos para a consolidação de uma cadeia produtiva sustentável e competitiva para a espécie. Neste contexto, o objetivo principal deste estudo é realizar uma análise energética de um sistema de extração de óleo de macaúba. Para este estudo, a primeira etapa consistiu em delimitar o sistema a ser analisado e coletar os dados de entrada e saída de massa de frutos, avaliando o poder calorífico superior dos subprodutos obtidos em cada etapa. Foi elaborado um diagrama representativo para mostrar o processo avaliado. De acordo com as massas finais obtidas após o processamento de 300 kg de macaúba, foi calculado o poder energético dos produtos e comparado ao quantitativo energético necessário para obtê-los.

Palavras-chave: Balanço Energético; Oleaginosas; Óleo Vegetal; Poder Calorífico; Processamento.

1 INTRODUÇÃO

A macaúba é uma palmeira nativa de regiões tropicais das Américas, estando ausente apenas nos países do Equador e Peru (COSTA, 2016). É encontrada em todo território nacional, com maiores proporções nos Estados de Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul (QUEIROGA, 2016).

Pertence à família Arecaceae, ex-Palmae, e ao gênero *Acrocomia*, possui variações morfológicas dentro de uma mesma espécie devido à dispersão geográfica (CARGNIN et al., 2008; CICONINI, 2012). Esta espécie tem capacidade de se desenvolver em locais onde os fatores ambientais são desafiadores, como por exemplo, temperaturas elevadas, alta radiação solar e prolongada falta de chuva sazonal (PIRES, 2013). Necessita de pouca água para se desenvolver e se adapta com facilidade em ambientes com deficiência nutricional e hídrica, áreas degradadas e em processos de recuperação (CARVALHO, 2010; SOUZA, 2013).

A macaúba possui as seguintes características morfológicas: altura de 10 a 15 metros, seu tronco é cilíndrico com diâmetro de 20 a 30 centímetros, possui espinhos escuros e compridos (MELO, 2012). Estudos apontam que os frutos são compostos, em média, por 20% de casca, 40% de polpa, 33% de endocarpo e 7% de amêndoa (CARGNIN et al. 2008).

O Brasil possui fatores favoráveis para o cultivo de diversas espécies vegetais como

clima adequado, vastas dimensões territoriais, disponibilidade de mão de obra, entre outros (COSTA, 2016). A macaúba tem-se apresentado como uma espécie promissora para exploração, devido à alta produtividade de óleo e aos subprodutos possíveis de se obter através do processamento de seus frutos.

Outra característica relevante é a abundância desta espécie no estado de Minas Gerais (PEREIRA, 2014). Além do mais, a alta produtividade e a qualidade do óleo apresentam características interessantes para a produção de biodiesel (MONTROYA, 2013). O óleo de macaúba apresenta alta qualidade e possui os valores nutricionais próximos ao azeite de oliva (CARVALHO, 2010). Além de possuir propriedades que direcionam o seu uso na dieta humana, ainda que possua potencial para a produção de biodiesel e na área cosmética (CICONINI, 2012).

O crescimento na busca por fontes renováveis de energia coloca as espécies oleaginosas em destaque ampliando assim o conflito entre os setores alimentícios e não alimentícios. É necessário examinar com cautela a produção de biocombustíveis oriundos de alimentos e commodities agrícolas (MALODE, 2021).

Considerando a alta produtividade de óleo e sua aplicabilidade nos setores energéticos e industriais, é fundamental desenvolver estudos para expandir o conhecimento sobre a macaúba. Apesar de ser uma espécie com grande potencial, os esforços para sua domesticação se iniciaram recentemente, por volta do ano de 2007 (SOUZA, 2013).

Uma vez evidenciada a importância do óleo de macaúba, torna-se necessário avaliar os métodos existentes de extração a fim de se obter o melhor aproveitamento energético ao longo do processo. Desde o plantio à extração e refino do óleo de macaúba, ocorrem diversos fluxos de energia. Pode-se citar a energia solar utilizada no cultivo, o trabalho realizado por homens e pelos equipamentos utilizados ao longo de todo o cultivo e processamento.

Assim, neste trabalho o foco inicial foi fazer o levantamento de dados de uma planta piloto de processamento da macaúba presente na Universidade Federal de Viçosa (UFV), o maquinário utilizado, e realizar o acompanhamento do processo de extração do óleo. De posse dos dados, foi realizada uma análise energética do processamento da macaúba com a finalidade principal de comparar o valor energético do óleo obtido ao final do processamento, assim como dos subprodutos que surgem durante o mesmo, com a energia elétrica e térmica gastas para realizar o ciclo inteiro.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

A seguir serão descritas as etapas realizadas até o momento nesse projeto. Primeiramente, a partir das visitas técnicas à planta piloto, observaram-se as etapas de processamento dos frutos da macaúba para então elaborar um diagrama em blocos para verificar o gasto energético total do processo. Dessa forma, foi elaborado o fluxograma mostrado na Figura. 1, partindo da massa inicial de 300 kg de frutos. Posteriormente, foi feito o levantamento das características técnicas dos maquinários envolvidos. Como a cada processamento, há variação dos produtos obtidos, optou-se por utilizar dados de uma pesquisa anterior (FARIAS, 2010) para fazer a proporcionalidade de produtos para 300 kg de frutos.

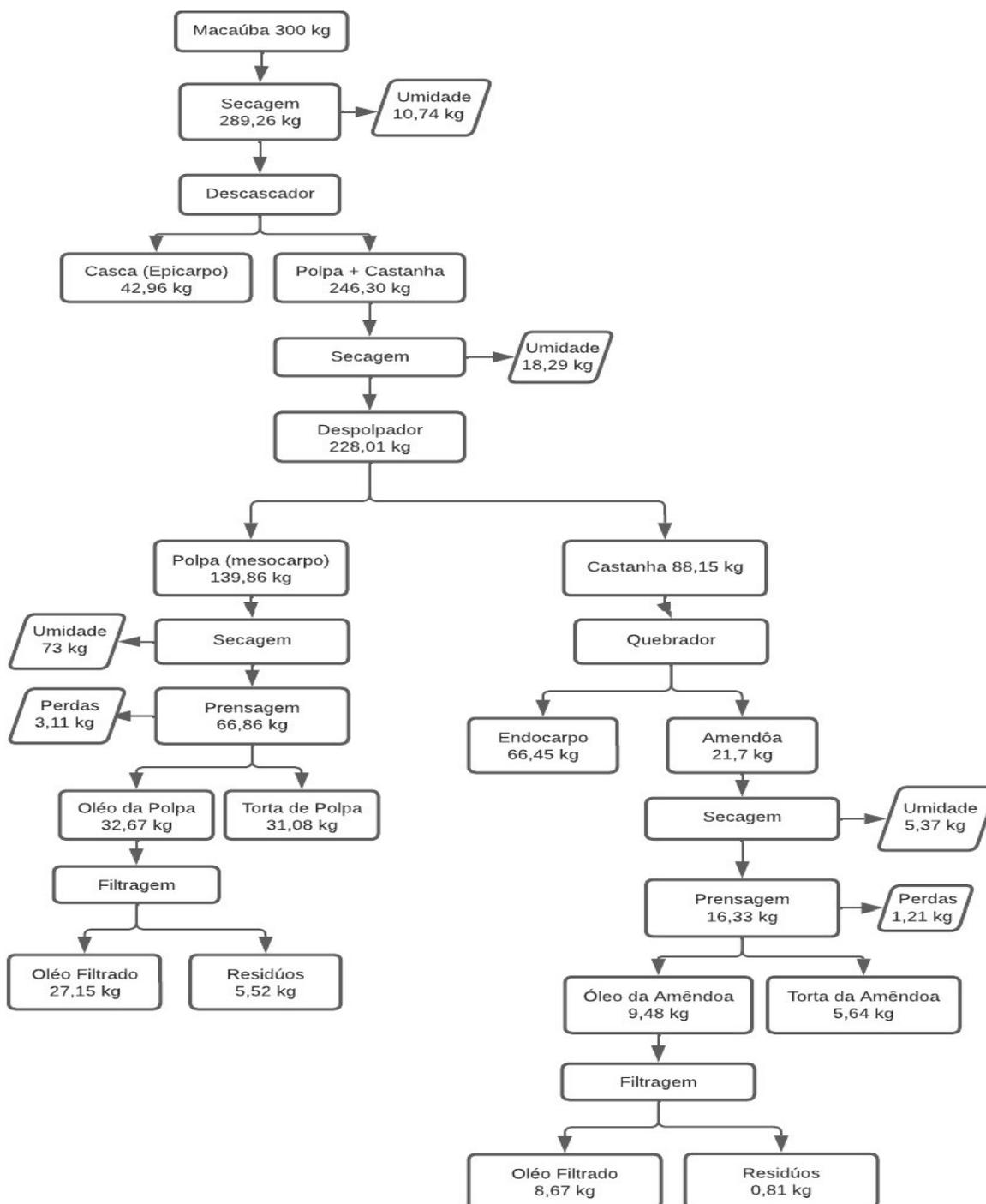


Figura. 1. Fluxograma do processo de extração do óleo de macaúba.
 Fonte: Autora (2023).

Os equipamentos escolhidos são empregados na extração de óleos vegetais de outras culturas similares à macaúba, possuem fácil operação, montagem e desmontagem simples, não sendo necessário uso mão de obra especializada. Além de possuírem robustez que permitem o funcionamento da linha de produção em turno de 24 horas. São confeccionados em aço inoxidável, e possuem design que permite que a extração ocorra de maneira limpa e organizada. Tais equipamentos estão disponíveis no mercado, cujos dados técnicos são fundamentais para a análise energética.

2.1. Etapa de Secagem

Optou-se por utilizar uma mesa de secagem estática, da marca SCOTT TECH, modelo MS 3020, que possui capacidade de processamento de 400 kg por batelada; possui o peso de 560 kg, potência nominal de 2,2 kW, tensão de operação de 220 V ou 380 V trifásico e potência de aquecimento elétrico de 35 kW.

A mesa de secagem é construída por uma chapa perfurada de aço inoxidável. As laterais e o fundo da mesa são isolados termicamente para aumento da eficiência térmica. A superfície de secagem é fabricada em tela perfurada de aço inoxidável, o que possibilita a higienização adequada para produtos alimentícios e assegurando a alta durabilidade do componente. A descarga do produto pode ser feita de forma organizada e limpa, com a utilização de caixas padrão de 70 litros e suportes com rodízios. O equipamento pode ser fabricado com diferentes fontes de aquecimento, sendo elas, aquecimento elétrico através de banco de resistências, gás GLP ou natural, vapor direto, ou concentradores solares.

2.2. Descascador/Despolpador

No despolpador ocorrem duas etapas, sendo a primeira a separação entre o epicarpo e o mesocarpo, e posteriormente a separação do mesocarpo e amêndoa. Os frutos são inseridos na parte superior e através do movimento de rotação, e com o atrito de um fruto com o outro ocorre a separação dos subprodutos. À medida que o processo acontece, um dos subprodutos é expelido na parte inferior, enquanto o outro permanece em rotação, sendo liberado por uma saída dianteira do equipamento.

O equipamento analisado é da marca SCOTT TECH, Modelo D80, que possui capacidade de processamento de 300 kg por hora, potência nominal de 3,7 kW, tensão de operação de 220 V ou 380 V trifásico, sendo fabricado em aço inoxidável.

2.3. Etapa de Quebra

Foi escolhido um moinho a martelo centrífugo simples desenvolvido para moagem de produtos com alto teor de lipídios, possui fluxo contínuo sem empastamento dentro da caixa de moagem. É fabricado em aço inoxidável e possui capacidade de operação de 50 kg/hora, peso total de 80 kg, um rotor de moagem, área útil de 1,5 m³; recomenda-se o uso de energia trifásica para a ligação do motor de 10 cv.

Este moinho é o mais utilizado no Brasil e visa reduzir o tamanho das partículas através do impacto provocando a quebra, neste caso do endocarpo da macaúba. O modelo escolhido é o modelo MCO 260 (05 cv) da marca Vieira.

2.4. Etapa de Prensagem

A prensa escolhida para este estudo é da marca SCOTT TECH, modelo ERT75, que possui capacidade de processamento de 100 kg por hora, possui o peso de 310 kg, potência nominal de 4,5 kW, tensão de operação de 220 V ou 380 V trifásico. Possui alto desempenho no teor de extração de óleo, além de possuir motor e motorreductor de alto rendimento, garantindo o mínimo consumo de energia elétrica.

Possui tampa anti respingo mantendo qualquer gotejamento do óleo extraído dentro da calha de escoamento de óleo. Com o intuito de ter um layout fabril mais dinâmico, este equipamento opera diretamente ao lado do filtro, direcionando o óleo extraído para o tanque de entrada para a execução da filtração.

2.5. Etapa de Filtragem

O bombeamento é feito por uma bomba de diafragmas, própria para fluidos que contenham partículas sólidas, evitando desgaste por abrasão; o acionamento ocorre por ar comprimido. O equipamento possui boa mobilidade que facilita a movimentação para limpeza da planta e pesa 160 kg sendo composto por 10 placas de filtração e 11 de torta de alumínio. Possui um tanque pulmão de 40 ou 80 litros, opera a pressão de 5 bar e possui a capacidade de filtração de até 200 litros por hora. Possui uma peneira de entrada para separação de partículas até 0,5 mm, bandeja de retorno de gotejamento de placas e rodízios para movimentação durante a etapa de limpeza da planta.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para o cálculo de balanço de energia será considerada a relação produção/consumo entre as entradas e saídas energética identificando-se os valores dos dispêndios utilizados na extração do óleo de macaúba.

De acordo com as massas finais obtidas após o processamento de 300 kg de macaúba, foi calculado o poder energético equivalente de cada um dos subprodutos. Para tal, realizou-se um levantamento bibliográfico dos dados referentes ao poder calorífico superior (PCS) dos mesmos. Os valores são apresentados na Tabela. 1.

Define-se Poder Calorífico Superior (PCS) como a quantidade de calor disponível na biomassa incluindo o calor latente de vaporização da água no combustível (TEÓFILO, 2019). Filho (2009) cita que os valores do PCS da torta da macaúba apresentam valor superior se comparado às demais oleaginosas, o que é desejável do ponto de vista da combustão.

O próximo passo da pesquisa será definir o gasto energético em cada uma das etapas de processamento de acordo com os dados obtidos de potência, tensão de trabalho e eficiência e de acordo com o tempo necessário que cada maquinário um deve funcionar para processar os 300 kg de macaúba e comparar com o poder energético obtido dos produtos e subprodutos do processamento. Dessa forma, será obtida a eficiência do processo e o custo energético de produção.

Tabela. 1. Poder energético dos subprodutos da macaúba.

Produto ou subproduto	Massa (kg)	PCS MJ/kg ⁻¹	PCS kWh/kg ⁻¹	Energia máxima PCS x massa (kWh)
Epicarpo	42,96	18752	5208	223.735,68
Polpa	158,15	20606	5723	905.092,45
Endocarpo	66,45	18593	5164	343.147,80
Amêndoa	21,70	29296	8137	176.572,90
Torta de Amêndoa	5,64	22315	6198	34.956,72
Óleo de Amêndoa	8,67	38073	10577	91.702,59
Torta de polpa	31,08	16379	6198	192.633,84
Óleo de polpa	27,15	39523	10978	298.052,70

Fonte: Adaptado de Nunes (2015).

Dessa forma, considerando como produtos do processamento de 300 kg de macaúba capazes de gerar energia tem-se a torta e o óleo de amêndoa e a torta e o óleo da polpa, com o poder energético total é de 617,35 MWh. Se considerarmos somente o óleo da polpa e da amêndoa para a fabricação de biocombustível, por exemplo, tem-se 389,6 MWh. Como próximo passo da pesquisa, serão realizados os cálculos para avaliar a quantidade de energia que foi gasta por meio dos equipamentos para o processamento desses 300 kg de frutos.

4 CONCLUSÃO

Para que a macaúba possa se estabelecer como fonte de óleo vegetal é fundamental o desenvolvimento de tecnologias para toda a cadeia produtiva, uma vez que a execução de cada etapa influencia na qualidade final do óleo obtido. Em um cenário competitivo é fundamental estabelecer rotas tecnológicas eficientes ao longo de todo o processo produtivo. Em todo processo objetiva-se um produto com qualidade e com o menor custo operacional possível. Conhecer as propriedades físicas da espécie contribui para o desenvolvimento dos processos viabilizando o aperfeiçoamento do sistema produtivo. Para dimensionamento dos equipamentos utilizados pós-colheita é fundamental conhecer as propriedades físicas e geométricas da cultura.

O presente trabalho se encontra em progresso; a etapa atual do projeto se encontra em fase de coleta de dados. Dessa forma, foi construído um fluxograma demonstrando as possíveis rotas dos frutos da macaúba durante seu total processamento incluindo a produção de óleo a partir da polpa e da amêndoa. Foi calculada a energia equivalente dos subprodutos. Então, o próximo passo da pesquisa será calcular o custo energético em relação aos maquinários envolvidos durante o processamento de 300 kg de macaúba a fim de confrontar os custos e os ganhos de geração de óleo.

REFERÊNCIAS

- CARGNIN, A; JUNQUEIRA, N. T. V.; FOGAÇA, C. M. Potencial da Macaubeira como fonte de matéria-prima para produção de biodiesel. 1º edição. Planatina/DF: **Embrapa Cerrados**, 2008. 16p. (Documentos / Embrapa Cerrados, ISSN 1517-5111; 217).
- CARVALHO, F. M. **Influência da temperatura do ar de secagem e da utilização do ácido etilenodiaminotetracético na qualidade do óleo e caracterização do fruto de macaúba**. 2010. 130 f. Dissertação (mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, 2010.
- CICONINI, G. **Caracterização de frutos e óleo de polpa de macaúba dos biomas Cerrado e pantanal do estado de Mato Grosso do Sul**. 2012. 128 f. Dissertação (mestrado em biotecnologia) – Universidade Católica Dom Bosco. Campo Grade, MS, 2012.
- COSTA, D. A. N. **Estudo do processo de extração do óleo da macaúba (*Acrocomia Intumescens*)**. 2016. 84 f. Dissertação (mestrado). Programa de Pós-graduação em Engenharia Química – Universidade Federal de Alagoas. Maceió, AL, 2016.
- FARIAS, T. M. **Biometria e processamento dos frutos da macaúba (*Acrocomia sp*) para a produção de óleos**. 2010. 108 f. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas

Gerais – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química. Belo Horizonte, MG, 2010.

FILHO, J. S. **Estudo da gaseificação da torta do coco macaúba, lenha de eucalipto, lenha de café e do carvão vegetal e seu potencial energético para desidratação de frutas.** 2009. 97 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Alimentos. Itapetinga, BA, 2009.

MALODE, S. J. et al. Recent advances and viability in biofuel production. **Energy Conversion and Management: X**, [S. L.], v. 10, p. 100070, jun. 2021. Elsevier BV. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecmx.2020.100070>>.

MELO, P. G. **Produção e caracterização de biodieseis obtidos a partir da oleaginosa macaúba (*Acrocomia Aculeata*).** 2012. 93 f. Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Química – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, 2012.

MONTOYA, S. G. **Caracterização do desenvolvimento do fruto da palmeira macaúba.** 2013. 62 f. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Programa de Pós-Graduação em Fitotécnica, Viçosa, MG, 2013.

NUNES, A. P. **Estudo da macaúba (*Acrocomia Aculeata*) como fonte de energia sustentável e obtenção de insumo para o setor farmacêutico.** 2015. 111 f. Dissertação (mestrado)- Universidade Federal do Tocantins – Campus Universitário de Palmas. Palmas, TO, 2015.

PEREIRA, M. R. N. et al. Óleo de macaúba como alternativa para produção de biodiesel utilizando irradiação com micro-ondas. **XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química.** Florianópolis, SC, 2014.

PIRES, T. P. et al. Ecophysiological traits of the macaw palm: A contribution towards the domestication of a novel oil crop. **Industrial Crops and Products**, [S. L.], v. 44, p. 200-210, jan. 2013. Elsevier BV. Disponível em:<<http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.09.029>>.

QUEIROGA, V. P. et al. Tecnologias de plantio da macaubeira na região do Nordeste e Aproveitamento Energético. 1º edição. **R. A Barriguda: Revista Científica.** Associação da Revista Eletrônica a Barriguda. AREPB. Campina Grande. 2016. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/350100521>>. Acesso em: 15 de julho de 2021.

SOUZA, P. P. **Desenvolvimento de tecnologia de avaliação de vigor e para o armazenamento de sementes de macaúba (*Acrocomia Aculeata* (Jacq.) Lodd. Ex. Mart).** 2013. 46 f. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, 2013.

TEÓFILO, C. R. **Pirólise de torta de macaúba: influência dos parâmetros experimentais e caracterização dos produtos.** 2019. 133 p. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) – Universidade Federal de Lavras – Programa de Pós-graduação em Agroquímica. Lavras, MG, 2019.