

Avaliação da atividade antimicrobiana do óleo da macaúba (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex. Mart)

Evaluation of the antimicrobial activity of macaúba oil (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex. Mart)

DOI:10.34117/bjdv8n4-080

Recebimento dos originais: 28/03/2022

Aceitação para publicação: 04/04/2022

Raissa Sayumy Kataki Fonseca

Graduação

Instituição: Universidade do Estado do Amazonas

Endereço: Josué Claudio de Souza, n 299, bairro Japiim, Manaus-Amazonas

E-mail: raissa.sayumy@gmail.com

Leiliane do Socorro Sodré de Souza

Doutorado

Instituição: Universidade Federal do Amazonas

Endereço: Virgílio Freire, 140. Condomínio Eldorado Park, Torre Inka, 1202, bairro

Parque 10, Manaus-Amazonas

E-mail: leilianesodre@gmail.com

Anderson Mathias Pereira

Doutorado

Instituição: Universidade Federal do Amazonas

Endereço: Virgílio Freire, 140. Condomínio Eldorado Park, Torre Inka, 1202, bairro

Parque 10, Manaus-Amazonas

E-mail: ampereira.eng@gmail.com

RESUMO

Desde o início da civilização, o homem dedicou-se a aprender a cultivar e domesticar espécies de vegetais que pudessem ajudá-lo. A utilização de frutos para extração de óleos vegetais tem aumentado gradativamente e vem substituindo parte do consumo de gorduras animais. Os óleos vegetais são substâncias líquidas insolúveis em água, extraídas de plantas oleaginosas e muito utilizados por vários setores industriais. A macaúba é uma das palmeiras mais promissoras no Brasil como fonte de óleo para indústria farmacêutica, alimentícia e de combustíveis. Este trabalho teve como objetivo avaliar a potencialidade do óleo da polpa de macaúba como agente antimicrobiano. Para estudos, foram utilizados 30 frutos coletados na cidade de Parintins, comunidade Zé Açu, Amazonas. Foram realizadas análises biométricas do fruto, composição centesimal da polpa, determinação de características físico-químicas do óleo da polpa e avaliação de atividade antimicrobiana em difusão em ágar para *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* e *Candida albicans*, todas as análises foram realizadas seguindo normas oficiais. Os valores para as análises biométricas, composição centesimal e características do óleo encontram-se de acordo com a literatura. O óleo de macaúba apresentou atividade antimicrobiana positiva para *E. coli* e *C. albicans*, com diâmetros do halo de 34 mm e 60 mm, respectivamente, e não apresentou inibição frente a *S. aureus*. Este trabalho demonstrou que não há diferença elevada quanto as características fenotípicas dos frutos e propriedades físico-química da polpa. Quanto as características do óleo, notou-se que este possui grandes aplicações e tem sido alvo de frequentes estudos, apresentando alta potencialidade antimicrobiana, principalmente antifúngica para o micro-organismo utilizado.

Palavras-chave: macaúba, óleo, atividade antimicrobiana.

ABSTRACT

Since the beginning of the civilization, the man has been dedicated himself to learn to grown and domesticate certain species of vegetables that could help him. The utilization of fruits for the extraction of vegetable oils has been growing gradually and replacing a piece of the consumption of animal lard. The vegetable oil-based are insoluble liquid substances in water, extracted from oilseeds plants and highly used by several industrial departments. The macaúba promising palm tree in Brazil as oil source for the pharmaceutical industry, the food industry and fuel industry. This work has the goal of analyse the potential of the oil extracted from the macaúba pulp as ant mycobacterial instrument. For the studies were used 30 fruits collected in Parintins city, Zé Açú community, Amazonas. Were realize biometrical analysis of the fruit, the pulp centesimal composition, determination of the physic-chemical features of the oil extracted from the pulp and the evaluation of anti-mycobacterial activity diffusion in agar for *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* and *Candida albicans*, all analysis were realized following the official standards. The values for the biometrical analysis of the fruit, the pulp centesimal composition and the physic-chemical features are according to the literature. The macaúba oil show anti-mycobacterial activity for *E. coli* and *C. albicans*, with a halo diameter of 1,33 inches and 2,3 inches, respectively, and did not show inhibit for the *S. aureus*. This work showed the there is no big difference between the fruit phenotypic features and the pulp physic-chemical properties. About the oil characteristics, was note that the oil has been many applications and has been highly request for study and showing an antifungal potential for the microorganism used.

Keywords: macaúba, oil, anti-mycobacterial activity.

1 INTRODUÇÃO

Desde o início da civilização, o homem dedicou-se a aprender a cultivar e domesticar espécies de vegetais que pudessem ajudá-lo de alguma forma (NOVAES *et al.*, 2003). Atualmente, as espécies de vegetais oleaginosas estão sendo alvos de grandes estudos, principalmente no que tange a área de eficiência antimicrobiana (LOPES *et al.*, 2017) e produção de biocombustíveis. Além disso, a cadeia agroindustrial de oleaginosas atende uma variedade de mercados, dos quais os mais importantes são, a produção e o comércio de grãos, a produção de óleos vegetais e a produção de rações (FERREIRA *et al.*, 2013).

O consumo de óleos vegetais tem aumentado gradativamente e vem substituindo parte do consumo de gorduras animais. Mesmo tendo especificidades diferentes no que se refere às características químicas, os óleos vegetais e gorduras animais, concorrem entre si. A maioria desses óleos são utilizados em processos industriais e na alimentação humana e animal. Em razão do aumento do consumo, a produção, que pode ser obtida através de várias espécies vegetais, também tem se elevado (NUNES, 2007).

De acordo com Nunes (2013), os óleos vegetais são um dos principais produtos extraídos de plantas e grande parte desta produção é usada em produtos alimentícios. Para este segmento de mercado, são exigidas características específicas dos óleos, que para serem atendidas, é necessário

um processo de refino do óleo bruto e as aplicações dos óleos estão intimamente relacionadas com suas propriedades reológicas e de termoestabilidade. Ainda segundo o mesmo autor, a produção brasileira de óleos vegetais é bastante significativa, mas o uso na forma de biocombustíveis ainda é pequeno.

A macaúba é uma das palmeiras mais promissoras no Brasil como fonte de óleo para indústria farmacêutica, alimentícia e de combustíveis. Os frutos fornecem dois tipos de óleo economicamente importantes: óleo de polpa e óleo de amêndoa (CICONINI, 2012). O óleo da polpa de macaúba caracteriza-se pelo seu alto percentual de insaturação, tendo o ácido oléico como o componente majoritário (BHERING, 2009). Duarte (1998) afirma que a macaúba é melhor que o petróleo, devido sua imensa potencialidade, além de ser uma fonte renovável de energia. As formações nativas e plantações de macaúba captam CO₂ atmosférico, geram biomassa para enriquecimento do solo com matéria orgânica, e produzem combustíveis renováveis (DUARTE, 1998). Segundo SILVA (2013) o primeiro aspecto favorável à utilização da macaúba para extração de óleo é a capacidade que a fruta tem para gerar coprodutos, podendo ser aproveitados, além do óleo, os produtos da polpa, a amêndoa que se transforma em torta para alimentação do gado, e as fibras que se transformam em carvão de excelente qualidade.

O mundo está buscando formas de suprir a demanda por alternativas de produtos de interesse comercial que sejam totalmente aproveitados, proporcionando o desenvolvimento de sistemas e tecnologias mais eficientes, assim como a diversificação de fontes de suprimento, especialmente de energias limpas e renováveis, destacando-se os biocombustíveis (MASIERO & LOPES, 2008), sendo assim, a utilização do óleo da polpa macaúba torna-se uma promissora alternativa de matéria-prima, tendo em vida sua totalidade de subprodutos e potencial de extração de óleo vegetal, tanto para fins de utilização em indústrias químicas quanto para a utilização como agente antimicrobiano.

O uso de plantas como fonte de agentes antimicrobiano é predominante em países em desenvolvimento como uma solução alternativa para problemas de saúde, e está bem estabelecido em algumas culturas e tradições, especialmente na Ásia, América Latina e África (DUARTE *et al.*, 2007). O conhecimento da atividade antimicrobiana é importante para determinar o perfil biológico da planta e para estudos futuros que visam a obtenção de um novo fitoterápico ou mesmo um medicamento sintético produzido a partir de seus compostos (ROZATTO, 2012).

2 MATERIAL E MÉTODOS

A matéria-prima foi coletada no mês de outubro do ano de 2018, na cidade de Parintins, na comunidade Zé Açu, Amazonas. Os frutos foram transportados para Manaus de barco, em um isopor, devidamente congelada e levada diretamente para análises no Laboratório de Operações Unitárias e Fenômenos de Transporte da Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal

do Amazonas, localizada na Avenida General Rodrigo Otávio, 6200, Coroado I.

2.1 LAVAGEM E HIGIENIZAÇÃO DA MATÉRIA-PRIMA

Para as análises foram selecionados 30 frutos de forma aleatória, que foram primeiramente lavados em água corrente e com o auxílio de uma bucha foram retiradas as sujidades visíveis a olho nu. Em seguida, os frutos ainda com casca, foram deixados submersos em um recipiente com 1 litro de água e 1 colher de sopa de água sanitária durante 15 minutos para auxiliar na remoção de boa parte dos micro-organismos presentes na superfície, evitando a deterioração de polpa e nutrientes, e por fim foram lavados novamente em água corrente e deixados para secar em temperatura ambiente.

2.2 CARACTERIZAÇÃO BIOMÉTRICA DO FRUTO

Medições individuais dos diâmetros transversal e latitudinal foram realizados utilizando paquímetro Carbonografite de 0,02 mm. Em seguida, os frutos foram despulpados com faca de material inox e pesados individualmente, casca, polpa, amêndoa e coroa, em balança analítica SHIMASZU AY220, para esta caracterização foram utilizados 30 frutos.

2.3 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DA POLPA DA MACAÚBA

Para as análises da caracterização físico-químicas foram utilizadas metodologias de análise oficiais, realizadas em triplicatas, conforme descrições a seguir:

2.3.1 Umidade

Pesaram-se 2 gramas da amostra triturada em capsulas de porcelana previamente tarada, em seguida foram colocados em estufa com recirculação de ar constante a 105°C até peso constante, de acordo com a norma analítica AOAC 930.15, para determinar a umidade utilizou-se a Equação 1:

$$\frac{100 \times N}{p} = (\text{Eq.1})$$

Onde:

N= nº de gramas de umidade (perda de massa em grama).

P= nº de gramas da amostra.

2.3.2 Resíduos Minerais Fixos (Cinzas)

A determinação de cinzas consistiu na incineração das amostras em mufla a temperatura de 550°C, até a amostra virar cinza, segundo a norma AOAC 942.05. Foram utilizadas 3 gramas de

amostra. Para os valores percentuais de cinzas, utilizou-se a Equação 2:

$$\frac{100xN}{P} = \text{(Eq. 2)}$$

Onde:

N= nº de gramas de cinzas.

P= nº de gramas da amostra.

2.3.4 Proteínas

A proteína bruta foi determinada pelo método Kjeldahl 920.152 da AOAC (1990), utilizando aparelho de destilação de nitrogênio. O teor proteico foi calculado pela Equação 3 multiplicando o teor de nitrogênio por 6,25 (N = normalidade do ácido e da base).

$$\frac{Vx0,14xf}{P} = \text{(Eq. 3)}$$

Onde:

V = diferença entre o nº de mL de ácido sulfúrico 0,05 M e o nº de mL de hidróxido de sódio 0,1 M gastos na titulação.

P = nº de g da amostra.

f = fator de conversão.

2.3.5 Lipídeos

A determinação do teor de lipídeos foi feita pela extração em aparelho Soxhlet, utilizando o hexano como solvente orgânico. Foram utilizados 5 gramas de amostra e o tempo de extração deu-se até que o filtro com a amostra estivesse sem óleo, durando cerca de 4 horas. Após esta etapa, o balão contendo óleo+hexano foi levado para o rotoevaporador, para que fosse retirado o hexano. Em seguida os balões foram deixados em estufa a 70°C para evaporação do solvente residual. O desenvolvimento desta análise seguiu a metodologia AOCS Ba 3-38, para determinar o valor do lipídeo, utilizou-se a Equação 4.

$$\frac{100xN}{P} = \text{(Eq. 4)}$$

Onde:

N = nº de gramas de lipídios

P = nº de gramas da amostra

2.3.6 Determinação de fibra

Pesou-se 1g da amostra, previamente triturada e seca, adicionou-se solução ácida e houve a degradação de toda fibra solúvel e parcialmente de fibra insolúvel. Em seguida, ocorreu a digestão ácida e alcalina da amostra. O resíduo obtido caracteriza a fibra bruta, a qual foi lavada com água

destilada e álcool, seca em estufa, pesada e incinerada em mufla para eliminação de interferentes do resíduo mineral fixo (WILLIAMS *et al.*, 1935), para cálculos, utilizou-se a Equação 5.

$$\frac{100xN}{P} = \text{(Eq. 5)}$$

Onde:

N = n° de g de fibra.

P = n° de g da amostra.

2.3.6 Determinação de carboidrato

O conteúdo de carboidratos totais foi obtido pela diferença, ou seja, soma-se as porcentagens de umidade, proteínas, lipídeos e cinzas subtraídas de 100, conforme Equação 6. (ADOLFO LUTZ, 2008).

$$E = 100 - (A + B + C + D) \text{ (Eq. 6)}$$

A= umidade; B= cinzas; C= lipídeos; D=proteína

2.4 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DO ÓLEO

2.4.1 Índice de refração (I.R.)

O I.R. foi realizado segundo o método de Refratometria, usando refratômetro de bancada da marca Analytik Jane a 20°C, os resultados foram determinados utilizando a tabela do manual do próprio aparelho.

2.4.2 Índice de saponificação

Para o índice de saponificação, utilizou-se a metodologia Cd 3-25 da AOCS, que consistiu em pesar 0,5 gramas da amostra em erlenmeyer, misturar com solução hidróxido de potássio (KOH) e álcool etílico 95%, condensou-se a mistura por 2 horas, em seguida, titulou-se com HCl (0,5N) até obter coloração inicial, o índice de saponificação foi calculado usando a Equação 7.

$$I.S \text{ (mg KOH/g)} = \frac{(B-A) \times N(HCL) \times f(HCL) \times PM(KOH)}{m} \text{ (Eq. 7)}$$

Onde:

B = volume de HCl 0,5 N usado para titular o branco.

A = volume de HCl 0,5 N usado para titular a amostra.

N = normalidade da solução de HCl.

f= ator de correção do HCl.

PM= Peso molecular do KOH.

m = Massa da amostra em gramas.

2.4.3 Índice de acidez titulável

A determinação de acidez titulável foi realizada seguindo a metodologia da AOAC, pesou-se 0,5 g de amostra em erlenmeyer, em seguida, adicionou-se 62 mL da solução de tolueno e álcool isopropílico (1:1) e 2 gotas de fenolftaleína em álcool isopropílico, por fim, titulou-se a mistura homogeneizada com KOH (0,1 N). Para determinar o índice de acidez, utilizou-se a Equação 8.

$$I.A = \frac{Vol \times N(KOH) \times fc(KOH) \times PM(KOH)}{m} \quad (\text{Eq. 8})$$

Onde:

Vol= volume de KOH usado na titulação da amostra, mL.

N= normalidade da solução de KOH (0,1 N).

fc – fator de correção da solução de KOH.

PM= Peso molecular do KOH (56,1 g/mol).

m= massa da amostra em gramas.

2.4.4 Índice de éster

A determinação do índice de éster foi por meios da diferença entre o índice de saponificação (IS) e o índice de acidez (IA), de acordo com a Equação 9.

$$I.E = IS - IA \quad (\text{Eq. 9})$$

2.5 TESTE DE ATIVIDADE ANTIMICROBIANA

O teste de atividade antimicrobiana foi realizado no Laboratório do Grupo de Pesquisa de Química Aplicada a Tecnologia (QAT) da Universidade do Estado do Amazonas, onde fez-se testes para bactérias e fungos em difusão em ágar, com cepas padronizadas ATCC (American Type Culture Collection), cedidas pelo mesmo laboratório.

2.5.1 Bactérias

A bactérias gram positiva testada foi a *Staphylococcus aureus* e do grupo das gram negativas, usou-se cepas de *Escherichia coli*.

Foram utilizadas culturas bacterianas de 24h, incubadas em temperatura média entre 35 - 37°C. Após o crescimento das bactérias em seus respectivos meios de cultivo, foi feita uma suspensão em salina 0,85% até alcançar a marca 0,5 na escala de McFarland. As amostras foram semeadas, com auxílio de swab estéril, em ágar Mueller Hinton e poços foram feitos sobre a superfície do ágar. Em cada poço, foram pipetados 100 µL do óleo bruto obtido da macaúba. Como controle positivo, utilizou-se Cefalexina em diluição de 1mg/mL. As placas foram incubadas nas mesmas condições descritas anteriormente e, após 24h foi observado se houve formação de halos

de inibição.

2.5.2 Fungo

Para avaliar a atividade antifúngica, utilizou-se a *Candida albicans*, primeiramente o fungo foi cultivado em ágar Sabouraud, por 24 – 48h a 37°C. Em seguida, foi feita uma suspensão 0,5 na escala de McFarland em salina a 0,85%. Essa suspensão foi semeada, com auxílio de swab estéril, em placas de Petri contendo ágar Sabouraud e os poços foram feitos na superfície. Em cada poço foram pipetados 100 µL do extrato bruto de óleo de macaúba. Como controle positivo Cetoconazol a 1 mg/mL. A leitura para a *Candida albicans*, foi realizada após 48h de incubação a 37°C.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 CARACTERIZAÇÃO BIOMÉTRICA DO FRUTO

Os dados expressos na Tabela 1, referem-se à variação observada na análise dos 30 frutos selecionados. Diante do apresentado, observou-se variabilidade para todos os parâmetros avaliados.

Tabela 1. Caracterização biométrica do fruto da macaúba.

Parâmetros	Mínimo	Máximo	Média	Desvio
Comprimento transversal (mm)	34	39	37	0,13
Comprimento latitudinal (mm)	32	36	34	0,1
Peso total (g)	21,85	30,69	26,13	2,1
Peso da casca (g)	4,6	6,77	5,53	0,54
Peso da polpa (g)	6,87	14,45	10,15	1,5
Peso da amêndoa (g)	5,37	14,92	10,18	1,85
Peso da coroa (g)	0,187	0,23	0,2	0,03

Os valores para o comprimento transversal e latitudinal assemelham-se aos encontrados por Cinonini (2012), que em estudos de variações de fenótipos do fruto para macaúba encontrou para os biomas do cerrado e pantanal valores entre 36 e 45 mm para o diâmetro transversal e 34 e 41 mm para o latitudinal, respectivamente. O peso total dos frutos variou de 21,84 a 30,69 gramas, o mesmo encontrado por Cetec (1983) que foi de 30,01 g, e abaixo dos apresentados por Antoniassi *et al.* (2012), que em diferentes estudos encontrou os valores mínimos de 39,3 e 38,9 gramas. Já os valores de Cetec (1983) para casca, polpa e amêndoa foram de 26,1, 46,3, 7,4 gramas, respectivamente, assim como os demonstrados por Cinonini (2012), para os biomas do cerrado, que foram de 20,64, 47,86, 4,86 gramas e pantanal de 17,95, 51,26 e 6,76 gramas, demonstram que os

valores para casca e polpa, estão abaixo do encontrado em literatura, enquanto a média do peso da amêndoa, encontra-se acima. Não foram encontrados valores para comparação do peso da coroa.

Szpiz *et al.*, (1989) afirma que as características fenotípicas dos frutos estão relacionadas à disponibilidade de nutrientes no solo, o tempo que decorre entre a colheita do fruto e sua chegada ao laboratório para análise, além do efeito que poderá ser causado por diferença de variedades e de grau de maturação.

3.2. ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICA DA POLPA DA MACAÚBA

A composição centesimal de um alimento expressa de forma básica seu valor nutritivo, bem como a proporção de componentes que aparecem no alimento (MORETTO & FETT, 1998). Os resultados da avaliação da composição centesimal em base seca da polpa do fruto da macaúba estão apresentados na Tabela 2:

Tabela 2. Composição centesimal da polpa da macaúba.

Componentes	Resultados (%)
Umidade	45,22±0,44
Cinza	3,88±0,04
Lipídeos	25,74±0,14
Proteína	6,54±0,08
Carboidratos	18,78±0,61
Fibra bruta	10,37±0,18

Os valores de umidade expressos, apresentaram-se próximos aos valores de Aragão (2014), Lira *et al.* (2013) e ao encontrado na Tabela TACO (2011), de 44,27%, 45,86% e 41,5%, respectivamente, e abaixo do valor encontrado em estudos realizados por Ramos *et al.* (2008), que foi de 52,99%. Segundo Oliveira *et al.* (2009), a quantidade de umidade presentes no fruto influi nos níveis dos demais componentes. Esta característica favorece a conservação da polpa, porém pode dificultar os processos de extração, fato confirmado também por Ciconini (2011), que relatou que teve dificuldade na extração de óleo, para o valor de umidade de 46,6%.

O conteúdo em cinzas em uma amostra representa o conteúdo total de minerais e vem sendo utilizada frequentemente como critério na identificação de alimentos (ZAMBIAZI, 2010). O resultado obtido para a determinação de cinzas na polpa do fruto encontrou-se intermediário aos obtidos pela literatura, onde pode-se observar percentuais de 4,46 (ZANATTA, 2015), 3,22 (LIRA *et al.*, 2013), 2,45 (ARAGÃO, 2014) e 1,51 (RAMOS *et al.*, 2008).

Os resultados expressos para lipídios na polpa estão intermediários aos encontrados em literatura, visto que os valores encontrados possuem ampla dispersão, variando de 8,14 (RAMOS *et al.*, 2008) a 47,5% (ANTONIASSI *et al.*, 2012). Alguns autores também obtiveram resultados dispersos em suas análises, com valores de 14,32% (ZANATTA, 2015), 14,96% (ARAGÃO, 2014)

e 18,81% (SILVA, 2009). A variabilidade na quantidade de óleo obtidos a partir da polpa de macaúba, mostra a importância de estudos que trabalhem com coletas realizadas em diferentes lugares, a fim de identificar plantas que forneçam matérias-primas de maior qualidade e quantidade (CICONINI, 2010), e de acordo com Aragão (2014), a quantidade de lipídeos presente na polpa está relacionada com a maturação do fruto, assim como a quantidade de água e nutrientes disponíveis, temperatura e tamanho do fruto (AMARAL, 2007).

Os resultados de proteína bruta obtido neste estudo corroboram com os encontrados na literatura, de 6,81% (ARAGÃO, 2014), porém os dois valores encontram-se elevados, quando comparados com demais estudos disponíveis, de 1,27% (ZANATTA, 2015) e 1,5% (RAMOS *et al.*, 2008). O teor de carboidratos presente na polpa assemelha-se ao encontrado em literatura, de 18,19 % (LIRA *et al.*, 2013), porém, estão abaixo dos resultados obtidos por Rocha (2013) de 36,4%, Aragão (2014) de 31,51%, Zanatta (2015) de 39,37%. O valor de fibra de se assemelha ao encontrado por Ramos *et al.* (2008) de 13,76%, e estes valor são aproximados aos determinados em outros frutos oleaginosos, como o tucumã de 15,76% (BICHARA, 2007) e a pupunha de 15,78% (GALDINO & CLEMENTE, 2008).

De acordo com Cinonini (2010), as características centesimais podem influenciar nos coprodutos da macaúba, e as variações observadas nestes frutos podem ser decorrentes de fatores genéticos e condições ambientais, e a disponibilidade de água, temperatura, períodos de secas e alagamentos podem influenciar no desenvolvimento do fruto. E de acordo com os resultados obtidos, pode-se concluir que o fruto coletado na região amazônica se assemelha aos encontrados em outras regiões, variados em alguns parâmetros característicos do gênero.

3.3 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DO ÓLEO

Os parâmetros físico-químicos do óleo são fundamentais para saber a destinação correta do produto, visto que, de acordo com cada especificação, cada óleo possui um destino diferente (PEREIRA *et al.*, 2014), seja para a indústria química, farmacêutica ou alimentícia. Na Tabela 03 são apresentados os resultados das análises físico-químicas obtidos neste estudo para óleo da polpa de macaúba.

Tabela 3. Análises físico-químicas do óleo.

Análises físico-químicas	Resultados
Índice de refração (20°C)	1,45±0,02
Índice de saponificação (mg KOH ⁻¹)	244,552±2,23
Índice de acidez (mg KOH g ⁻¹)	5,75±0,34
Índice de éster	238,13±0,94

Os valores determinados neste trabalho para o índice de refração corroboram com os apresentados por Ciconini *et al.* (2010) de 1,46 e 1,48. Quanto ao índice de saponificação, os valores obtidos nas análises apresentaram-se acima ao encontrado em literatura, de 193,27 (SOUZA *et al.*, 2013) e 221 mg KOH g⁻¹ (CETEC, 1983), e também quando comparados a outras oleaginosas, como a soja, andiroba e a azeitona, com valores de 177,79, 193,84 e 208,01 mg KOH g⁻¹ respectivamente (SILVA, 2005; SANTOS *et al.*, 2016), ou seja, o óleo utilizado para esta análise possui alto teor de material saponificável, visto que, o índice de saponificação dos glicerídeos varia com a natureza dos ácidos graxos constituintes, quanto menor o peso molecular maior será o índice de saponificação (MORETTO & FETT, 1998).

Segundo a legislação brasileira, a acidez permitida para óleos brutos é em torno de 5 mg KOH g⁻¹ (BRASIL, 2005). A elevada acidez indica o desenvolvimento de reações hidrolíticas, com a produção de ácidos graxos livres, e conseqüentemente, de diglicerídeos, que ocorre devido à presença de água, temperatura e enzimas (CELLA *et al.*, 2002). Os valores de acidez encontrados neste estudo encontram-se acima ao encontrado em literatura que foram de 0,75 (SOUZA *et al.*, 2013), 1,06 (NUNES, 2013) e 4,03 mg KOH g⁻¹ (PEREIRA *et al.*, 2014). Para a indústria alimentícia e de fármacos, a elevada acidez compromete o processamento e a qualidade final do óleo, uma vez que provoca profunda modificação da fração lipídica, proporcionando alterações sensoriais (GÓMEZ-PINÓL & BORONAT, 1989). A acidez é diminuída durante o processo de refino do óleo, porém quanto maior a quantidade de ácidos graxos livres, maior será a perda durante este processo (PAUCAR-MENACHO *et al.*, 2007). Geralmente, o índice de acidez pode revelar formas incorretas de colheita dos frutos, amadurecimento e armazenamento impróprios, além de processos insatisfatórios de extração (SOUZA, 2013), de acordo com este parâmetro, o valor encontrado está no limite aceito pela legislação.

O índice de éster representa a quantidade de triglicerídeos presentes na amostra (SILVA, 2005), e os valores encontrados neste estudo apresentam-se acima dos disponíveis em literatura para outras oleaginosas, sendo de 191,97 para óleo andiroba, 177,66 para óleo soja e 179,61 para óleo de milho (SILVA, 2005). O óleo de macaúba analisado possui 97,10% de triglicerídeos, tornando-o uma potencial matéria-prima para transesterificação, sendo este uma especificação para produção de biodiesel.

3.4 ATIVIDADE ANTIMICROBIANA

Após incubação os halos foram medidos com paquímetro e resultaram nos valores apresentados na **Tabela 4**.

Tabela 4. Avaliação de atividade antimicrobiana em diferentes micro-organismos.

Micro-organismo	Halo (MM)
<i>Staphylococcus aureus</i>	NI*
<i>Escherichia coli</i>	34
<i>Candida albicans</i>	60

*Não inibiu

Diversos estudos mostram que os óleos, principalmente os essenciais apresentam efeito bactericida e bacteriostático contra variadas espécies de bactérias (POZZO *et al.*, 2011; FREIRE *et al.*, 2014; LOPES *et al.*, 2017) e antifúngica (ALMEIDA *et al.*, 2012; OLIVEIRA *et al.*, 2016).

Os valores verificados no presente estudo, apontam que o óleo de macaúba não possui efeito antibiótico para *S. aureus*, visto que não houve formação do halo em nenhum dos testes realizados (Figura 1), o mesmo apresentado por Santos *et al.* (2011) a partir de óleo essencial de limão, diferente do que ocorre em trabalho realizado por OLIVEIRA (2017), que apresentou crescimento do halo em 13,18 mm para extrato de flores da macaúba e SANTOS *et al.* (2011), para óleos essenciais de alho, cravo e orégano, com halos de 40mm, 11mm e 26mm, respectivamente.

Dorman e Deans (2000) relataram que a maioria dos óleos essenciais deve exercer efeito antimicrobiano, afetando a estrutura da parede celular bacteriana, desnaturando e coagulando proteínas. Além disso, os óleos essenciais podem também alterar a permeabilidade da membrana plasmática, causando a interrupção de processos vitais da célula, como transporte de elétrons, translocação de proteínas, fosforilação e outras reações, resultando na perda do controle quimiosmótico, levando a morte celular (LOPES *et al.*, 2017). Para a amostra controle de cefalexina, o encontrado em literatura para o tamanho do halo foi entre 29-37mm, o que não foi visto no experimento, de acordo com o Manual para Antibiógrama (2011), os principais fatores para o não funcionamento da amostra controle são: uso do limite máximo de repetições das cepas, o cultivo em temperatura inadequada ou erro de proporção da diluição.

Figura 1. Placas com *S. aureus* em meio próprio (A) e em suspensão (B) salina.



(A)

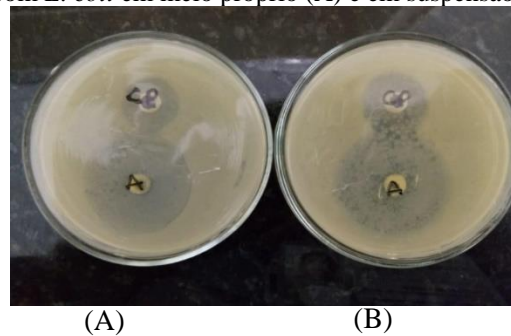
(B)

Fonte: Autor.

Para a *Escherichia coli*, o diâmetro apresentado foi de 34 mm (Figura 2), apresentando atividade bacteriostática, acima do encontrado por Oliveira *et al.* (2017), para extrato da flor de macaúba, no valor de 15,71 mm, demonstrando que a *E. coli* é sensível ao óleo e ao extrato da flor da macaúba, assim como para o óleo de cravo e orégano com diâmetros dos halos de 10,33mm e 23,7mm, respectivamente (SANTOS *et al.*, 2011).

As variações de inibição diferenciam por características nas composições dos óleos, causadas entre outros fatores, por mudanças de localização, variações sazonais e época de colheita, além disso, condições geológicas influenciam no perfil químico da planta, em resposta as condições ambientais, resultando em diferentes atividades biológicas. Observando os valores para *E. coli*, percebe-se a que há variados tamanhos de halos, comprovando os estudos realizados por Kamatou *et al.*, (2008), já para a amostra controle, segundo a literatura, esperava-se valores entre 15-21 mm, o que não foi apresentado, demonstrando que as cepas utilizadas neste experimento já se encontram resistentes a este antibiótico.

Figura 2. Placas com *E. coli* em meio próprio (A) e em suspensão (B) salina.

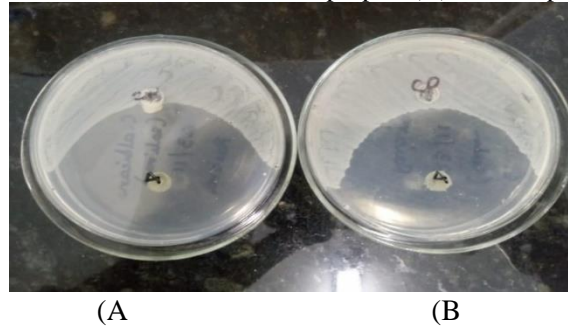


Fonte: Autor.

A ausência de crescimento fúngico diante do óleo de macaúba demonstra a sensibilidade das cepas de *Candida Albicans* (Figura 3). O valor do halo obtido neste experimento foi o maior dentre os analisados neste estudo, demonstrando que o óleo de macaúba possui melhor potencialidade antifúngica a antibiótica. Em estudos realizados por Almeida *et al.* (2012), também se observou este potencial para óleos de manjeriçã, palmarosa e tomilho. Assim como nos testes anteriores, houve crescimento de micro-organismo na amostra controle, sendo que de acordo com a literatura, o tamanho do halo deveria variar entre 30-40 mm. Nas últimas décadas, houve um aumento no número de infecções fúngicas, especialmente em pacientes com baixa imunidade ou em tratamento prolongado com antibióticos, e a *Candida albicans* é principal causador da candidíase (AHMAD *et al.*, 2011). A ocorrência de casos de resistência dessa levedura a antifúngicos vem fazendo com que o gênero *Cândida* seja objeto cada vez mais frequente de estudos relacionados à atividade antimicrobiana (AHMAD *et al.*, 2011; DUARTE *et al.*, 2005; ALMEIDA *et al.*, 2008). Diante disto, pesquisas de novas substâncias capazes de inibir contaminações por este fungo ou até

melhorar a ação dos antifúngicos comumente usados em clínicas, é um caminho promissor contra a resistência e na redução das limitações do tratamento convencional com antifúngicos já existentes (ZUZARTE *et al.* 2012).

Figura 25. Placas com *C. albicans* em meio próprio (A) e em suspensão (B) salina.



Fonte: Autor.

4 CONCLUSÃO

Este trabalho demonstrou que não há diferença elevada quanto as características fenotípicas no tamanho dos frutos e propriedades físico-química da polpa de macaúba encontrados nas regiões amazônica e nos demais locais mencionados, sendo que este fruto, comprovadamente apresenta grande variabilidade de tamanho mesmo com a ocorrência em lugares próximos, ou seja, suas características biométricas são amplas.

Quanto as propriedades do óleo, nota-se que o óleo da polpa tem grandes aplicações, e tem sido alvo de frequentes estudos para produção de biodiesel, visto que este possui em sua composição 97,10 % de éster, fator essencial para este tipo de processamento.

Além disso, pode-se observar a grande potencialidade antifúngica do óleo para *Candida Albicans*, fator de grande importância para a indústria médica e farmacêutica, levando em consideração que nas últimas décadas a resistência de fungos tem se tornado um problema de saúde pública, e observou-se ainda, atividade bacteriostática para *E. coli*.

A macaúba é uma palmeira com 100% de aproveitamento, rica em diversos nutrientes e de pouca ou nenhuma utilização na região amazônica, sendo assim, mais estudos devem ser realizados a fim de encontrar mais benefícios que esse vegetal pode proporcionar, assim como novas formas de aproveitamento.

Comprovado alta atividade antifúngica para *C. albicans*, estudos sobre a aplicação deste óleo para os outros fungos e a Concentração Mínima Inibitória devem ser realizados.

REFERÊNCIAS

- AHMAD I. & BEG A.Z. **Antimicrobial and phytochemical studies on 45 Indian plants against multi-drug resistant human pathogens**. 2011. J. of Ethnopharmacol. 74: 113-123.
- ALMEIDA RS, BRUNKE S, ALBRECHT A, THEWES S, LAUE M, EDWARDS JE, ET AL. **The hyphal- associated adhesion and invasion Als3 of *Candida albicans* mediates iron acquisition from host ferritin**. PLoS Pathog. 2008.
- ALMEIDA, L. F.D.; CAVALVANTE, Y.W.; CASTRO, R.D.; LIMA E. O. **Atividade antifúngica de óleos essenciais frente a amostras clínicas de *Candida albicans* isoladas de pacientes HIV positivos**. Revista Brasileira Médica. Botucatu, v.12, n.4, 649-655p, 2012.
- AMARAL, F. P. **Estudo das características físico-químicas dos óleos da amêndoa e polpa da macaúba [*Acrocomia aculeata* (jacq.) Lodd. ex mart]**. 2007. 52f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Área de Concentração em Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas da Unesp, Botucatu, 2007.
- ANDRADE, M. H. C.; VIEIRA, A. S.; AGUIAR, H. F.; CHAVES, J. F. N.; NEVES, R. M. P. S.; MIRANDA, T. L. S.; SALUM, A. **Óleo do Fruto da Palmeira Macaúba Parte I: Uma Aplicação Potencial Para Indústrias de Alimentos, Fármacos e Cosméticos**. In: II ENBTEQ - Encontro Brasileiro sobre Tecnologia na Indústria Química / III Seminário ABIQUIM de Tecnologia, 2006, São Paulo. Anais do II ENBTEQ - Encontro Brasileiro sobre Tecnologia na Indústria Química. São Paulo: ABEQ, 2006. v. 1.
- ANTONIASSI, R; JUNQUEIRA, N. T. V.; MACHADO, A. F. F.; CONCEIÇÃO, L. C. S.; DUARTE, I. D. **Variabilidade de genótipos de macaúba quanto às características físicas de fruto e rendimento em óleo**. Revista fruticultura. Bento Gonçalves: 2012.
- AOAC - Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis of the Association of the Analytical Chemists**. 16th ed. Washington, 1990.
- AOCS. **Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists Society**. 5. ed. Champaign, v. 1-2, 2004.
- CETEC. **Produção de combustíveis líquidos a partir de óleos vegetais: relatório final do Convênio STI- MIC / CETEC**. Vol. 1 e 2. CETEC. Belo Horizonte, 1983.
- CETEC-MG: Centro Tecnológico de Minas Gerais / Ministério Indústria e Comércio - TI. **Produção de combustíveis líquidos a partir de óleos vegetais**. Série Documentos, n. 16. 1985. 364p.
- CICONINI, G. **Caracterização de frutos e óleo de polpa de macaúba dos biomas Cerrado e Pantanal do estado de Mato Grosso do Sul, Brasil**. 2012. 128 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Biotecnologia, Universidade Católica Dom Bosco, Campo Grande, 2012.
- DORMAN, H. J. D.; DEANS, S. G. **Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of**

- plant volatile oils. Journal of Applied Microbiology**, Oxford, v. 88, n. 2, p. 308-316, 2000.
- DUARTE, M.C. et al. Anti-Candida activity of brazilian medicinal plants. *Journal of Ethnopharmacology*, v. 97, p. 305-311, 2005.
- DUARTE, M.C.T.; LEME, E.E.; DELARMELINA, C.; SOARES, A.A.; FIGUEIRA, G.M.; SARTORATTO, A. **Atividade de óleo essencial de plantas medicinais para *Escherichia coli***. *Journal of Ethnopharmacology*, v. 111, n. 2, p. 197-201, 2007.
- GÓMEZ-PIÑOL, J. M.; BORONAT, M. C. de la T. Influencia de la tecnología en nutritivo de los alimentos: lípidos. *Alimentaria*, v. 204, p. 15-21, 1989.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 1ª ed. São Paulo. 2008.
- KAMATOU, G. P. P. et al. South African *Sálvia* species: a review of biological activities and phytochemistry. *Journal of Ethnopharmacology*, Lausanne, v. 119, n. 3, 644- 672p, 2008.
- LIRA, F. F.; MACHADO, W.; SANTOS, J. V. D.; TAKAHASHI, S. A.; GUIMARÃES, M. F.; LEAL, A. C. **Avaliação da composição centesimal de frutos de macaúba. In: Simpósio de Bioquímica e Biotecnologia**. 3. Anais. Londrina, 2013.
- LOPES, R. P.; PARREIRA, L. A.; MENINI, L. **Estudo da atividade antimicrobiana dos óleos essenciais de alfavaca (*Ocimum gratissimum*) e hortelã (*Mentha x villosa*)**. 2017. XXI Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, XVII Encontro Latino Americano de Pós-Graduação e VII Encontro de Iniciação à Docência – Universidade do Vale do Paraíba.
- MANUAL PARA ANTIBIOGRAMA. **Difusão em Disco (Kirby & Bauer)**. 2011. Revista Laboclin. Setor Técnico da Laborclin. 29p.
- MASIERO, G.; LOPES, H. **Etanol e biodiesel como recursos energéticos alternativos: perspectivas da América Latina e da Ásia**. *Rev. bras. polít. int.* [online]. 2008, vol.51, n.2, pp.60-79. ISSN 0034-7329. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-73292008000200005>. Acesso em: 23 de nov de 2018.
- NUNES, Â. A. **Óleo da polpa de macaúba (*Acrocomia aculeata* (jacq.) Lood. Ex mart.) Com alta qualidade: processo de refino e termoestabilidade**. 2013. 126f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) – Universidade Católica Dom Bosco. Campo Grande, 2013.
- NUNES, S P. **Produção e consumo de óleos vegetais no brasil**. 159. ed. São Paulo: Deser, 2007.
- OLIVEIRA, A I T. **Bioprospecção das atividades biológicas de palmeiras (arecaceae) nativas do estado do Tocantins e estudos químicos de compostos ativos contra patógenos humano**. 2017. 76 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Doutorado em Biodiversidade e Biotecnologia – Rede Bionorte, Universidade Federal de Tocantins, Palmas, 2017.
- OLIVEIRA, A. L. S.; TORRES, M. A. FREIRE, S. J.; PEREIRA, T. B.; SANTOS, T.F.; SILVA, V. O.; AZEVEDO, L. C. **Caracterização físico-química da macaúba cultivada no sertão**

pernambucano. In Congresso de pesquisa e inovação da rede norte e nordeste de educação tecnológica, 4. 2009. Belém. Instituto Federal do Pará.

OLIVEIRA, L.B.S.; BATISTA, A.H.M.; FERNANDES, F.C.; SALES, G.W.P.; NOGUEIRA, N.A.P. **Atividade antifúngica e possível mecanismo de ação do óleo essencial de folhas de *Ocimum gratissimum* (Linn.) sobre espécies de *Candida***. Revista Brasileira Médica. Campinas, v.18, n.2, 511-523p, 2016.

OLIVEIRA, W. F.; CARDOSO, W. M.; MARQUES, L. R.; SALLES, R. P.; C.; AGUIAR FILHO, J.B.; TEIXEIRA, R. S. C.; ROMÃO, R. S. C.; LIMA, A. C. P. **Utilização de diferentes meios de cultura para isolamento de enterobactérias em amostras fecais de frango de corte procedentes de exportação industriais do Estado do Ceará, Brasil**. Revista portuguesa de

PAUCAR-MENACHO, L. M., SILVA, L. H., SANT'ANA, A. DE S. & GONÇALVES, L. A. G. (2007). **Refino de óleo de farelo de arroz (*Oriza sativa* L.) em condições brandas para preservação do γ -orizanol**. Ciência e Tecnologia de Alimentos, 27, 45-53.

PEREIRA, M R N; VALÉRIO, P P; C, CREN, E. ANDRADE, M. H. C. **Óleo de macaúba como alternativa para produção de biodiesel utilizando irradiação com micro-ondas**. In: XX CONCREGO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA, 30, 2014, Florianópolis. Congresso. Florianópolis: Conference Paper, 2014. p. 150 – 158

POZZO, M; VIEGAS, J.; SANTURIO, D. F.; ROSSATO, L.; SOARES, I. H.; ALVES, S. H.; COSTA, M. M. **Atividade antimicrobiana de óleos essenciais de condimentos frente a *Staphylococcus* spp isolados de mastite caprina**. Revista Santa Maria, Santa Maria, v. 15, n. 3, p.127-135, fev. 2011.

RAMOS, M. I. L.; RAMOS FILHO, M. M.; HIANE, P. A.; BRAGA NETO, J. A.; SIQUEIRA, E. M. A. **Qualidade nutricional da polpa de bocaiúva *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lood**. In: Scielo Ciência e Tecnologia de Alimentos. São Paulo: Campinas. p. 28, 90, 94. 2008

SANTOS, A S M. **Da agricultura produtiva e confiante a pecuária dominante: mudanças no uso do solo em uma microbacia hidrográfica em Parintins**. 2013. 54 f. TCC (Graduação) - Curso de Licenciatura em Geografia, Universidade do Estado do Amazonas, Parintins, 2013.

SANTOS, A S. **Estudo químico e atividade antimicrobiana da macaúba e dos seus endofíticos**. 2015. 74 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Química – Ppgq, Universidade Federal do Alagoas, Maceió, 2015.

SANTOS, C. S.; CARVALHO FILHO, C. D.; BARROZ, T. F.; GUIMARÃES, A. G. **Atividade antimicrobiana in vitro dos óleos essenciais de orégano, alho, cravo e limão sobre bactérias patogênicas isoladas de vôngole**. Semana: Ciências Agrárias, Londrina, v. 32, n. 4, 1557-1564, 2011.

SILVA, C L M. **Obtenção de ésteres etílicos a partir da transesterificação do óleo de andiroba**

com etanol. 2005. 78 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Química – Ppgq, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

SOUZA, F G; RODRIGUES, F M; SILVA, L G. ROGUIDRES, S. M. **Extração artesanal e caracterização do óleo de macaúba (*Acrocomia aculeata*) em dois estágios de maturação. Enciclopédia Biosfera**, Tocantins, v. 16, n. 9, p.1188-1195, jul. 2013.

WILLIAMS, R. D.; OLMSTED, W. H. A biochemical method for determining indigestible residue (crude fiber) in feces: lignin, cellulose, and non-water-soluble hemicelluloses. *Journal of Biological Chemistry*, v. 108, n. 3, p. 653-666, Mar. 1935.

ZAMBLAZI, R. C. Análise físico-química de alimentos. Pelotas: Editora Universitária/UFPEL, 2010

SZPIZ, R. R.; LAGO, R. C. A.; JABLONKA, F. H.; PEREIRA, D. A. **Óleos de macaúba: uma alternativa para a oleoquímica**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CTAA, 1989. p.1-10 (EMBRAPA-CTAA. Comunicado técnico, 14).

ZUZARTE, M. et al. **Antifungal activity of phenolicrich *Lavandula multifida* L. essential oil. European Journal of Clinical Microbiology & Infectious Diseases**, v. 31, p. 1359-1366, 2012.