

Artigo

Óleo de Buriti: Índice de Qualidade Nutricional e Efeito Antioxidante e Antidiabético

Oliveira, R. M. M.;* Pereira, F. T.; Pereira, E. C.; Mendonça, C. J. S.

Rev. Virtual Quim., 2020, 12 (1), 2-12. Data de publicação na Web: 28 de janeiro de 2020

<http://rvq.sbq.org.br>

Buriti Oil: Nutritional Quality Index and Antioxidant and Antidiabetic Effect

Abstract: Buriti (*Mauritia flexuosa*) is a palm tree native to Brazil and the oil extracted from its fruit is used as a food and for medicinal purposes by the local population. The aim of this study was to analyze the physical, chemical, and biological characteristics of buriti oil from fruits collected in the Cerrado of Maranhão. The physicochemical parameters were analyzed according to American Oil Chemists' Society standard methods. The lipid profile and the nutritional quality indexes were determined based on the fatty acid composition obtained by gas chromatography/mass spectrometry. The levels of bioactive compounds were determined by electronic spectroscopy, and the effects of free antiradicals and antidiabetics were evaluated *in vitro* using the superoxide radicals and enzymatic methods with α -amylase, respectively. The buriti oil showed good physicochemical and nutritional qualities; a high content of unsaturated fatty acids and total carotenoids; and antioxidant and antidiabetic effects at low oil concentrations. These biological results and the nutritional quality indexes are unpublished data for buriti oil. Therefore, this oil potentially can be identified and used as a food ingredient and for the development of new products.

Keywords: *Mauritia flexuosa*; nutritional quality index; antioxidant; antidiabetic.

Resumo

O Buriti (*Mauritia flexuosa*) é uma palmeira nativa do Brasil e o óleo extraído do fruto é utilizado como alimento e para fins medicinais por populações locais. O objetivo deste estudo foi analisar as características físicas, químicas e biológicas do óleo de buriti dos frutos coletados no Cerrado maranhense. Os parâmetros físico-químicos foram analisados conforme os métodos padrão da *American Oil Chemists' Society*. O perfil lipídico e os índices de qualidade nutricional foram determinados a partir da composição de ácidos graxos obtida por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas. O teor de compostos bioativos foram determinados por espectroscopia eletrônica e os efeitos antioxidantes e antidiabético foram avaliados *in vitro* usando radicais superóxido e o método enzimático com α -amilase, respectivamente. O óleo de buriti mostrou boa qualidade físico-química e nutricional, alto teor de ácidos graxos insaturados e carotenoides e efeitos antioxidante e antidiabético em baixas concentrações do óleo. Estes resultados biológicos e os índices de qualidade nutricional são dados inéditos para o óleo de buriti. Portanto, este óleo pode ser potencialmente identificado e usado no uso como ingrediente alimentar e para o desenvolvimento de novos produtos.

Palavras-chave: *Mauritia flexuosa*; índices de qualidade nutricional; antioxidante; antidiabético.

* Universidade Federal do Maranhão, Departamento de Ciência e Tecnologia, Campus de Balsas, Avenida dos Portugueses, 1966, CEP: 65080-805, Vila Bacanga, São Luís - MA, Brasil.

 reginamendes12@gmail.com
DOI: [10.21577/1984-6835.20200002](https://doi.org/10.21577/1984-6835.20200002)

Óleo de Buriti: índice de qualidade nutricional e efeito antioxidante e antidiabético

Fernanda T. Pereira,^a Efraim C. Pereira,^a Cáritas de J. S. Mendonça,^b
Regina M. Mendes Oliveira^{a*}

^a Universidade Federal do Maranhão, Coordenação de Ciência e Tecnologia, Campus Balsas, Avenida dos Portugueses, 1966, CEP: 65080-805, Vila Bacanga, São Luís - MA, Brasil.

^b Universidade Federal do Maranhão, Departamento de Química, Núcleo de Combustíveis, Catalise e Ambiental, Campus Dom Delgado, Avenida dos Portugueses, 1966, CEP: 65080-805, Vila Bacanga, São Luís - MA, Brasil.

*reginamendes12@gmail.com

Recebido em 11 de agosto de 2019. Aceito para publicação em 18 de outubro de 2019

1. Introdução

2. Materiais e Métodos

- 2.1. Extração do óleo
- 2.2. Análises físico-químicas
- 2.3. Perfil lipídico e nutricional
- 2.4. Perfil nutricional
- 2.5. Determinação de compostos bioativos
- 2.6. Avaliação da atividade antioxidante
- 2.7. Análise da atividade antidiabética
- 2.8. Análise estatística

3. Resultados e Discussão

- 3.1. Rendimento e características físico-químicas do óleo
- 3.2. Perfil lipídico e nutricional
- 3.3. Compostos bioativos
- 3.4. Efeito do óleo frente ao radical superóxido à enzima α -amilase

4. Conclusão

1. Introdução

A preservação da natureza e a exploração racional dos recursos naturais são ações essenciais para o desenvolvimento sustentável de um país. O Brasil possui uma ampla diversidade de espécies vegetais, a qual corresponde a cerca de 20 %

da biodiversidade mundial,¹ cujo patrimônio é considerado uma importante fonte de substâncias biologicamente ativas com grande potencial para a manutenção da saúde e tratamento de doenças.^{2,3}

O Cerrado, segundo maior bioma brasileiro em área, concentra cerca de 5 % da flora e da fauna mundial e se encontra mais ameaçado que a região amazônica no que se refere à expansão não

controlada do agronegócio.^{4,5} Dentre as plantas nativas do Cerrado, o Buriti (*Mauritia flexuosa*) destaca-se por sua significativa importância sócio-econômica e ambiental,^{6,7} e é comumente encontrado nas veredas em regiões próximas às nascentes e brejos. Mas, mesmo estando presente em áreas de preservação permanente, de acordo com o Código Florestal brasileiro (Lei nº 12.651/12),⁸ ações antrópicas nas veredas, nascentes e riachos têm ocasionado a morte das palmeiras de buriti,^{7,9} comprometendo as novas gerações da espécie.

Embora o extrativismo, em geral, ainda seja considerado de importância econômica secundária no país,¹⁰ agregar valor aos produtos do buriti pode contribuir com a renda de comunidades rurais e ajudar a preservar a espécie. Um estudo de caso realizado por Carvalho¹¹ mostra que a implementação de medidas de apoio e estímulo à agricultura familiar e à qualificação e diversificação das formas de produção pode efetivamente contribuir para solucionar questões relacionadas à perda da biodiversidade do Cerrado e aos impactos ambientais e promover benefícios sociais e econômicos às comunidades locais.

Nos últimos anos, o óleo de buriti tem despertado o interesse das indústrias alimentícia e cosmética em razão das suas propriedades antibacteriana, cicatrizante e fotoprotetora.¹²⁻¹⁵ No entanto, ainda não há estudos do seu efeito frente ao radical superóxido, uma espécie reativa de oxigênio produzida em sistemas vivos de função importante nos processos de mutagênese e carcinogênese,¹⁶ e à α -amilase, uma enzima que possui papel chave no sistema digestivo e no controle da diabetes.¹⁷ Além disso, pesquisas relacionadas aos frutos nativos provenientes do cerrado maranhense e suas potencialidades são escassas na literatura. Segundo Cândido e Silva,¹⁸ a região de origem pode influenciar nas características físicas e na composição química dos frutos do buriti, reforçando a necessidade de estudos científicos sobre frutos nativos de diferentes regiões produtoras.

Portanto, este estudo tem por objetivo analisar as características físico-químicas, os índices de qualidade nutricional, de bioativos e o efeito antioxidante e antidiabético do óleo de buriti, visando tornar acessível informações relacionadas ao potencial químico e biológico do óleo do buriti proveniente da região do cerrado maranhense.

2. Materiais e Métodos

2.1. Extração do óleo

O óleo de buriti foi extraído de frutos maduros colhidos no mês de janeiro de 2018 de diversas palmeiras situadas em três povoados (Brejo de Cima, Palestina e Salobro) no município de Balsas-MA (Latitude 7°31'59", Longitude 46°2'6", altitude de 243 metros), na mesorregião do cerrado maranhense. A extração foi realizada por meio de método artesanal, em que a mistura de polpa e água destilada, na proporção 2:1 (m/v), foi aquecida a 70 ± 1 °C por 15 minutos, sob agitação periódica, seguida de duas horas de repouso à temperatura ambiente. Subsequentemente, o material sobrenadante foi coletado e centrifugado a 4.000 rpm/5 min (marca Nova, modelo NI1811-A) e o óleo extraído foi armazenado em recipiente de vidro âmbar e mantido sob refrigeração a 10 °C até o momento das análises. O rendimento percentual do óleo foi calculado pela Equação (1):

$$\text{Óleo (\%)} = (\text{massa do óleo} / \text{massa da polpa}) \times 100 \quad (1)$$

2.2. Análises físico-químicas

A análise físico-química do óleo consistiu na determinação da densidade relativa, do índice de refração, do índice de acidez, do teor de ácidos graxos livres e do coeficiente de extinção específica em 232 e 270 nm. Todas as análises foram realizadas em triplicata, seguindo os métodos padrão descritos pela *American Oil Chemists' Society*.¹⁹ Todos os reagentes utilizados nas análises foram de grau de pureza analítica. Os espectros de absorção foram obtidos em um espectrofotômetro UV-5100S, usando cubetas de quartzo de 1 cm de comprimento.

2.3. Perfil lipídico e nutricional

Após o processo de saponificação e esterificação do óleo, realizados de acordo com o método descrito por Hartman e Lago,²⁰ as amostras foram analisadas em duplicata, em um cromatógrafo a gás (modelo CG-2010; Shimadzu) acoplado ao espectrômetro de massas (modelo CG-EM QP2010 Plus; Shimadzu), utilizando uma coluna capilar ZB-FFAP (30m x 0,25mm x 0,25 μ m). O fluxo de gás de arraste, Hélio (99,999999 %) em

uma velocidade linear de 30 cm/sec e fluxo da coluna 1,0 mL/min. A programação do forno foi: 120 °C por 2 min com rampa de aquecimento de 10 °C/min até 180 °C e permaneceu por 5 min, sendo aquecido novamente com uma taxa de 5 °C/min até 230 °C, permanecendo até 25 min. As temperaturas do injetor e da fonte de íons foram 200 e 250 °C, respectivamente, e o modo de injeção Split com razão de 1/50. A quantificação foi realizada por normalização das áreas dos picos, e a identificação por meio da biblioteca do equipamento NIST08 (*National Institute of Standards and Technology*).

2.4. Perfil nutricional

A qualidade nutricional do óleo foi avaliada qualitativamente pelos dados de composição em ácidos graxos, com base nos índices de aterogenicidade (IA) e trombogenicidade (IT), calculados a partir das Equações (2) e (3),²¹ respectivamente, e na razão entre ácidos graxos hipocolesterolêmicos e hipercolesterolêmicos (HH), Equação (4).²²

$$IA = \frac{[(C12:0 + (4 \times C14:0) + C16:0)]}{(\Sigma AGMI + \Sigma \omega 6 + \Sigma \omega 3)} \quad (2)$$

$$IT = \frac{(C14:0 + C16:0 + C18:0)}{[(0,5 \times \Sigma AGMI) + (0,5 \times \Sigma \omega 6) + (3 \times \Sigma \omega 3) + (\Sigma \omega 3 / \Sigma \omega 6)]} \quad (3)$$

$$HH = \frac{(C18:1cis9) + C18:2\omega 6 + C20:4\omega 6 + C18:3\omega 3 + C20:5\omega 3 + C22:5\omega 3 + C22:6\omega 3}{(C14:0 + C16:0)} \quad (4)$$

onde AGMI corresponde aos ácidos graxos monoinsaturados.

2.5. Determinação de compostos bioativos

Os carotenoides totais e o β -caroteno foram quantificados por espectrofotometria ultravioleta/visível de acordo com os métodos padrão descritos na literatura.^{19,23} Para determinação do teor total de carotenoides, as amostras de óleo foram solubilizadas em éter de petróleo e as medidas espectrofotométricas foram realizadas na faixa de 350 a 800 nm. Para quantificação do β -caroteno, o óleo foi saponificado com a adição de uma solução a 10 % de hidróxido de potássio em metanol na proporção de 1:1 em relação ao volume do extrato (óleo dissolvido em éter de petróleo). Após repouso durante 12 horas à temperatura

ambiente, a mistura foi submetida a lavagens sucessivas com água no funil de separação e depois foi adicionado sulfato de sódio anidro para remover a água residual. O β -caroteno, de cor laranja, foi separado com o uso de uma solução a 5 % de acetona em éter de petróleo. A acetona foi então removida com lavagens sucessivas com água no funil de separação, seguida pela adição de sulfato de sódio anidro e subsequente leitura das absorbâncias. O teor de carotenoides foi calculado usando a Equação (5), e os resultados expressos em μ g de β -caroteno/g de óleo.

$$\text{Carotenoides totais ou } \beta\text{-caroteno (}\mu\text{g/g)} = (A \times V \times 10^4) / (E_{1\%}^{1\text{cm}} \times P) \quad (5)$$

onde A = Absorbância; V = volume total do extrato (mL); P = peso da amostra (g); $E_{1\%}^{1\text{cm}} = 2592$ (coeficiente de extinção β -caroteno em éter de petróleo).

Quantificações de flavonoides totais e antocianinas foram realizadas pelo método descrito por Francis.²⁴ 0,5 g de óleo de buriti foram pesados em um balão volumétrico de 25 mL e o volume foi preenchido com uma solução contendo etanol 95 % e ácido clorídrico 1,5 N na proporção 85/15 (v/v). O material permaneceu por 12 horas sob refrigeração, em repouso e protegido da luz. As leituras de absorbância do filtrado foram feitas em 374 e 535 nm para determinação de flavonoides totais e antocianinas, respectivamente. Os resultados expressos em mg de cianidina/g de óleo foram calculados usando a Equação (6), considerando o coeficiente de extinção da cianidina-3-glicosídeo ($E_{1\%}^{1\text{cm}} = 98,2$).

$$\text{Flavonoides totais ou antocianinas (mg/g)} = (\text{absorbância} \times \text{fator de diluição}) / 98,2 \quad (6)$$

2.6. Avaliação da atividade antioxidante

Neste estudo, os radicais superóxido, $O_2^{\bullet-}$, foram gerados *in vitro* conforme método descrito por Winterbourn,²⁵ em que a 2 mL de tampão fosfato (0,067 mol/L, pH 7,8), contendo metionina (0,01 mol/L), nitroblue tetrazólio (46 μ M) e riboflavina (3,3 μ M), adicionou-se o óleo de buriti em diferentes concentrações (0 – 6,15 mg/mL), previamente dissolvido em dimetilsulfóxido a 1 %. Em seguida, o sistema foi incubado a 30 °C

por 10 min, irradiado com luz fluorescente por 3 min, e a leitura das absorbâncias (A_i) realizada em um espectrofotômetro em 560 nm. O controle corresponde ao ensaio sem a amostra e que não foi irradiada com luz, cuja absorbância é A_c . A porcentagem de inibição de $O_2^{\cdot-}$ pelo óleo foi calculada pela Equação (7):

$$\text{Inibição (\%)} = [(A_c - A_i) / A_c] \times 100 \% \quad (7)$$

Da curva de log da concentração do óleo (em mg/mL) versus a porcentagem de inibição obteve-se o valor de IC_{50} , ou seja, a concentração do óleo que inibe em 50 % a formação de $O_2^{\cdot-}$.

2.7. Análise da atividade antidiabética

O ensaio foi realizado conforme método descrito por Ali *et al.*,²⁶ com algumas alterações. A α -amilase de saliva humana tipo XI (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA) foi dissolvida em tampão fosfato salino (PBS, 0,02 mol/L, pH 6,8) a uma concentração de 0,1 mg/mL. Em seguida, 250 μ L do óleo, previamente dissolvido em dimetilsulfóxido a 1 %, em diferentes concentrações (29,6 a 88,7 mg/mL) foi misturado com 500 μ L da solução de α -amilase e incubado a 37 °C por 10 min. Posteriormente, foi adicionado 250 μ L da solução de amido a 1,0 % (m/v), incubado a 37 °C e após 10 min a reação foi parada com a adição 500 μ L do reagente DNS (ácido dinitrosalicílico a 1 %, sulfito de sódio a 0,05 % e hidróxido de sódio a 1 %). Na sequência, aqueceu-se o conjunto a 100 °C durante 5 min e, após o resfriamento à temperatura ambiente, adicionou-se 750 μ L de água destilada e a leitura das absorbâncias foi realizada em um espectrofotômetro em 540 nm. A porcentagem de inibição da enzima pelo óleo foi calculada pela Equação (7), onde A_c corresponde à absorbância do controle da enzima, subtraída do branco do substrato (amido) e A_i corresponde à absorbância da amostra subtraída do branco da amostra (óleo de buriti).

2.8. Análise estatística

As análises foram realizadas em triplicata e os resultados submetidos à análise de variância; e as médias das triplicatas foram comparadas pelo teste de Bonferroni,²⁷ utilizando o *software* estatístico GraphPad Prism 7.0, com intervalo de confiança de 95 % ($P < 0,05$).

3. Resultados e Discussão

3.1. Rendimento e características físico-químicas do óleo

O rendimento do óleo de buriti foi de 6,27 % (200 mL). Comparativamente, Carvalho *et al.*,²⁸ usando o mesmo método de extração artesanal obtiveram rendimento de 4,01 %.

A determinação da qualidade de um óleo envolve análises físico-químicas como densidade, teor de umidade, índices de refração, saponificação e acidez e coeficiente de extinção específica. Os resultados são apresentados na Tabela 1, na qual também constam dados da literatura.

De acordo com os resultados, o valor do índice de refração foi de 1,465, sendo próximo aos encontrados por Freitas *et al.*,²⁹ Aquino *et al.*³⁰ e Pereira *et al.*,³¹ para óleos bruto de buriti, enquanto que a densidade apresenta-se relativamente menor (0,887 mg/mL à 25 °C), sugerindo diferenças na composição do óleo analisado neste trabalho.

O teor de umidade foi de 0,44 % a 105 °C, estando dentro da faixa estabelecida pela Portaria 795/1993 para óleo de soja bruto,³³ cujo valor máximo permitido é de 0,5 % para fins industriais.

A acidez é proveniente de processo de rancidez hidrolítica durante o armazenamento do óleo e é considerada um parâmetro de qualidade, já que pode provocar alterações na fração lipídica e nos perfis nutricionais e sensoriais, e comprometer a aplicação do óleo nas indústrias alimentícias e farmacêuticas. O valor do índice de acidez obtido foi de 1,821 mg KOH/g de óleo e está de acordo com o estabelecido pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), Resolução RDC nº 270,³⁴ cujo limite máximo para óleos vegetais não refinados é de 4,0 mgNaOH/g. Com relação à acidez em termos de ácido oleico livre, o valor obtido foi de 0,915 %, que está dentro da faixa de 2,00 % estabelecida pela legislação brasileira³² para o azeite de oliva virgem.

O valor do índice de saponificação obtido foi de 203,39, indicando que o óleo é constituído por grande proporção de ácidos graxos poliinsaturados. Apesar de ser superior aos valores encontrados na literatura para óleos de buriti,²⁹⁻³¹ Tabela 1, o valor obtido nesta pesquisa está dentro da faixa estabelecida pela ANVISA RDC-270,³⁴ cujo valor máximo para óleo vegetais é de 250,0 mgKOH/g.

Tabela 1. Características físico-químicas do óleo de buriti (*Mauritia flexuosa*) coletados em Balsas-MA, em janeiro de 2018, e dados da literatura para óleos de buriti provenientes de outras regiões do país e do azeite de oliva virgem

Referências	Este trabalho	Freitas et al. ²⁹	Aquino et al. ³⁰	Pereira et al. ³¹	Brasil ³²
Tipo de óleo	buriti (bruto)	buriti (bruto)	buriti (bruto)	buriti (bruto)	Oliva (virgem)
Região do Brasil	Balsas-MA	Ananindeua-PA	Picos-PI	Bujari-AC	-
Características					
IR	1,465 ± 0,000	1,46 ± 0,01	1,47 ± 0,0	1,466	-
Densidade (g/cm ³)	0,887 ± 0,017	0,909 ± 0,01	0,92 ± 0,2	0,9058	-
Umidade (% H ₂ O)	0,44 ± 0,03	-	-	-	-
IS (mg KOH/g)	203,39	193	-	201,28	-
IAC (mg KOH/g)	1,821±0,016	-	4,27 ± 0,43	2,75	≤ 2,00
AAOleico (%)	0,915±0,008	3,99 ± 0,01	-	-	-
K ²⁷⁰	0,215±0,010	-	-	-	≤ 0,25
ΔK	0,004	-	-	-	≤ 0,01

As análises foram realizadas em triplicata, e os resultados estão expressos em média ± desvio padrão. K₂₇₀ é o coeficiente de extinção específico (E^{1cm}1 %) em 270 nm; ΔK: $K_{270} - (K_{266} + K_{274})/2$;¹⁹ IR: Índice de Refração; IS: Índice de Saponificação; IAC: Índice de Acidez; AAOleico: Acidez em Ácido Oleico (%)

O coeficiente de extinção específico também é um parâmetro de identidade e qualidade de um óleo e pode indicar se há presença de compostos formados a partir do processo de oxidação dos ácidos graxos poliinsaturados do óleo. Neste estudo, os valores de ΔK e K₂₇₀ foram de 0,004 e 0,215 ± 0,01, respectivamente, estando dentro do limite recomendado pela legislação brasileira para o azeite de oliva virgem (Tabela 1).³³ (Ressalta-se que, foi utilizado este padrão oficial porque ainda não existem normas específicas para o óleo de buriti).

3.2. Perfil Lipídico e nutricional

A Tabela 2 mostra a composição percentual dos ácidos graxos do óleo de buriti e dados da literatura.^{18,29,35} A discussão deste resultado é focada na análise qualitativa, já que o perfil cromatográfico foi realizado por GC-MS, em que a quantificação foi feita por normalização das áreas dos picos e a identificação usando a biblioteca NIST08.

Os ácidos graxos ômega-3 (ω3) e ômega-6 (ω6) possuem propriedades funcionais que atuam sinergicamente na regulação de vários processos biológicos e a razão dos teores desses ácidos graxos (ω6/ω3) é um dos parâmetros utilizado para verificar o perfil nutricional de óleos e gorduras.³⁵⁶ Conforme recomendação do Departamento de

Saúde do Reino Unido (*Department of Health and Social Security*),³⁷ valores menores que 4,0 são aceitáveis. Neste trabalho, o valor encontrado foi 1,35, sugerindo conformidade com o valor recomendável.

Alguns ácidos graxos podem promover ou prevenir o desenvolvimento de doenças coronarianas. O método descrito por Ulbricht e Southgate²¹ permite avaliar os índices de aterogenicidade (IA) e de trombogenicidade (IT), os quais indicam o potencial de um óleo na incidência de aterosclerose e a trombose. Neste estudo, os valores obtidos foram IA = 0,24 e IT = 0,48, indicando que o óleo de buriti possui disponibilidade de ácidos graxos antitrombogênicos e antiaterogênicos maior do que o óleo de palma (IA = 0,98 e IT = 1,93)³⁸ e similar ao do azeite de oliva extra virgem (IA = 0,15 ± 0,04 e IT = 0,38 ± 0,03)³⁹ e ao óleo de salmão *in natura* (IA = 0,56 e IT = 0,23).⁴⁰ Sabe-se que quanto menor for o valor destes índices, maior é a disponibilidade de ácidos graxos presentes no óleo com capacidade de prevenir o aparecimento de doença coronariana, o que sugere que o consumo de buriti pode atribuir benefícios à saúde.

O índice HH está relacionado com a funcionalidade dos ácidos graxos em elevar ou reduzir os níveis de colesterol, e permite avaliar o risco de doenças cardiovasculares causadas por um

Tabela 2. Composição de ácidos graxos (%) do óleo de buriti e dados da literatura

Referências	Este trabalho	Rodrigues et al. ³⁵	Cândido e Silva ¹⁸		Freitas et al. ²⁹
Região do Brasil	Cerrado, Maranhão	Amazônia, Pará	Cerrado, Goiás	Amazonia, Pará	Amazônia, Pará
ÁCIDOS GRAXOS	TEOR (%)				
Saturados (AGS)	21,13	22	21,68	17,27	21,37
C12:0 (Láurico)	0,06	0,1	0,05	0,03	0,06
C14:0 (Mirístico)	0,04	0,1	0,15	0,07	0,11
C15:0 (Pentadecanoico)	ND*	ND	0,05	0,06	0,06
C16:0 (Palmítico)	18,68	18,75	18,85	15,2	17,35
C17:0 (Margárico)	0,06	0,05	0,17	0,15	0,09
C18:0 (Esteárico)	2,2	1,35	2,1	1,56	3,32
C20:0 (Araquídico)	0,09	1,65	0,16	0,1	0,2
C22:0 (Behênico)	ND	ND	0,06	0,04	0,07
C24:0 (Lignocérico)	ND	ND	0,09	0,06	0,11
Monoinsaturados (AGMI)	75,72	75,75	73,03	79,43	70,34
C16:1 (Palmitoleico)	0,29	0,25	0,27	0,42	0,24
C17:1 (Heptadecenoico)	ND	ND	ND	ND	0,07
C18:1 (cis9, Oleico), w9	72,02	75,5	72,21	78,57	69,58
C18:1 (trans9, Elaídico)	2,82	ND	ND	ND	ND
C20:1 (Gadoleico), w9	0,59	ND	0,55	0,44	0,45
Poliinsaturados (AGPI)	3,12	2,16	5,29	3,3	8,29
C18:2 (Linoleico), w6	1,79	2,15	3,17	1,85	7,31
C18:3 (Linolênico), w3	1,33	0,01	2,12	1,45	0,98

*ND: não detectado

óleo.²³ Neste estudo, o valor do índice HH obtido foi de 4,01, sendo superior ao encontrado por Tonial *et al.*⁴⁰ em amostras lipídicas de salmão (*in natura*: 2,34; grelhado: 2,64) e por Ramos Filho *et al.*⁴¹ em óleos de peixes como pintado (1,84) e dourado (1,49) e inferior ao observado por Hashempour-Baltork (2018)³⁹ no azeite de oliva virgem (6,14 ± 0,1). Segundo Santos-Silva *et al.*,²² quanto maior é o valor do índice HH, mais adequado nutricionalmente é o óleo. No entanto, embora o óleo de buriti possua bom valor nutricional, é importante considerar que o metabolismo animal é complexo e que estes parâmetros não são exclusivos na ação biológica cardiovascular.

3.3. Compostos bioativos

Estes são geralmente encontrados em pequenas quantidades nos alimentos, considerados extra nutricionais, e apresentam importantes efeitos sobre o sistema biológico. Os carotenoides (incluindo o β-caroteno) e os flavonoides (incluindo as antocianinas) possuem

ação antioxidante, a qual está relacionada com a melhora da resposta imune e redução no risco de doenças cardiovasculares e degenerativas.^{42,43} Além disso, o β-caroteno tem significativo papel na visão e prevenção do câncer,⁴⁴ sendo que 0,6 µg de β-caroteno equivale a uma unidade internacional de vitamina A.

O óleo de buriti contém significante teor de carotenoides totais (999,60 µg/g de óleo), dos quais 31,81 % corresponde ao β-caroteno (317,99 µg/g de óleo). Os teores de flavonoides e antocianinas totais encontrados no óleo foram de 59,86 e 6,40 µg/g, respectivamente. Assim, o óleo de buriti apresenta-se como uma boa fonte de compostos bioativos, os quais podem atribuir ao fruto boa estabilidade oxidativa e propriedades funcionais como alimento.

3.4. Efeito do óleo frente ao radical superóxido e à enzima α-amilase

O ânion radical superóxido, O₂^{•-}, é uma espécie reativa de oxigênio formada no sistema biológico

a partir da redução de um elétron do oxigênio molecular⁴⁵ e é considerado nocivo por ter tempo de meia-vida longo e alta mobilidade no meio celular⁴⁶ e ser altamente reativo na oxidação de constituintes da estrutura celular como lipídeos, proteínas e ácidos nucleicos,⁴⁷ contribuindo no desenvolvimento de doenças cardiovasculares e neurodegenerativas, câncer e inflamação.⁴⁸ O gráfico do logaritmo da concentração do óleo de buriti (mg/mL) *versus* a porcentagem de inibição de $O_2^{\bullet-}$ é apresentado na Figura 1. O valor de IC_{50} (concentração do óleo que inibe em 50 % a formação de $O_2^{\bullet-}$) foi de 1,11 mg/mL. Essa atividade pode estar associada à presença dos compostos bioativos como carotenoides e flavonoides, os quais são considerados antioxidantes naturais capazes de retardar os processos de oxidação das funções fisiológicas normais,⁴⁹ reduzindo o risco de diversas doenças.

A α -amilase é uma enzima do sistema digestivo e sua ação contribui no aumento dos níveis de glicose no sangue, de modo que a inibição de sua atividade é importante no tratamento da diabetes.¹⁷ O gráfico de log da concentração do óleo de buriti (mg/mL) *versus* a porcentagem de inibição da α -amilase também é apresentado na Figura 1. Os dados mostram que em presença de concentrações de 10 e 15 mg/mL, o óleo de buriti retarda a degradação do amido pela inibição da **α -amilase**, enquanto que na faixa de 15 a 30 mg/mL a degradação do amido é acelerada, indicando que há *aumento da atividade da enzima*. Isto sugere que em concentrações relativamente baixas, o óleo tem efeito antidiabético e em

concentrações mais altas apresenta efeito pró-diabético, o que possivelmente pode ser amenizado pela ação de antioxidantes presentes no óleo.

Baseado em um estudo realizado por Lage *et al.*,⁵⁰ que avaliaram o efeito do buriti frente ao diabetes tipo 1 induzido em ratos, animais diabéticos não tratados apresentaram aumento do estresse oxidativo no fígado, coração e pâncreas, enquanto que os que receberam suplemento alimentar contendo 2 % da farinha de buriti tiveram redução de danos oxidativos a biomoléculas destes órgãos, exceto do pâncreas. É compreensível que os danos oxidativos tenham sido minimizados em animais com dieta enriquecida com buriti, pois o fruto contém compostos bioativos com atividade antioxidante. O fato de não ter apresentado resposta no pâncreas pode estar relacionado à atividade da α -amilase, a qual é o principal produto da secreção nesse órgão, concordando com os resultados do nosso estudo em termos do efeito de altas concentrações do óleo sobre esta enzima. Além disso, com base em um estudo *in vivo* realizado por Schwingshackl *et al.*,⁵¹ o risco de diabetes tipo 2 diminuiu em 13 % com o aumento da ingestão de até 15-20 g/dia de azeite de oliva, sendo que acima deste valor não houve benefício aparente, constatando-se a não linearidade entre a ingestão de azeite e o risco de diabetes. Analogamente, neste trabalho também foi observada uma relação não linear entre o aumento da concentração do óleo de buriti com a atividade antidiabética.

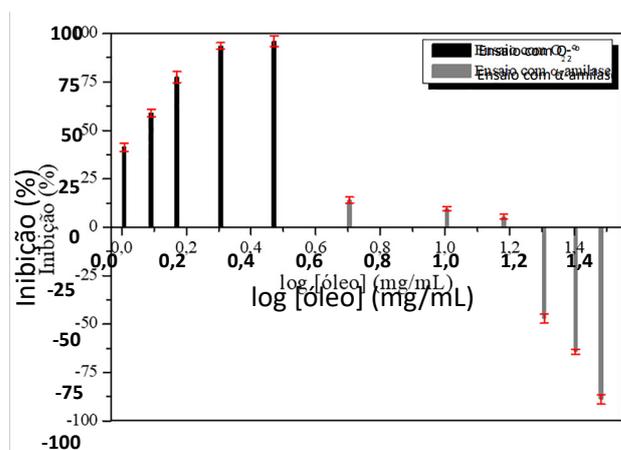


Figura 1. Gráficos de log da concentração do óleo de buriti (mg/mL) *versus* a porcentagem de inibição (%) de $O_2^{\bullet-}$ e α -amilase

4. Conclusão

A pesquisa demonstrou que o óleo de buriti tem excelente qualidade físico-química conforme as normas da ANVISA RDC-270 para óleos vegetais e os padrões oficiais para o azeite de oliva virgem. Também, os dados do perfil lipídico indicam que este óleo é uma boa fonte de ácidos graxos insaturados (78,48 %), com destaque para o oleico (72,02 %), o que atende à atual demanda da indústria por óleo com alta estabilidade oxidativa conferida por esse ácido. Além disso, os índices de qualidade nutricional e o teor significativo de compostos bioativos indicam que este óleo é potencialmente promissor no uso como ingrediente alimentar. Em termos biológicos, o óleo apresenta ação protetiva contra o estresse oxidativo e em baixas concentrações promove a inibição da atividade da *α*-amilase, indicando o seu efeito antidiabético sob estas condições. Portanto, diante do potencial deste óleo, agregar valor a este produto pode contribuir para a renda de comunidades rurais e na preservação das espécies de palmeiras.

Agradecimentos

Os autores agradecem à FAPEMA (Processo AGRIF-04946/15) pelo auxílio financeiro e ao Núcleo de Combustíveis, Catálise e Ambiental (NCCA)/UFMA pela infraestrutura para a realização das análises cromatográficas.

Referências Bibliográficas

- ¹ Forzza, R. C.; *Catálogo de plantas e fungos do Brasil*, vol. 1, Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro: Rio de Janeiro, 2010.
- ² Braz Filho, R. Contribuição da fitoquímica para o desenvolvimento de um país emergente. *Química Nova* **2010**, *33*, 229. [CrossRef]
- ³ Barreiro, E. J.; Bolzani, V. S. Biodiversidade: fonte potencial para a descoberta de fármacos. *Química Nova* **2009**, *32*, 679. [CrossRef]
- ⁴ Klink, C. A.; Machado, R. B. A Conservação do Cerrado Brasileiro. *Megadiversidade* **2005**, *1*, 148. [Link]
- ⁵ Myers, N.; Mittermeier, R. A.; Mittermeier, C. G.; Fonseca, G. A. B.; Kent, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* **2000**, *403*, 853. [CrossRef] [PubMed]
- ⁶ Almeida, S. P.; Silva, J. A.; *Piqui e buriti: importância alimentar para a população do Cerrado*, Embrapa-CPAC: Planaltina, 1994.
- ⁷ Martins, R. M.; Santelli, P.; Filgueiras, T. S. Em *Frutas nativas da região Centro-Oeste*; Vieira, R. F.; Costa, T. S. A.; Silva, D. B.; Ferreira, F. R.; Sano, S. M., 1a ed., Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia: Brasília, 2006, cap. 6.
- ⁸ Brasil, Presidência da República. Lei nº 12.651/2012: Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm>. Acesso em: 4 outubro 2018.
- ⁹ Oliveira, R. M. M.; Santos, E. V. dos; Lima, K. C. Avaliação da qualidade da água do riacho São Caetano, de Balsas (MA), com base em parâmetros físicos, químicos e microbiológicos. *Engenharia Sanitária e Ambiental* **2017**, *22*, 523. [CrossRef]
- ¹⁰ Melo, S. W. C. Desenvolvimento rural no Cerrado, desenvolvimento e envolvimento das famílias agroextrativistas. *Guaju* **2017**, *3*, 111. [Link]
- ¹¹ Carvalho, I. S. H. Superando a pobreza rural a partir das riquezas nativas: a experiência da Cooperativa Grande Sertão. *Agriculturas* **2008**, *5*, 29. [Link]
- ¹² Batista, J. S.; Olinda, R. G.; Medeiros, V. B.; Rodrigues, C. M. F.; Oliveira, A. F.; Paiva, E. S.; Freitas, C. I. A.; Medeiros, A. C. Atividade antibacteriana e cicatrizante do óleo de buriti (*Mauritia flexuosa* L). *Ciência Rural* **2012**, *42*, 136. [CrossRef]
- ¹³ Zanatta, C. F.; Mercadante, A. Z. Carotenoid composition from the Brazilian tropical fruit camu-camu (*Myrciaria dubia*). *Food Chemistry* **2007**, *101*, 1526. [CrossRef]
- ¹⁴ Koolen, H. H. F.; Silva, F. M. A.; Gozzo, F. C.; Souza, A. Q. L.; Souza, A. D. L. Antioxidant, antimicrobial activities and characterization of phenolic compounds from buriti (*Mauritia flexuosa* L. f.) by UPLC–ESI-MS/MS. *Food Research International* **2013**, *51*, 467. [CrossRef]
- ¹⁵ Cândido, T. L. N.; Silva, M. R.; Agostini-Costa, T. S. Bioactive compounds and antioxidant capacity of buriti (*Mauritia flexuosa* L.f.) from the Cerrado and Amazon biomes. *Food Chemistry* **2015**, *177*, 313. [CrossRef] [PubMed]
- ¹⁶ Poulsen, H. E.; Prieme, H.; Loft, S. Role of oxidative DNA damage in cancer initiation and promotion. *European Journal of Cancer Prevention* **1998**, *7*, 9. [CrossRef] [PubMed]

- ¹⁷ Sudha, P.; Zinjarde, S. S.; Bhargava, S. Y.; Kumar, A. R. Potent [alpha]-amylase inhibitory activity of Indian Ayurvedic medicinal plants. *BMC Complementary and Alternative Medicine* **2011**, *11*, 5. [CrossRef] [PubMed]
- ¹⁸ Cândido, T. L. N.; Silva, M. R. Comparison of the physicochemical profiles of buriti from the Brazilian Cerrado and the Amazon region. *Food Science and Technology* **2017**, *37*, 78. [CrossRef]
- ¹⁹ American Oil Chemists' Society.; *Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society*. AOCS Press: Champaign, 2009.
- ²⁰ Hartman, L.; Lago, R. C. A. Rapid preparation of fatty acid methyl esters from lipids. *Laboratory Practice* **1973**, *22*, 475. [PubMed] [Link]
- ²¹ Ulbricht, T. L. V.; Southgate, D. A. T. Coronary heart disease: seven dietary factors. *Lancet* **1991**, *338*, 985. [CrossRef] [PubMed]
- ²² Santos-Silva, J.; Bessa, R. J. B.; Santos-Silva, F. Effect of genotype feeding system and slaughter weight on the quality of light lambs. II. Fatty acid composition of meat. *Livestock Production Science* **2002**, *77*, 187. [CrossRef]
- ²³ Rodriguez-Amaya, D. B.; Kimura, M.; *HarvestPlus Handbook for Carotenoid Analysis*. DC HarvestPlus: Washington, 2004.
- ²⁴ Francis, F. J.; Em *Anthocyanins as Food Colors*; P. Markakis. Academic Press: New York, 1982, cap. 7.
- ²⁵ Winterbourn, C. C. Comparison of superoxide with other reducing agents in the biological production of hydroxyl radicals. *Biochemical Journal* **1979**, *182*, 625. [PubMed]
- ²⁶ Ali, H.; Houghton, P. J.; Soumyanath, A. alpha-amylase inhibitory activity of some Malaysian plants used to treat diabetes; with particular reference to *Phyllanthus amarus*. *Journal of Ethnopharmacology* **2006**, *107*, 449. [CrossRef] [PubMed]
- ²⁷ Bonferroni, C. E. Teoria statistica delle classi e calcolo delle probabilità. *Pubblicazioni del R Istituto Superiore di Scienze Economiche e Commerciali di Firenze* **1936**, *8*, 1.
- ²⁸ Carvalho, C. O.; Scudeller, V. V.; Sargentini Junior, E.; Ormezinda C. C.; Fernandes, O. C. C.; Bolson, M. A. Em *BioTupé: Meio Físico, Diversidade Biológica e Sociocultural do Baixo Rio Negro, Amazônia Central*; Santos-Silva, E., N.; Scudeller, V. V.; Cavalcanti, M. J. (org.), UEA: Manaus, 2011, cap. 7.
- ²⁹ Freitas, M. L. F.; Chisté, R. C.; Polachini, T. C.; Sardella, L. A. C. Z.; Aranha, C. P. M.; Ribeiro, A. P. B.; Nicoletti, V. R. Quality characteristics and thermal behavior of buriti (*Mauritia flexuosa* L.) oil. *Grasas Aceites* **2017**, *68*, e220. [CrossRef]
- ³⁰ Aquino, J. S.; Pessoa, D. C. N. P.; Araújo, K. L. G. V.; Epaminondas, P. S.; Schuler, A. R. P.; Souza, A. G.; Stamford, T. L. M. Refining of buriti oil (*Mauritia flexuosa*) originated from the Brazilian Cerrado: physicochemical, thermal-oxidative and nutritional implications. *Journal of the Brazilian Chemical Society* **2012**, *23*, 212. [CrossRef]
- ³¹ Pereira, G. S.; Freitas P. M.; Basso S. L.; Araújo, P. M.; Santos, R. R.; Conde, C. F.; Pereira, E. F. D.; Haverroth, M.; Amaral, A. M. F. Quality control of the buriti oil (*Mauritia flexuosa* L. f.) for use in 3-phase oil formulation for skin hydration. *International Journal of Phytocosmetics and Natural Ingredients* **2018**, *5*, 1. [Link]
- ³² Brasil, Instrução normativa nº 1/2012: Regulamento Técnico do Azeite de Oliva e do Óleo de Bagaço de Oliva. Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto>>.
- ³³ Brasil, Portaria nº 795/1993: Norma de identidade, qualidade, embalagem, marcação e apresentação do óleo de soja. Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto>>.
- ³⁴ Brasil. Resolução RDC/ANVISA/MS nº 270/2005: Regulamento técnico para óleos vegetais, gorduras e creme vegetal. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2005/rdc0270_22_09_2005.html>. Acesso em: 5 outubro 2018.
- ³⁵ Rodrigues, A. M. da C.; Darnet, S.; Silva, L. H. M. da. Fatty acid profiles and tocopherol contents of buriti (*Mauritia flexuosa*), patawa (*Oenocarpus bataua*), tucuma (*Astrocaryum vulgare*), mari (*Poraqueiba paraensis*) and inaja (*Maximiliana maripa*) fruits. *Journal of the Brazilian Chemical Society* **2010**, *21*, 2000. [CrossRef]
- ³⁶ Katan, M. B. Fish and heart disease. What is the real story? *Nutrition Reviews* **1995**, *53*, 228. [CrossRef]
- ³⁷ Department of Health and Social Security; *Nutritional aspects and cardiovascular disease: report on health and social subjects*, H.M. Stationery Office: London, 1994.
- ³⁸ Basiron, Y.; Em *Bailey's Industrial oil and fat products*; Shahid, F.; 6ª ed., v. 2, Wiley-Interscience: New York, 2005 cap. 8.
- ³⁹ Hashempour-Baltork, F.; Torbati, M.; Azadmard-Damirchi, S.; Savage, G. P. Chemical, rheological and nutritional characteristics of sesame and olive oils blended with linseed oil. *Advanced Pharmaceutical Bulletin* **2018**, *8*, 107. [CrossRef]

- ⁴⁰ Tonial, I. B.; Oliveira, D. F. de; Bravo, C. E. C.; Souza, N. E. de; Matsushita, M.; Visentainer, J. V. Caracterização físico-química e perfil lipídico do salmão (*Salmo salar* L.). *Alimentos e Nutrição* **2010**, *21*, 93. [[Link](#)]
- ⁴¹ Ramos Filho, M. M.; Ramos, M. I. L.; Hiane, P. A.; Souza, E. M. T. Nutricional value of seven freshwater fish species from the brasilian pantanal. *Journal of American oil Chemistry society* **2010**, *87*, 1461. [[CrossRef](#)]
- ⁴² Kris-Etherton, P. M.; Hecker, K. D.; Bonanome, A.; Coval, S. M.; Binkoski, A. E.; Hilpert, K. F.; Griel, A.E.; Etherton, T. D. Bioactive compounds in foods: their role in the prevention of cardiovascular disease and cancer. *The American Journal of Medicine* **2002**, *113*, 71S-88S. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- ⁴³ Soobrattee, M. A.; Neergheen, V. S.; Luximon-Ramma, A.; Aruomab, O. I.; Bahorun, T. Phenolics as potential antioxidant therapeutic agents: mechanism and actions. *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis* **2005**, *579*, 200. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- ⁴⁴ Tanaka, T.; Shnimizu, M.; Moriwaki, H. Cancer chemoprevention by carotenoids. *Molecules* **2012**, *17*, 3202. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- ⁴⁵ Ortiz, M. E.; Núñez-Verbara, L. J.; Squella, J. A. Cyclic voltammetric behaviour of the $O_2/O_2^{\cdot-}$ redox couple at a HMDE and its interaction with nisoldipine. *Journal of Electroanalytical Chemistry* **2002**, *519*, 46. [[CrossRef](#)]
- ⁴⁶ Sun, T.; Xie, W.; Xu, P. Superoxide anion scavenging activity of graft chitosan derivatives. *Carbohydrate Polymers* **2004**, *58*, 379. [[CrossRef](#)]
- ⁴⁷ Buonocore, G.; Perrone, S.; Tataranno, M. L. *Seminars in Fetal and Neonatal Medicine* **2010**, *15*, 186. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- ⁴⁸ Bagchi, D.; Bagchi, M.; Stohs, S. J.; Das, D. K.; Ray, S. D.; Kuszynski, C. A.; Joshi, S. S.; Pruess, H. G. Free radicals and grape seed proanthocyanidin extract: importance in human health and disease prevention. *Toxicology* **2000**, *148*, 187. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- ⁴⁹ Barreto, G. P. M.; Benassi, M. T.; Mercadante, A. Z. Bioactive compounds from several tropical fruits and correlation by multivariate analysis to free radical scavenger activity. *Journal of the Brazilian Chemical Society* **2009**, *20*, 1856. [[CrossRef](#)]
- ⁵⁰ Lage, N. N.; Lopes, J. M. M.; Pereira, R. R.; Guerra, J. F. C.; Pereira, M. F. A.; Silva, M.; Bonomo, L. F.; Lima, W. G.; Silva, M. E.; Pedrosa, M. L. Antioxidant potential of Buriti (*Mauritia flexuosa*) pulp flour in diabetic rats. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* **2018**, *68*, 59. [[Link](#)]
- ⁵¹ Schwingshackl, L.; Lampousi, A.-M.; Portillo, M. P.; Romaguera, D.; Hoffmann, G.; Boeing, H. Olive oil in the prevention and management of type 2 diabetes mellitus: a systematic review and meta-analysis of cohort studies and intervention trials. *Nutrition & Diabetes* **2017**, *7*, 1. [[PubMed](#)]