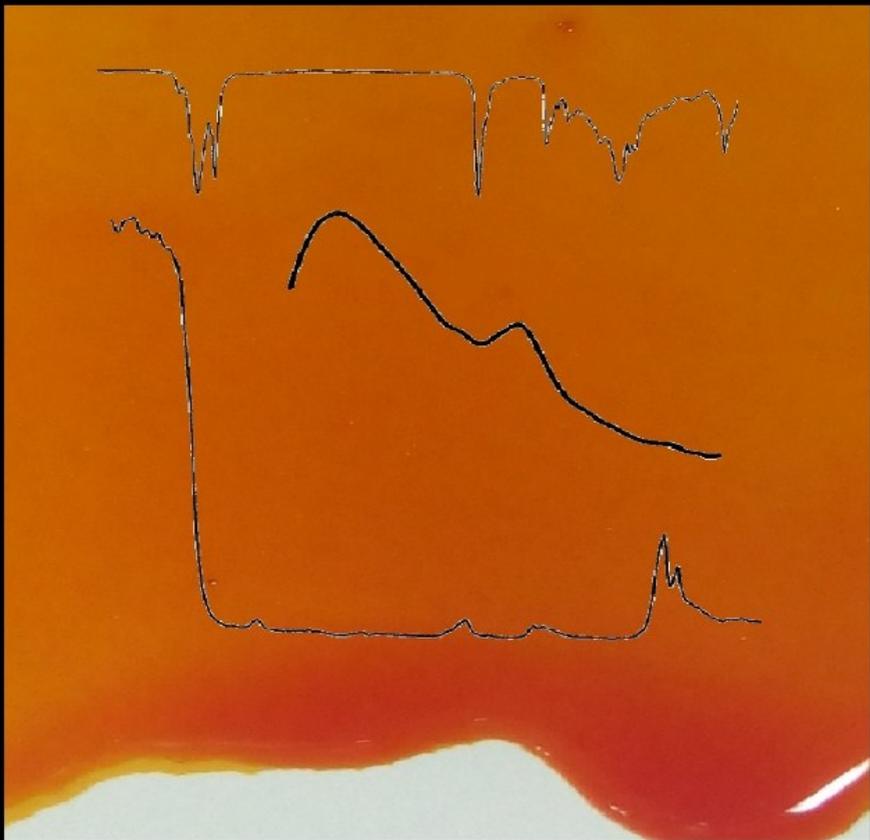


Óleo de Buriti

caracterização espectroscópica



Albuquerque

ÓLEO DE BURITI

Marcos Lázaro de Souza Albuquerque

ÓLEO DE BURITI

caracterização espectroscópica

1^a. edição

Bragança, PA
Edição do autor
2019

TÍTULO: Óleo de buriti: caracterização espectroscópica (1ª. Edição, 2019)

EDITORACÃO: Marcos Lázaro de Souza Albuquerque

CONSULTORES AD HOC (PARECERISTAS)

Dr. Ilde Guedes da Silva – Universidade Federal do Ceará

Dr. Petrus Agrippino de Alcantara Junior – Universidade Federal do Pará

Dr. José Evangelista de Carvalho Moreira – Universidade Federal do Ceará

Dr. Francisco Erivan de Abreu Melo – Universidade Federal do Ceará

ISBN: 978-85-922768-8-1

PUBLICAÇÃO E COMERCIALIZAÇÃO DA OBRA

Clube de Autores Publicações S/A CNPJ: 16.779.786/0001-27

Rua Otto Boehm, 48 Sala 08, América - Joinville/SC, CEP 89201-700

Home Page: <<https://www.clubedeautores.com.br>>

E-mail: <atendimento@clubedeautores.com.br>

IMPRESSÃO E ACABAMENTO

AlphaGraphics Bela Vista

Rua Rui Barbosa, 468, Bela Vista – São Paulo, SP, Brasil, CEP 01326-010

Home Page: <<https://www.agbelavista.com.br>>

AlphaGraphics, Inc.

143 Union Boulevard, Suite 650, Lakewood, CO 80228 United States

Home Page:<<https://www.alphagraphics.com>>

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Agência Brasileira do ISBN - Bibliotecária Priscila Pena Machado CRB-7/6971

A345 Albuquerque, Marcos Lázaro de Souza.
Óleo de buriti : caracterização espectroscópica /
Marcos Lázaro de Souza Albuquerque. — Bragança : Edição
do autor, 2019.
140 p. : il. ; 21 cm.

Inclui bibliografia.
ISBN 978-85-922768-8-1

1. Buriti. 2. Espectroscopia. 3. Análise espectral.
4. Química analítica qualitativa. 5. Física. I. Título.

CDD 544.6

Aos meus pais

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho foi possível mediante ao suporte financeiro concedido pelas agências de fomento: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Brasília, DF, sob o Contrato No. 475191/101-3; Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP), Fortaleza, CE, sob o Contrato No. 219/01; Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEMAS), Belém, PA, sob o Contrato No. 015/00; e Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), São Paulo, SP, sob o Contrato No. 01/07410-2.

Torna-se relevante citar as valiosas contribuições concedidas através de instituições superiores de ensino e pesquisa (tais como: Universidade Federal do Pará, Universidade Federal do Ceará e Universidade de São Paulo) por meio da intervenção de diversos pesquisadores, entre os quais, podem ser citados, em ordem aleatória: Prof. Dr. Ilde Guedes da

Silva, Prof. Dr. Petrus Agrippino de Alcantara Junior, Prof. Dr. Sergio Carlos Zilio, Prof. Dr. Antonio Gomes de Souza Filho, Prof. Dr. Alejandro Pedro Ayala, Prof. Dr. Pedro de Freitas Façanha Filho, Prof. Dr. Newton Martins Barbosa Neto, Prof. Dr. Cheng-Wei Yang, Profa. Dra. Maret G. Traber, Profa. Dra. Monika Höltje, Prof. Dr. Angelo C. Pinto, Profa. Dra. Juliana Marcela Abraão de Almeida, Profa. Dra. Mylene Ribeiro Moura, Profa. Dra. Rozilaine Aparecida Pelegrine Gomes Faria.

*A descoberta consiste em ver o que todos viram, e pensar
no que ninguém pensou.*

(Albert von Szent-Györgyi de Nagyrápolti, fisiologista húngaro)

PREFÁCIO

A presente obra é um resultado obtido a partir da implementação de Programas de Pesquisa Interinstitucional de caracterização espectroscópica em óleos vegetais da região amazônica - caracterização espectroscópica de ácidos graxos e suas aplicações em dispositivos ópticos, caracterização ótica de componentes do óleo de buriti (*mauritia flexuosa*) - com a participação da Universidade Federal do Pará (UFPA), Universidade Federal do Ceará (UFC) e do Instituto de Física de São Carlos da Universidade de São Paulo (USP).

Foram realizadas as medidas de espectroscopia de absorção na região espectral do infravermelho médio, infravermelho próximo, ultravioleta, além da absorção e emissão na região do visível para o óleo de Buriti e alguns de seus constituintes majoritários. A amostra de óleo de Buriti foi fornecida pelo Laboratório de Física da Matéria Condensada da Universidade Federal do Pará, Belém, PA. As amostras dos ácidos graxos foram adquiridas

junto à Companhia Química Merck & Co. Inc., enquanto que a amostra de α -tocoferol foi adquirida da Sigma-Aldrich Co.. As medidas de absorção para a região espectral do infravermelho médio foram realizadas no Laboratório de Infravermelho do Parque de Desenvolvimento Tecnológico do Ceará (PADETEC), Fortaleza, CE, enquanto que as medidas nas regiões espectrais do ultravioleta, visível e infravermelho próximo foram realizadas no Laboratório de Óptica do Departamento de Física de Ciências dos Materiais do Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	vii
PREFÁCIO.....	xi
LISTA DE FIGURAS	xvii
INTRODUÇÃO	21
1 – ESPECTROSCOPIA DE INFRAVERMELHO MÉDIO: CONSIDERAÇÕES TEÓRICAS	41
1.1 Análise molecular	43
1.1.1 Molécula diatômica	48
1.1.2 Molécula triatômica linear: O=C=O	48
1.1.3 Molécula triatômica não-linear: H ₂ O	49
1.1.4 Molécula tetratômica linear: H–C≡C–H (acetileno).....	50
1.2 Subdivisão da região do infravermelho	51
2 – ESPECTROS DE ABSORÇÃO DE ÁCIDOS GRAXOS, ÁLCOOIS E ÉSTERES	53

2.1 Correlação das bandas de absorção com a estrutura molecular.....	54
2.2 Características espectrais de cada classe.....	54
2.2.1 Ácidos graxos de cadeias longas.....	54
2.2.2 Ésteres de metil de ácidos graxos de cadeias longas	57
2.2.3 Triglicerídeos de ácidos graxos de cadeias longas	59
2.2.4 Álcoois de cadeias longas	62
3 – CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DO ÓLEO DE BURITI	65
3.1 Carotenóides e tocoferóis.....	66
3.2 Ácidos graxos.....	68
3.3 Glicerídeos	71
4 – ESPECTROSCOPIA DE INFRAVERMELHO MÉDIO: CONSIDERAÇÕES EXPERIMENTAIS.....	75
4.1 Materiais e métodos	75
4.2 Resultados e discussões	78

5 – ABSORBÂNCIA E FLUORESCÊNCIA: CONSIDERAÇÕES TEÓRICAS	89
5.1 Absorção e radiação.....	89
5.2 Fluorescência de radiação.....	92
6 – ABSORBÂNCIA E FLUORESCÊNCIA: CONSIDERAÇÕES EXPERIMENTAIS	95
6.1 Materiais e métodos.....	96
6.2 Resultados e discussões.....	98
CONSIDERAÇÕES FINAIS	115
REFERÊNCIAS	117
APÊNDICE	133
ÍNDICE REMISSIVO	139

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Diagrama de níveis de energia.....	47
Figura 2 - Modos vibracionais da molécula CO ₂	48
Figura 3 - Modos normais de vibração da água (H ₂ O)..	49
Figura 4 - Modos normais de vibração do acetileno (C ₂ H ₂).	50
Figura 5 - Espectro de absorção infravermelho de ácidos graxos monoinsaturados e saturados de cadeias longas.	55
Figura 6 - Espectros de absorção de ésteres de metil monoinsaturados e saturados de cadeias longas.	58
Figura 7 - Espectros de absorção de infravermelho de triglicerídeos de cadeias longas.	60
Figura 8 - Comparação entre os espectros do ácido oléico, éster oleato de metil e triglicerídeo trioleína.	61
Figura 9 - Espectros de absorção infravermelho de álcoois de cadeias longas.....	62
Figura 10 - Estrutura molecular do (a) α -tocoferol e (b) β -caroteno.	68

Figura 11 - Estruturas moleculares dos ácidos graxos: (a) oléico; (b) linoléico; (c) linolênico; (d) palmítico e (e) esteárico.	69
Figura 12 - Exemplos de glicerídeos: (a) β -monopalmitina; (b) α - γ -dioleína; (c) palmitoestearoleína.	71
Figura 13 - Estrutura molecular do triglicerídeo trioleína.	72
Figura 14 - Espectros de absorção no infravermelho a temperatura ambiente na região $650\text{-}3500\text{ cm}^{-1}$ para (a) α -tocoferol, (b) β -caroteno, (c) ácido oléico, (d) ácido palmítico e (e) óleo de buriti.	79
Figura 15 - Espectros de absorção de infravermelho a temperatura ambiente na região $1000\text{-}1400\text{ cm}^{-1}$ para os ácidos (a) oléico, (b) palmítico; e para o (c) óleo de buriti e (d) triglicerídeo trioleína.	83
Figura 16 - Espectros de absorção de infravermelho a temperatura ambiente na faixa $650\text{-}3500\text{ cm}^{-1}$ para os óleos de (a) buriti, (b) babaçu, (c) andiroba, e (d) resina copaíba.	86
Figura 17 - Diagrama de Jablonski.	93
Figura 18 - Espectro de absorção do óleo de buriti.	99

Figura 19 - Espectros de absorção na região 300-550 nm para o óleo de buriti e alguns de seus constituintes.....	100
Figura 20 - A região 550-800 nm mostra uma parte do espectro de absorção do óleo de buriti (OB), comparado juntamente com os espectros dos demais componentes (BC, AT, AP e AO).	102
Figura 21 - Parte do espectro de absorção do óleo de buriti (OB) na região NIR, comparado com alguns constituintes (AO, AT e AP).	103
Figura 22 - Espectros de absorção das amostras AO, AT e AP, comparados ao de OB, na região 1500-2000 nm.	105
Figura 23 - Espectro de fluorescência para o óleo de buriti (OB), α -tocoferol (AT), ácido oléico (AO) e β -caroteno (BC). Comprimento de onda de excitação em 458 nm.	106
Figura 24 - Diagrama de energia para o beta-caroteno a partir de seus espectros de absorção e emissão. Os valores entre < > significam o espaçamento entre pares de transições vizinhas.	109
Figura 25 - Espectros de absorção do óleo de buriti (OB) e clorofila A (CA).	110

Figura 26 - Espectros de fluorescência do óleo de buriti (OB) e clorofila A (CA), para 458 nm.	111
Figura 27 - Razão entre as bandas de fluorescência 550 e 670 nm.....	112

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Utilizamos a técnica de absorção de infravermelho para a obtenção dos espectros vibracionais, à temperatura ambiente, do óleo de buriti e outros óleos vegetais da Região Amazônica. As designações para as bandas de absorção foram baseadas nas correlações com os ácidos graxos, ésteres e triglicérides de ácidos graxos de cadeias longas, além de resultados similares obtidos para os outros óleos vegetais.

Foi observado que o espectro do óleo de buriti é muito similar ao da trioleína, um triglicérido de ácido oléico. Este resultado não indica apenas qual é o processo de formação da molécula majoritária do óleo de buriti, mas, também abre a possibilidade de usá-lo (óleo) para combater o mal colesterol. Encontramos diferenças nos espectros de infravermelho que podem distinguir entre óleo vegetal puro e óleo-resina vegetal.

Também foram realizados os estudos dos espectros de absorção e fluorescência para o óleo de buriti, à temperatura ambiente. Várias bandas de

absorção foram observadas na faixa de 300 a 2000 nm. Essas bandas de absorção foram identificadas e foi observado que, para comprimentos de onda menores (isto é, $\lambda < 500$ nm), a absorção é devida a alguns de seus componentes, tal como os ácidos oléico e palmítico, α -tocoferol, β -caroteno e clorofila A.

Para comprimentos de onda em valores maiores (isto é, $\lambda > 1000$ nm), parece que a maior contribuição é do ácido oléico. O espectro de emissão do óleo de buriti apresenta três bandas na faixa de 400 a 800 nm, que também são designadas. Para a banda óptica em torno de 570 nm, existe a contribuição de muitos de seus componentes individuais, enquanto que as outras duas localizadas em 670 e 760 nm, são basicamente devidas à clorofila A.

REFERÊNCIAS

AGOSTINI, T. M. et al. **Determinação de carotenóides em óleo de buriti**. XIV Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos. São Paulo: [s.n.]. 1994.

AHMED, M. K.; DAUN, J.; DECLERCQ, D. **Applied Spectroscopy**, v. 52, n. 7, p. 990, 1998.

ALBUQUERQUE, M. L. S. et al. Infrared absorption spectra of buriti (*Mauritia flexuosa* L.) oil. **Vibrational Spectroscopy**, Holland, v. 33, n. 1, p. 127-131, 14 July 2003. ISSN 0924-2031.

ALBUQUERQUE, M. L. S. et al. Characterization of Buriti (*Mauritia flexuosa* L.) Oil by Absorption and Emission Spectroscopies. **Journal of The Brazilian Chemical society**, São Paulo, v. 16, n. 6 A, p. 1113-1117, August 2005. ISSN 0103-5053.

ALTMAN, R. F. A. The industrial exploration of amazonian oil seeds. **The journal of the american oil chemists' society**, Urbana, IL (USA), v. 36, n. 1, p. 38-38, 01 january 1959. ISSN 1558-9331. Disponível em: <www.aocs.org>.

ALTMAN, R. F. A.; CORDEIRO, M. M. C. A industrialização do fruto do buriti (*Mauritia vinifera* Mart. ou *M. flexuosa*). **Publicação do INPA: Série Química (1958-1968)**, Manaus, v. 106, n. 5, p. 20, novembro 1964.

ARAÚJO, M. E. Universidade Estadual de Campinas. Campinas. 1997.

ARIKAN, S. et al. **Animal Reprod. Science**, v. 71, p. 249, 2002.

AZZI, A.; RICCIARELLI, R.; ZINGG, J. -M. **FEBS Letters**, v. 519, p. 8, 2002.

APÊNDICE

Tabela 1 - Principais designações dos modos vibracionais de alguns ácidos graxos de cadeias longas.

Banda	Ácidos (cm ⁻¹)								designações
	trans-6- -octadecenoico	cis-6- -octadecenoico	cláidico	oléico	estearico	palmitico	10-hendecenoico		
1	3040	3004	-	3007	-	-	3007	-	CH
2	2956	2956	2955	2957	2955	2955	2955	2958	CH ₃
3	2924	2924	2919	2924	2916	2916	2916	2950	CH ₂
4	2855	2855	2848	2855	2848	2848	2848	2717	CH ₂
5	1715	1711	1715	1711	1703	1703	1703	1715	C=O
6	1465	1465	1460	1465	1472	1472	1472	-	CH ₂
	1411	1412	1457	1436	1430	1430	1430	1436	CH ₂
	-	-	1419	1413	1411	1411	1411	1413	CH ₂
	-	-	1297	-	1313	1310	-	-	C-C
7	1290	1290	1264	1285	1299	1297	1285	1285	C-C
	1229	1229	1229	1246	1278	1270	1244	1244	C-C
8	963	937	963	939	945	943	914	914	C-C
	880	-	880	-	-	-	-	-	C-C
9	721	721	720	724	720	720	724	724	CH ₂

Tabela 2 - Principais designações dos modos vibracionais de alguns ésteres de ácidos graxos de cadeias longas.

Bandas	cm ⁻¹						designações
	elaidato de metil	oleato de metil	trans-6-octade-cenato de metil	estearato de metil	10-hendecenoato de metil		
1	-	3003	3005	-	3072	CH	
2	-	-	2955	2956	-	CH ₃	
3	2926	2926	2959	2919	2992	CH ₂	
4	2856	2856	2889	2848	2922	CH ₂	
5	1746	1746	1741	1741	1746	C=O	
6	1464	1464	1464	1464	1464	CH ₂	
		1438	-	-	1438	CH ₂	
7	1248	1247	1247	1213	1247	C-C	
	1199	1197	1197	1194	1197	C-C	
	1172	1172	1172	1172	1172	C-C	
8	967	1018	1019	988	1004	C-C	
	-	-	967	883	917	C-C	
9	724	724	727	732	724	CH ₂	

Tabela 3 - Principais designações dos modos vibracionais de alguns triglicérides de ácidos graxos de cadeias longas.

Bandas	cm ⁻¹				designações
	trielaidina	trioleína	trimiristina	tripalmitoestearina	
1	-	3007	-	-	CH
2	2955	2955	2955	2955	CH ₃
3	2916	2924	2958	2958	CH ₂
4	2848	2855	2889	2889	CH ₂
5	1738	1749	1748	1748	C=O
6	1468	1465	1472	1472	CH ₂
7	1252	1241	1252	1252	C-C
	1211	1168	1203	1203	C-C
	1181	1121	1181	1181	C-C
	1115	1100	1115	1115	C-C
9	-	-	899	899	C-C
	720	724	720	720	CH ₂

Tabela 4 - Principais designações dos modos vibracionais de alguns álcoois de cadeias longas.

Bandas	elaidil	oleil	estearil	designações
		cm⁻¹		
1	-	3006	-	CH
2	2954	-	2955	CH ₃
3	2916	2924	2917	CH ₂
4	2848	2855	2849	CH ₂
5	-	-	-	-
6	1472	1465	1465	CH ₂
7	-	-	-	-
8	1074	1059	1062	C-C
	963	-	-	C-C
9	720	724	720	CH ₂

Tabela 5 - Algumas características físico-químicas do óleo de buriti.

grandeza	unidade de medida			
	adimensional	°C	ppm	%
índice de refração	1,4662 (24, 6 °C)	-	-	-
ponto de fusão	-	25	-	-
ponto de solidificação	-	0 - 17	-	-
índice de saponificação	191,6 - 246	-	-	-
índice de iodo	25 - 83,6	-	-	-
densidade relativa	0,90932 (28,3 °C)	-	-	-
matéria insaponificável	-	-	-	0,5 aprox.
carotenóides	-	-	1700 (mín.)	-
tocoferóis	-	-	800 (mín.)	-
ácidos graxos saturados:				
mirístico	-	-	-	0,1
palmítico	-	-	-	19,2
esteárico	-	-	-	2
ácidos graxos insaturados:				
palmitoléico	-	-	-	0,3
oléico	-	-	-	73,3
linoléico	-	-	-	2,4
linolênico	-	-	-	2,2

Tabela 6 - Principais bandas e designações dos óleos vegetais pesquisados .

Bandas	cm ⁻¹				designações
	buriti	babaçu	andiroba	copaiba	
1	3006	3007	3005	3070	(=CH) stretching
2	2954	2955	2953	2950	CH ₃ as. stretching
3	2922	2923	2923	2924	CH ₃ as. stretching
4	2854	2854	2854	2855	CH ₂ s. stretching
5	1744	1743	1741	1742	C=O stretching
6	1655	1664	1657	-	C=C stretching
7	1464	1464	1463	1447	CH ₃ scissors
8	1040-1290	1040-1290	1040-1290	-	C=C-C-O
9	-	-	-	-	-
10	722	722	722	724	CH ₃ rocking



**CLUBE DE
AUTORES**

www.clubedeautores.com.br

CLUBE DE AUTORES PUBLICAÇÕES S/A DETÉM OS DIREITOS LEGAIS DE PUBLICAÇÃO, DIVULGAÇÃO E COMERCIALIZAÇÃO DESTA OBRA. CONFIRA A DISPONIBILIZAÇÃO NO SÍTIO:

<https://www.clubedeautores.com.br/livro/oleo-de-buriti#.XJfZ1v1Kis>