



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS



FACULDADE DE AGRONOMIA “ELISEU MACIEL”

DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AGROINDUSTRIAL

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**Óleo de andiroba (*Carapa guianensis*): análise descritiva e
proposição de potenciais usos tecnológicos**

Andreza de Brito Leal

Pelotas, 2023

Andreza de Brito Leal

Óleo de andiroba (*Carapa guaianensis*): análise descritiva e proposição de potenciais usos tecnológicos

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Comitê de orientação:

Prof. Dr. Cesar Valmor Rombaldi – UFPEL

Dra. Helen Cristina dos Santos Hackbart – UFPEL

Pelotas, 2023

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas Catalogação na Publicação

L433o Leal, Andreza de Brito

Óleo de andiroba (*Carapa guaianensis*) : análise descritiva e proposição de potenciais usos tecnológicos / Andreza de Brito Leal ; Cesar Valmor Rombaldi, orientador ; Helen Cristina dos Santos Hackbart, coorientadora. — Pelotas, 2023.

60 f. : il.

Dissertação (Mestrado) — Ciência e Tecnologia de Alimentos, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2023.

1. *Carapa guianensis*. 2. Repelência. 3. Bioativos. 4.

Antioxidante. 5. Voláteis. I. Rombaldi, Cesar Valmor, orient. II. Hackbart, Helen Cristina dos Santos, coorient. III. Título.

CDD : 583.2564

Elaborada por Ubirajara Buddin Cruz CRB: 10/901

*Dedico este trabalho aos familiares e
amigos que contribuíram de diversas
formas para a conclusão.*

AGRADECIMENTOS

É um grande desafio agradecer em poucas linhas a todos que contribuíram para que esse trabalho fosse concluído, agradeço a cada oração, a cada palavra encorajadora que me foi direcionada. A distância da família e de pessoas que amo pesou muitas vezes e a vontade de estar em casa sempre me acompanhou. Desde já, justifico que a ordem de agradecimentos não tem importância, pois todos foram essenciais em minha vida.

Primeiramente sou grata a Deus, pois sei que não estaria aqui sem a sua graça, nos momentos em que mais precisei esteve comigo e me deu ânimo para seguir, sei que tens os sonhos mais belos para a minha vida.

Agradeço à minha família por sempre orar por mim, obrigada pelos conselhos e cuidado mesmo tão longe dos seus braços, minha base de tudo. Mãe, pai, mana, vô e vó eu amo vocês mais que tudo.

Agradeço aos novos amigos que aqui fiz Eric Ossugui, Renires Teixeira, Igor Henrique, Fane Macueia, Kátia Gomes, Aguiar Mariano, Ytaiara Lima, Andrielle Cunha, Helen Hackbart, Ricardo Botelho, Adriane Oliveira (esses se tornaram família), que bela foi essa amizade que nasceu e bons foram os momentos ao lado de todos. Não tem como não agradecer toda a paciência depositada Cesar Valmor Rombaldi, meu querido orientador, obrigada pela oportunidade concedida e por toda a dedicação.

À Universidade Federal de Pelotas por ter me oferecido tal oportunidade e ter me recebido carinhosamente, agradeço todos os professores que tive o prazer de cursar disciplinas.

À Capes pela concessão da bolsa.

Resumo

LEAL, Andreza de Brito. **Óleo de andiroba: análise descritiva e proposição de potenciais usos tecnológicos.** Orientador: Cesar Valmor Rombaldi. 2022. 57 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2023.

A Amazônia apresenta a maior diversidade genética de espécies vegetais do planeta, tornando-a interessante aos olhos de cientistas e naturalistas pelo mundo todo. Dentre essas espécies se encontra a andiroba (*Carapa guianensis*), uma árvore da família Meliaceae, de grande porte, que produz fruto, comumente denominado de ouriço, que tem sementes e o produto oriundo dessas sementes é um óleo conhecido como óleo de andiroba. Esse óleo tem sabor amargo que se dá graças a presença de compostos denominados como limonóides. Esse óleo é amplamente utilizado na região amazônica, tanto para meios medicinais, quanto para cosméticos. É notório, através das pesquisas, que o óleo de andiroba vem se mostrando importante matéria-prima de estudo em função das propriedades tecnológicas. No entanto, não se têm referencias na literatura sobre uma ampla caracterização do óleo, obtido por processo artesanal. Por isso, fez-se a caracterização físico-química clássica, o descritivo elementar, o perfil de ácidos graxos e de compostos voláteis. Também, avaliou-se o potencial antioxidante, repelente e antimicrobiano. Do conjunto de avaliações, se observou que esse óleo tem características dentro dos padrões vigentes; 16 compostos voláteis foram identificados, dentre eles o marjoritário foi o hexanal; o ácido oléico é o ácido graxo marjoritário; tem o potássio, seguido por cálcio e sódio, como os cátions marjoritários; tem forte atividade de repelência frente ao gorgulho do feijão; e, não tem atividade antimicrobiana.

Palavras-chave: *Carapa guianensis*, repelência, bioativos, antioxidante, voláteis

Abstract

LEAL, Andreza de Brito. **Andiroba oil: descriptive analysis and proposition of potential technological uses.** Advisor: Cesar Valmor Rombaldi. 2022. 57 p. Dissertation (Master in Food Science and Technology) – Department of Agroindustrial Science and Technology, Federal University of Pelotas, Pelotas, 2023.

The Amazon has the greatest genetic diversity of plant species on the planet, making it interesting for scientists and naturalists around the world. Among these species is andiroba (*Carapa guianensis*), a large tree of the Meliaceae family, which produces fruit, commonly called uricó, which has seeds and the product from these seeds is an oil known as andiroba oil. This oil has a bitter taste due to the presence of compounds known as limonoids. This oil is widely used in the Amazon region, both for medicinal purposes and for cosmetics. It is notorious, through research, that andiroba oil has been proving to be an important raw material for study due to its technological properties. However, there are no references in the literature about a broad characterization of the oil, obtained by artisanal process. Therefore, the classic physical-chemical characterization, the elemental description, the profile of fatty acids and volatile compounds were carried out. Also, the antioxidant, repellent and antimicrobial potential was evaluated. From the set of evaluations, it was observed that this oil has characteristics within the current standards; 16 volatile compounds were identified, among them the majoritarian was hexanal; oleic acid is the major fatty acid; it has potassium, followed by calcium and sodium, as the major cations; it has strong repellent activity against the bean weevil; and, it has no antimicrobial activity.

Keywords: andiroba, *Carapa guianensis*, bioactives, antioxidant, volatiles.

Lista de Figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1. <i>Carapa guianensis</i> | 16 |
| Figura 2. Sementes de andiroba ouriço..... | 17 |
| Figura 3. Fluxograma da extração do óleo de andiroba..... | 21 |
| Figura 4. Sementes de andiroba..... | 22 |
| Figura 5. Endosperma separado da casca..... | 22 |
| Figura 6. Estruturas químicas dos Tetranortriterpenóides do óleo de semente de <i>C. guianensis</i> | 23 |
| Figura 7. Principais compostos voláteis no óleo de andiroba. Mapa de calor dos compostos orgânicos voláteis presentes no óleo de andiroba..... | 44 |
| Figura 8. Sectograma da quantificação (%) dos metais presentes no óleo de andiroba..... | 47 |
| Figura 9. Atividade antimicrobiano do óleo de andiroba frente as cepas ATTCC..... | 50 |

Lista de Tabelas

| | |
|--|-------|
| Tabela 1. Aplicações do óleo de andiroba..... | 19/20 |
| Tabela 2. Valores semi quantitativos de resíduos gerados..... | 25/26 |
| Tabela 3: Parâmetros analisados..... | 26/27 |
| Tabela 4. Características gerais do óleo de andiroba..... | 36 |
| Tabela 5. Composição de ácidos graxos presentes em óleo de andiroba..... | 41 |
| Tabela 6. Compostos orgânicos voláteis identificados por CG-MS em óleo de andiroba..... | 45 |
| Tabela 7. Valores médios de concentração (mg/Kg) e seus respectivos desvios padrões para os minerais no óleo de andiroba..... | 46 |
| Tabela 8. Teste de repelência do óleo em gorgulhos..... | 49 |
| Tabela 9. Teste de ação microbiana do óleo de andiroba | 49 |

Lista de Abreviações

- ABTS: 2,2'- azinobis-acid,3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic
AEG: Equivalência de ácido gálico
ATT: Acidez total titulavel
C: Catequina
CCD: Charge-coupled device
CG: Cromatografia gasosa
COVs: Compostos orgânicos voláteis
DPPH: 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl
EAT: Atividade equivalente de trolox
HS-SPME: espaço livre - microextração em fase sólida
mEq: Miliequivalente
MS: Espectrometria de massa
pH: Potencial hidrogeniônico
Q: Quercetina
TAE: Equivalência de ácido tântico
TC: Taninos condensados
TH: Taninos hidrolisados
TT: Taninos totais

Sumário

| | |
|--|-----|
| 1. INDRODUÇÃO | 12 |
| 2. OBJETIVOS | 15 |
| 2.1 Objetivo Geral..... | 15 |
| 2.2 Objetivos específicos | 15 |
| 3. REVISÃO DA LITERATURA | 16 |
| 3.1 Descrições da espécie | 16 |
| 3.2 Potenciais usos da espécie | 18 |
| 3.3 Extração do óleo | 20 |
| 3.4 Composição química..... | 22 |
| 4. MATERIAS E MÉTODOS | 24 |
| 4.1 Solventes e reagentes | 24 |
| 4.2 Gestão de Resíduos | 25 |
| 4.3 Matéria-prima | 26 |
| 4.4 Desenho experimental..... | 26 |
| 4.4.1 Análise físico-química | 27 |
| 4.4.2 Análise de composição proximal | 27 |
| 4.4.3 Atividade antioxidante | 31 |
| 4.4.4 Perfil lipídico..... | 32 |
| 4.4.5 Perfil de compostos voláteis..... | 33 |
| 4.4.6 Análise elementar..... | 333 |
| 4.4.7 Teste de repelência para <i>Acanthoscelides obtectus</i> | 344 |
| 4.4.8.Avaliação da atividade antimicrobiana do óleo de andiroba (Carapa guianensis)..... | 35 |
| 4.4.9 Análise de dados | 355 |
| 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 366 |
| 5.1 Caracterização do óleo de andiroba | 366 |
| 5.2 Perfil de ácidos graxos em óleo de andiroba | 400 |
| 5.3 Perfil de voláteis | 433 |
| 5.4 Análise Elementar..... | 466 |
| 5.5 Atividade de repelência | 48 |
| 5.6 Ensaio de atividade antimicrobiano do óleo de andiroba | 49 |
| 6. CONCLUSÃO..... | 511 |
| REFERÊNCIA | 522 |

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o país com a maior diversidade e variabilidade genética vegetal do planeta, com cerca de 55 mil espécies de plantas superiores, aproximadamente 22% do total mundial (SALATI; SANTOS; KLABIN, 2006). A região Norte é reconhecida como uma das mais relevantes nesse cenário, por ser o berço de milhares de espécies vegetais de valor biológico, ambiental, cultural, econômico e social. Vale ressaltar que essas espécies têm amplo potencial, tanto para o consumo *in natura*, como na forma de alimento processado (MONTEIRO *et al.*, 2016), para extração de frações e de compostos bioativos (BARRETO *et al.*, 2005), para usos na indústria farmacêutica (OLAYA *et al.*, 2006), artesanato e turismo (KUBRUSLY; IMBROISI, 2011), dentre outros.

Como exemplo disso, tem-se casos consolidados, como o do açaí, amplamente popularizado em vários países (MOURÃO, (2011); PEREIRA; SCHMIDT, (2010)), utilizado na alimentação popular, produção industrial e artesanal (BOEIRA *et al.*, 2020), com propriedades nutricionais e funcionais (YUYAMA *et al.*, 2011), além do uso em cosméticos (PACHECO; TALCOTT; MERTENS, 2008). Porém, apesar do destaque obtido com esse fruto/polpa, os impactos econômicos e sociais no ecossistema de produção são limitados, já que grande parte é exportada sem significativa incorporação de valor agregado.

A diferenciação do produto e a incorporação de conhecimento intangível se fazem majoritariamente nos países importadores (BENTES; HOMMA; SANTOS, 2017). Por exemplo, 1 kg de polpa de açaí, na região de produção, é comercializado na safra em torno de R\$ 10,00 e na entressafra por R\$ 25,00. Após a liofilização, 1 kg de produto atinge em torno de U\$ 65,00 (R\$ 325,00) no mercado internacional. Isso demonstra a necessidade de se investir na agregação de valor de produtos dos biomas brasileiros. Isso passa pela geração de conhecimentos tangíveis e intangíveis (PAULISTA; CAMPOS; TURRIONI, 2010). Quando essa matéria-prima participa da formulação de alimentos com alegações funcionais ou em produtos de higiene e cosméticos, o valor chega, frequentemente, a U\$ 100,00. Inclui-se nesse conceito de valor intangível o significado ou sinal distintivo “Amazônia” (VIEIRA, 1999).

Para a geração de conhecimento/resultados tangíveis, descrevem-se as composições, propõem-se métodos e processos de extração (POURMORTAZAVI; HAJIMIRSADEGUI, 2007), de transformação (OLIVEIRA; SILVA; GONÇALVES,

1998), de criação de coprodutos (CHOON *et al.*, 2018), agregando valor tecnológico (PANNIRSELVAM *et al.*, 2015). Além disso, há potencial para incorporar conhecimento intangível, como é o caso da inclusão do valor cultural, social e ecológico do Bioma Amazônico (CHAVES, 2023).

É nessa perspectiva que este trabalho se insere, tendo a andiroba (*Carapa guianensis*), uma árvore da família Meliaceae (TAPPIN *et al.*, 2008), como objeto de estudo. Trata-se de uma árvore de grande porte, podendo atingir cerca de 30 m, com frutos redondos, folhas grandes e escuras, flores de coloração branca e sementes grandes e angulares (ORELLANA; KOBAYASHI; LOURENÇO, 2004). O produto oriundo das sementes (o mais conhecido) é óleo/gordura, que possui cor amarelo claro transparente e solidifica-se a temperaturas abaixo de 25 °C. Uma característica sensorial marcante, amplamente conhecida entre os consumidores de óleo de andiroba, é seu sabor amargo.

Na Amazônia, o óleo tem participação na economia local e continua sendo usado, em especial, na medicina popular (CAMPOS *et al.*, 2013). O uso de plantas medicinais para tratamento de doenças é empregado desde o princípio da humanidade, com o conhecimento empírico passado de geração em geração, tendo como crença que a planta como matéria prima natural é totalmente segura e eficaz (COLOMBO, 2010). Entretanto, é amplamente conhecido que há necessidade de estudos que demonstrem a eficiência, eficácia e segurança da espécie, órgão ou fração utilizada. No caso do óleo de andiroba, o uso popular se faz como agente antirreumático, analgésico, anti-inflamatório e cicatrizante. Também é utilizado na fabricação de velas como repelente, e em sabonetes e cosméticos (BALDISSERA *et al.*, 2013; SENHORINI *et al.*, 2012). Estudos revelaram ação acaricida (FARIAS *et al.*, 2007, 2009), larvicida (SILVA *et al.*, 2004) e ainda como repelente de insetos (MIOT *et al.*, 2004, 2011).

O óleo de andiroba apresenta em sua composição lipídica, ácido oleico (50 - 58%), ácido palmítico (9 – 28%), ácido esteárico (8 – 10%), ácido linoleico (4 – 11%), ácido palmitoléico (\leq 1%), ácido mirístico ($<1\%$), ácidos voláteis (0,8%) (MARTINBOROUGH, 2003), além de uma fração insaponificável (2 a 5%), composta por substâncias amargas denominadas meliáceas ou limonóides que, provavelmente, são os agentes que exercem a atividade biológica do óleo (AMBROZIN *et al.*, (2000); AMBROZIN *et al.*, (2006).

Limonóides são terpenos, da subclasse tetrnorriterpenóides oxigenados, insolúveis em água, e solúveis em hidrocarbonetos, álcool e acetona (ROY; SARAF,

2006); MOHAMAD *et al.*, (2009). A rota biosintética desses terpenos em plantas prevê como precursor um triterpeno que, no final, dá origem aos tetrnortriterpenóides pela perda de quatro átomos de carbono do precursor original. Os limonóides são conhecidos pelo fato de apresentarem atividade contra insetos, seja interferindo no seu crescimento, seja pela inibição na ingestão de alimentos (SIMÕES *et al.*, 2007).

Alguns dos tetrnortriterpenóides isolados da *C. guianensis* são a 11 β -acetoxigedunina, 6 α ,11 β diacetoxigedunina, 7-desacetóxi-7-oxogedunina, andirobina; epoxiazadiradiona, 6 α -acetoxi-epoxiazadiradiona, 6 α -acetoxigedunina; a 6 α -hidroxigedunina, angolensato de metila e gedunina (QI *et al.*, 2003 e 2004). Dentre esses isolados a azadiractina é talvez o tetrnortriterpenóide no estágio mais avançado de desenvolvimento tecnológico, considerando que já constitui a base de um produto repelente comercializado nos Estados Unidos (SIMÕES; SPITZER, 2001), possui elevada atividade inseticida (MATOS *et al.*, 2009). Já, a gedunina apresenta efeito antiplasmódico frente ao *Plasmodium falciparum* (KIRANDEEP *et al.*, 2009). A andirobina, por sua vez gerou propriedades anti-inflamatórias, cicatrizantes e insetífugas (ROY; SARAF, 2006).

O óleo de andiroba também serve de insumo para as indústrias cosméticas, farmacêuticas, alimentícias e têxteis, fazendo parte da composição de perfumes, produtos de higiene pessoal e de beleza, corantes e alimentos funcionais (SARQUIS *et al.*, 2020). O aumento da procura pelo óleo da andiroba no mercado de cosméticos se deu após o patenteamento de um creme hidratante e um creme anticelulite à base desse óleo pela empresa francesa Yves Rocher (MORAIS; GUTJAHR, 2012).

Embora haja esse conhecimento empírico (conhecimento e uso popular) e científico (AMBROZIN *et al.*, (2006); MIOT *et al.*, (2004); COSTA *et al.*, (2018); HENRIQUES; PENIDO, (2014); PROPHIRO *et al.*, (2012), há questões não bem respondidas. Uma delas diz respeito ao descritivo da composição desse óleo, obtido por extração tradicional/manual (prensagem manual da semente). É aqui que reside o objetivo desse estudo: descrever, detalhadamente, a composição do óleo de andiroba.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

É perceptível, através das pesquisas, que o óleo de andiroba (*Carapa guianensis*) vem se mostrando importante matéria-prima de estudo em função das suas potenciais propriedades tecnológicas. Contudo, não se detecta, na maioria das pesquisas, uma descrição detalhada com relação à composição deste óleo, sobretudo quando obtido por processos artesanais. É nesse contexto que essa pesquisa se insere: descrever a sua composição geral.

2.2 Objetivos específicos

- Caracterizar o óleo de andiroba quanto à composição físico-química;
- Analisar o óleo de andiroba quanto à composição proximal;
- Avaliar a composição de bioativos;
- Caracterizar o óleo de andiroba quanto à capacidade antioxidante;
- Avaliar o perfil lipídico do óleo;
- Analisar a composição volátil;
- Caracterizar o óleo de andiroba quanto à composição elementar; e,
- Propor potencial uso do óleo de andiroba.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1 Descrições da espécie

No Brasil diversas denominações populares são empregadas para *Carapa guianensis* como: andiroba, andiroba-branca, andiroba-de-igapó, andiroba-lisa, andiroba-saruba, andiroba-vermelha, andirobaruba, andirobeira, andirobinha, andirova, angiroba, camaçari, carapá, carapinha, caropá, comuçari, gendiroba, jandiroba, mandiroba, penaíba, purga-de-santo-Inácio, randiroba, yandiroba (FERRAZ; CAMARGO; SAMPAIO, (2002); EMBRAPA, (2004)).

Carapa guianensis (Figura 1) é uma grande árvore neotropical, pertencente à família das Meliaceae, que pode ser encontrada no norte da América do Sul, América Central, Caribe e África Subsaariana. Ocorre amplamente na região norte do Brasil, expressivamente nos estados do Acre, Amazonas, Amapá e Pará (LAMEIRA; MEDEIROS, 2022), onde é conhecida como andiroba e está presente em terras baixas e áreas inundadas em toda a região amazônica (ARAUJO-LIMA *et al.*, (2018); MENDONÇA. *et al.*, (2020).



Figura 1. Andirobeira (*Carapa guianensis*).

A *C. guianensis* é considerada uma espécie clímax, de crescimento rápido. Possui grande plasticidade fisiológica quando submetida ao estresse hídrico, especificamente ao déficit de água (Gonçalves *et al.*, 2009), fato pelo qual se desenvolve em diferentes tipos de solos, exceto os extremamente secos. Ocorrem no domínio

fitogeográfico da Amazônia, nos tipos vegetacionais de floresta de terra firme e floresta de várzea (FLORA DO BRASIL, 2016). São árvores de porte médio a alto que podem chegar até 35 metros de altura. O tronco pode atingir até 200 cm de diâmetro apresentando ou não sapopemas. Suas raízes são do tipo tabular, que dão mais sustentação à árvore (LIRA-GUEDES; NARDI, (2015); LAMEIRA; MEDEIROS, (2022).

É uma espécie monóica, com flores femininas mais longevas e persistentes que as masculinas e duram no máximo um dia (MAUÉS, 2008); são brancas, pequenas, solitárias, subsésseis, glabras, levemente perfumadas, contendo 8 anteras, 1 ovário, 4 lóculos, com até 6 óvulos e estão inseridas em uma inflorescência paniculada localizada principalmente na extremidade dos ramos (VIEIRA; GALVÃO; ROSA, 1996). A inflorescência é sustentada por brácteas pontudas, axilares ou subterminais (FERRAZ; CAMARGO; SAMPAIO, 2002).

O fruto (Figura 2) é um ouriço que possui entre 4 a 16 sementes marrons, irregulares e angulosas (LIRA-GUEDES; NARDI, 2015). O sabor amargo da andiroba, o qual está presente em todas as suas partes é devido à presença de grupos químicos denominados limonóides, tetrnortriterpenóides ou meliáceas, tais compostos são responsáveis pelos efeitos inseticidas, sendo produzidos pelas plantas como mecanismo de defesa contra insetos fitófagos (SENHORINI *et al.*, 2012). Portanto, esse efeito, dentre outros, foi responsável pela popularização do óleo de andiroba nas regiões amazônicas, sendo utilizado há décadas por povos originários.



Figura 2. Sementes de andiroba e ouriço.

3.2 Potenciais usos da espécie

A andiroba pode ser utilizada para diversas finalidades. A madeira, por exemplo, é destinada para confecção de móveis, além disso, construção civil, lâminas e compensado e as sementes para extração de óleo. Ao longo da história do Amazonas o óleo de andiroba teve uma importante participação na economia regional e continua sendo muito apreciado, principalmente, na medicina popular (MENDONÇA; FERRAZ, 2007). Em comparação com a exploração madeireira, a coleta das sementes necessita de pouco investimento e, além de não ser destrutiva, a produção do óleo pode assegurar um retorno econômico anual para a população local (MENDONÇA; FERRAZ, 2007).

A comercialização das sementes e do óleo de andiroba movimenta os mercados regionais e é fonte de renda de inúmeras famílias que se dedicam exclusivamente a coleta desta oleaginosa (LIRA, 2021). Segundo Oliveira, (2015), uma das empresas instaladas no município de Ananindeua/PA firmou parceria com cerca de 100 comunidades extrativistas, envolvendo mais de 1.500 famílias (80% delas localizadas no estado do Pará), que processam mais de 1.000 t de matéria-prima/ano. O preço pago ao produtor de óleo de andiroba, em média na região amazônica, varia de R\$ 15,00 a R\$ 40,00/litro.

O óleo e a semente possuem uma fração de limonóides insaponificáveis, e estes são citados como responsáveis pela sua atividade biológica (SILVA, 2018). Estes são utilizados para prevenir picadas de insetos, tratarem inflamação na garganta, cortes e contusões, artrite, adnofaringite, doenças de pele, diarreia e câncer uterino (KRIST, 2020; SANTOS et al., 2022).

Recentemente foi relatado o uso de polióis de óleo de andiroba para produção de espumas flexíveis de poliuretano utilizando catálise enzimática (SILVA; CARDOSO; PETZHOLD, 2018). O óleo de andiroba se mostrou utilizável na produção de biocombustíveis, utilizando óxido de nióbio impregnado com sódio como catalisador heterogêneo (CARVALHO, *et al.*, 2020).

Os principais centros de comercialização do óleo de andiroba são farmácias de manipulação, casas especializadas em produtos naturais e laboratórios farmacêuticos ou de higiene e cosméticos (LAMEIRA; MEDEIROS, 2022). A Indústria Amazonoil LTDA, localizada na cidade de Belém – Pará, comercializa produtos para pele e cabelo, por exemplo, os quais possuem entre outros ativos amazônicos, óleos de açaí e andiroba (AMAZON OIL, 2023). A empresa Beraca LTDA, fornecedora líder de ingredientes

naturais extraídos da floresta, produz andiroba com certificação orgânica (BERACA, 2023).

Na atualidade há uma tendência mundial em substituir produtos cosméticos sintéticos pelos naturais e, assim atribuir à biotecnologia um papel cada vez mais relevante no aumento da competitividade tecnológica e industrial (MENEGUETTI; MENEGUETTI; SIVIERO, (2019); CARVALHO, (2013). Contudo, exemplos de produtos comerciais à base de andiroba é a linha de Ekos Andiroba da Natura, com hidratantes, óleos de banho e essências derivadas desta espécie amazônica. Além disso, também é utilizado como combustível para iluminação, em lamparinas. Outro produto derivado é a vela do bagaço da semente, utilizada como repelentes de insetos, comercializada em supermercados e comércios regionais, assim como o sabão e o xampu.

As velas produzidas com óleo de andiroba, muito utilizadas na medicina popular, como repelente, não tópico, eficaz no combate ao mosquito *Aedes aegypti*, vetor da febre amarela e da dengue. Produtos como as velas, são produzidos por pequenas empresas do Estado do Pará e abastecem o mercado local, já sendo comercializadas para outros estados do Brasil, mesmo não havendo comprovação de eficácia nem aprovação pela ANVISA, até o momento (FONTENELLES; YAMAGUCHI, 2018). Resumindo, é ampla a lista de potenciais propriedades de produtos derivados de andiroba (Tabela 1).

Tabela 1. Aplicações do óleo de andiroba

| Aplicações | Referências |
|--|--|
| Função foto protetora | Ferrari et al., 2007 |
| Ação antiinflamatória | Cela et al., 2012, 2014; Matsui et al., 2014 |
| Efeito cicatrizante | Souza et al. 2017; Nayak et al., 2011 |
| Função Antiplasmódico | Miranda-Júnior et al., 2012 |
| Ação anticonvulsivante | Oliveira et al., 2020 |
| Efeito terapêutico | Soares et al., 2020 |
| Efeito antialérgico | Penido et al., 2005 |
| Atividade de repelência | Torres et al., 2014; Oliveira, 2008 |
| Ação inseticida | Fernandes et al. 2016; Klauck et al. 2015 |
| Aplicação Antimicrobiana | Santos et al., 2011; Meccia et al. 2013 |
| Aplicação larvicida contra <i>Aedes aegypti</i> | Mendonça et al., 2005 |
| Atividade frente à parasita | Baldissera et al., 2013; Farias et al. 2010 |
| Efeito frente a carapatos | Farias et al., 2009; Vendramini et al. 2012 |

Continua

| Aplicações | Referências |
|---|--|
| Controle piolhos <i>Felicola subrostratus</i> | Barros et al., 2012 |
| Controle gorgulho <i>Sitophilus zeamais</i> | Coitinho et al., 2006 |
| Produção de biodiesel | Mendonça & Ferraz, 2007; Kenfack, 2011 |
| Produção de biopolímero | Kimura et al., 2016 |
| Cosméticos e biocosméticos | Natura Cosméticos S/A, 2022 |

Fonte: Autor.

3.3 Extração do óleo

O óleo de cor esverdeada e as propriedades medicinais são mais acentuados (BRITO *et al.*, 2020; MELO; ALMEIDA; DANTAS, 2011), no entanto, o óleo amarelo-claro é de maior interesse comercial, pois apresenta maior estabilidade. Neste método, o manejo das sementes influencia diretamente no rendimento e qualidade do óleo, já que não há padronização, diferenciando consideravelmente em função do local de coleta e extração, bem como das condições climáticas (PINTO; RAMÍREZ; SANDOVAL, 2019).

As características dos óleos vegetais podem ser alteradas em virtude do método extração selecionadas e das condições as quais ele é submetido, tais como altas temperaturas, secagem das sementes, irradiação, alta concentração de oxigênio, etc. (RIBEIRO *et al.*, 2012). Os métodos de extração de óleos vegetais comumente utilizados são físicos ou químicos, mediante a utilização de prensas, solventes orgânicos, CO₂ supercrítico, etc., apesar de possuírem alto rendimento, são de difícil manipulação, apresentam custos relativamente elevados e no caso dos solventes ainda acarretam impactos negativos ao meio ambiente (LI *et al.*, 2014).

O processo tradicional de extração do óleo de andiroba pode ser realizado por método artesanal e método industrial, porém tais características variam muito de acordo com o processo de extração (CARVALHO, 2004). Entretanto, deve- se ressaltar que ainda há famílias/empresas que realizam a extração tradicional, principalmente, em localidades isoladas, sem eletricidade, e com escassez de bens e serviços (MENDONÇA; FERRAZ, 2007).

Para a extração do óleo (fluxograma da figura 3), se começa com as sementes sendo depositadas em recipientes com água limpa por, pelo menos, um dia. Isso diminui os estragos causados por mariposas *Hypsipyla ferrealis* Hampson e *H. grandella* Zeller que se alimentam das sementes, diminuindo o rendimento e a qualidade do óleo

(FERRAZ, 2004). As sementes passam por lavagem com água limpa: essa etapa é repetida por duas ou três vezes, onde ocorre a seleção das sementes.

Em sequência, as sementes são submetidas à cocção visando evitar a ação de fungos deteriorantes durante o armazenamento. Durante a cocção, as sementes perdem a firmeza até que seja identificado o ponto adequado para se encerrar o processo, o qual pode ser identificado pela fácil remoção das cascas, seguindo para o resfriamento das sementes e armazenado em recipiente arejado, como por exemplo, em saco de rafia, por cerca de 20 a 30 dias para que ocorra a fermentação e secagem do endosperma (LIRA-GUEDES; NARDI, 2015).

Após esse período, é feita a quebra das sementes para a retirada do endosperma e então ocorre o processo de prensa manual, em seguida o endosperma é depositado em bacias ou recipientes de inox em plano inclinado para o escorrimento da fração oleosa (LIRA-GUEDES; NARDI, 2015). O processo de prensagem ocorre de 2 a 3 vezes por dia e é realizado em média por 30 dias (SANTOS; PELLICCIOTTI, 2016). O armazenamento é feito em garrafas plásticas ou de vidro e o seu uso é recomendado por 2 anos devido à ocorrência de ranço (LIRA-GUEDES; NARDI, 2015).

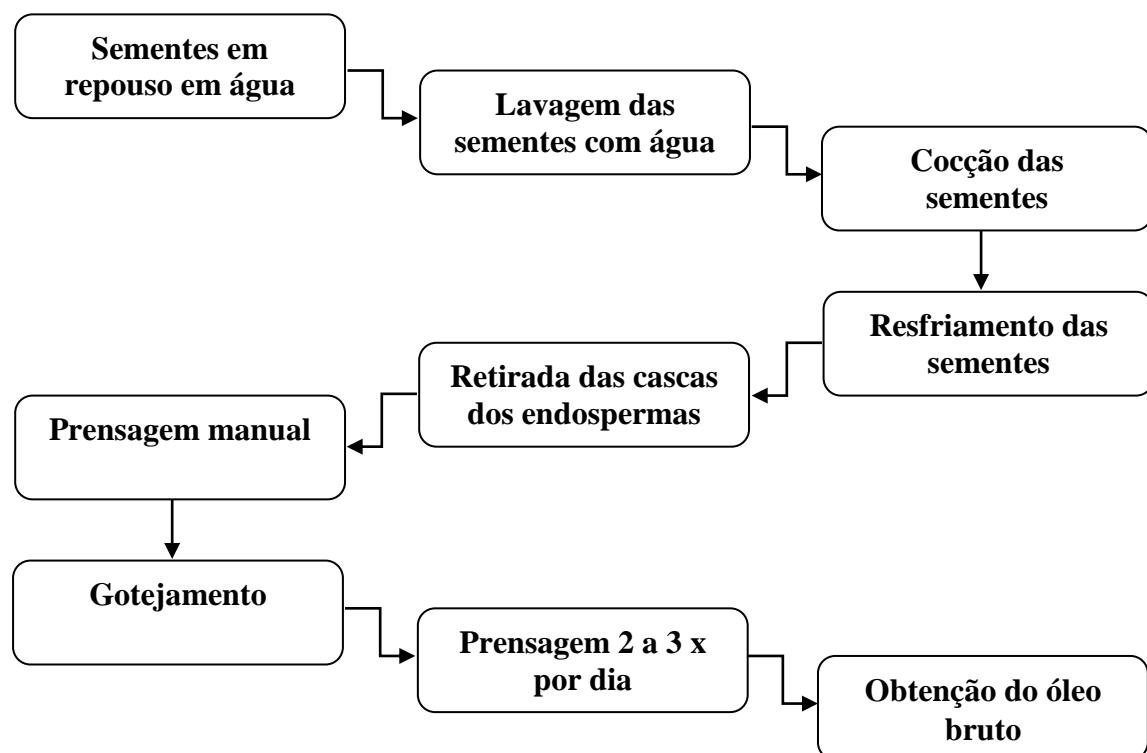


Figura 3. Fluxograma da extração do óleo de andiroba pelo método tradicional/artesanal. Fonte: autora.



Figura 4. Sementes de andiroba.



Figura 5. Endosperma separado da casca.

3.4 Composição química

A constituição química da semente e óleo da espécie do gênero *Carapa* apresenta diversos grupos de moléculas lipídicas, com destaque para os compostos saponificáveis: ácido oléico (\pm 52%), palmítico (\pm 28%), esteárico (\pm 10%) e linoléico (\pm 11%); e de compostos não saponificáveis, como esteróides, triterpeno e principalmente tetranortriterpenos, ou limonóides (2 a 5 %), que são marcadores quimiotaxonômicos da família Meliaceae (AMBROZIN *et al.*, (2006)).

Entre os limonóides encontrados no óleo de semente de *C. guianensis* (Figura 6) estão, 6α -acetoxigedunin, 7-deacetoxi-7-oxogedunin, andirobina, gedunina e metil-angolensate (HENRIQUES; PENIDO, 2014), guianolides A e B, (TAKANOBU *et al.*, 2013), carapanolides M (TAKANOBU *et al.*, 2015), carapanólidos C-I (INOUE *et al.*, 2014), carapanólidos T-U e carapanólidos V-X (TAKANOBU *et al.*, 2015).11 β -

acetoxigedunina, $6\alpha,11\beta$ -diacetoxigedunina; epoxiazadiradiona, 6α -acetoxi-epoxiazadiradiona, 6α -hidroxigedunina (QI *et al.*, 2003 e 2004).

No que diz respeito ao conhecimento tangível sobre a composição do óleo, é notório que há carência de informações acerca da composição química do óleo de andiroba. A elucidação mais ampla de sua composição química irá fornecer informações que auxiliem na compreensão da atividade biológica, permitindo um aproveitamento mais adequado desse produto nas diferentes ramificações da indústria, seja farmacêutica, cosmética e/ou alimentar.

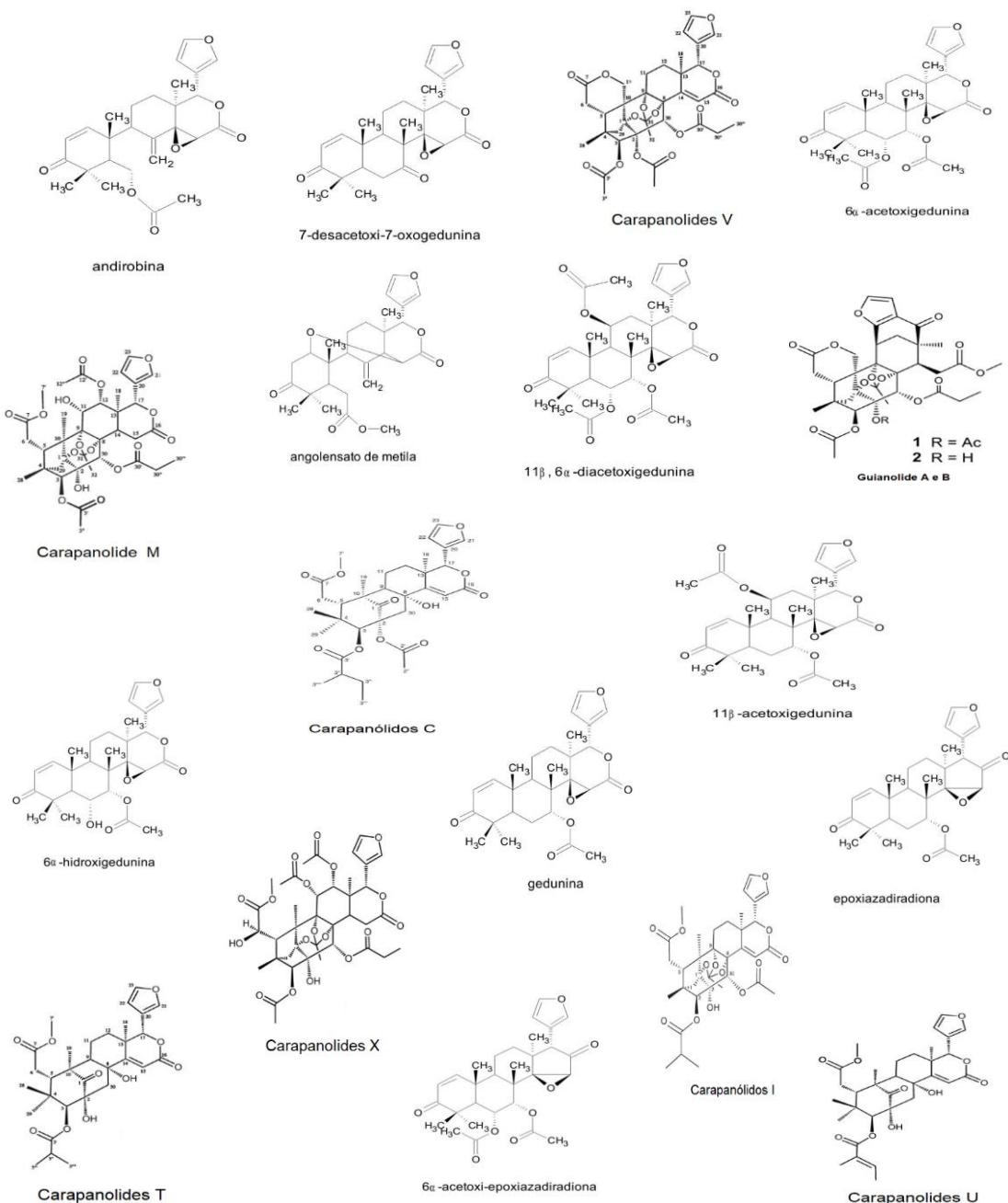


Figura 6. Estruturas dos Tetranortriterpenóides do óleo de semente de *C. guianensis*.
Fonte: Takanobu et al, 2013-15; Tappin 2008.

4. MATERIAS E MÉTODOS

4.1 Solventes e reagentes

- ABTS⁺ (2,2'- azinobis-acid,3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic) (Sigma-Aldrich, pureza > 98%, CAS: 30931-67-0, USA);
- Acetato de sódio NUCLEAR (Rio de Janeiro - Brasil);
- Acetona (Synth, pureza 99,5%, Brasil);
- Ácido acético (Synth, pureza 99,5%, Brasil);
- Ácido clorídrico (Synth, pureza 36,5%, Brasil);
- ácido gálico (Dinâmica, pureza de 98%, Brasil);
- Ácido nítrico (Synth, pureza 65% PA-ACS, Brasil);
- Água ultra-pura, purificada em sistema Direct-Q UV3;
- Benzofenona (Dinâmica, pureza 100%, CAS: 119-61-9, Brasil);
- Biftalato de potássio (Synth, Brasil);
- Carbonato de sódio (Synth pureza > 99%, Brasil);
- Ciclohexano (Detec, Brasil – SP);
- Citrato de sódio NUCLEAR (Rio de Janeiro - Brasil);
- Cloreto de alumínio (Synth, pureza 99%, Brasil);
- Cloreto de potássio NUCLEAR (Rio de Janeiro - Brasil);
- Cloreto de sódio (Synth, peso Molecular: 58,44, P.A.-A.C.S, Brasil)
- Cloreto férrico (Exodo científica, peso Molecular: 270,33, P.A.-A.C.S, Brasil);
- Clorofórmio (Synth, pureza 60%, Brasil);
- DPPH[•] (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) (Sigma-Aldrich, CAS: 1898-66-4, Índia);
- Etanol (Dinâmica, pureza de 99,5%, Brasil);
- Folin ciocalteau (Exodo Científica, Brasil);
- Hexano (Dinâmica, pureza de 98,5%, Brasil);
- Hexano LabSynth (Rio de Janeiro - Brasil);
- Hidróxido de potássio (Synth, pureza 85%, Brasil);
- Hidróxido de sódio (Dinâmica, 98% de pureza, Brasil);
- Iodeto de potássio (Dinâmica, Brasil);
- Metanol (Dinâmica, pureza de 99,9%, Brasil);
- Nitrogênio comprimido White Martins (Rio de Janeiro - Brasil);
- Peroxido de hidrogênio (Detec, Brasil – SP);
- Persulfato de potássio (Impex, pureza de 99%, Brasil) (140 mM);

- Solução de wijs (Dinâmica, Brasil);
- Sulfato de amônio NUCLEAR (Rio de Janeiro - Brasil);
- Tiossulfato de sódio (Synth, pureza 99,5%, Brasil);
- Trolox (Sigma-Aldrich, pureza de 97%, CAS: 53188-07-1, Brasil);
- Vanilina (Exodo científica, peso Molecular: 152,15, Brasil).

4.2 Gestão de Resíduos

Os resíduos gerados durante as atividades deste estudo foram destinados de acordo com as orientações do Núcleo de Planejamento Ambiental da UFPEL (NPA), utilizando o Manual de Gerenciamento de resíduos. Todos os resíduos químicos necessitam de rotulagem nos frascos individuais, para segurança na segregação, foram respeitadas as compatibilidades químicas. Os frascos rotulados obtiveram destinação final ambientalmente adequada. O consumo de solventes e outros reagentes, está relatado na Tabela 2.

Tabela 2. Valores semi quantitativos de resíduos gerados.

| Solvente e/ou Reagente | Concentração | Resíduo |
|--|--------------|-------------|
| Acetona | P.A | 126 mL |
| Acetona | 70% | 165 mL |
| Ácido acético | P.A | 90 mL |
| Ácido clorídrico | 0,5 N | 3 mL |
| Ácido nítrico | P.A | 0,15 mL |
| Carbonato de sódio | Saturado | 100 mL |
| Ciclohexano | P.A | 30 mL |
| Clorofórmio | P.A. | 130 mL |
| Cloreto de alumínio | 2,50% | 600 μ L |
| Cloreto de sódio | P.A | 3 g |
| Cloreto férrico | 5% | 10 mL |
| Etanol | P.A | 39 mL |
| Hexano | P.A | 6 mL |
| Hidróxido de potássio | 0,1 N | 2 mL |
| Hidróxido de sódio | 0,1 M | 71,5 mL |
| Metanol | P.A | 110 mL |
| Peroxido de hidrogênio | 35% | 0,15 mL |
| Persulfato de potássio | P.A | 378,4 mg |
| Solução alcoólica de hidróxido de potássio | 4% | 60 mL |
| Solução de ácido clorídrico metanólico | 1% | 30 mL |
| Solução de benzofenona | P.A | 50 μ g |

| Solvente e/ou Reagente | Concentração | Resíduo |
|--|--------------|---------|
| Solução de Folin Ciocalteau | 1 N | 90 mL |
| Solução de iodeto de potássio | 15% | 30 mL |
| Solução vanilina 1%: ácido clorídrico 8% mentanólico | 1:1 | 15 mL |
| Solução de Wijs | 0,2 N | 60 mL |
| Tiossulfato de sódio | 0,1N | 200 mL |

Fonte: autor.

4.3 Matéria-prima

Óleo de andiroba (*Carapa guaianensis*), da safra de 2022, foi elaborado por produtores familiares no município de Cametá, no interior do estado do Pará. Esse óleo foi produzido pelo método tradicional, seguindo o fluxograma apresentado na revisão bibliográfica dessa dissertação. Ele consiste em coletar as sementes, pô-las em água por 24 h, lavá-las, cozinhá-las até o amolecimento, aguardar o resfriamento em temperatura ambiente, esmagá-las manualmente para a separação da casca e endosperma, manutenção da massa em recipiente de inox em plano inclinado para o escorrimento da fração oleosa. Essa fração também é objeto de estudo desse projeto, que é parte de projeto aprovado junto à Fapergs, Fapesp, Fapesc e Fappa, Amazônia + 10, contratado em dezembro de 2022.

Para a caracterização do óleo foram realizadas análises da composição físico-química, proximal, bioativos, potencial antioxidante, perfil lipídico, compostos voláteis e análise elementar. A amostra foi devidamente cadastrado no SISGEN (Sistema Nacional de Gestão do Patrimônio Genético e do Conhecimento Tradicional Associado).

4.4 Desenho experimental

Tabela 3: Parâmetros analisados

| Amostra | Analises |
|--|---|
| Óleo de andiroba (<i>Carapa guaianensis</i>) | <ul style="list-style-type: none"> - Potencial hidrogeniônico - Acidez total titulável - Umidade - Cinzas - Índice de peróxido |

| Amostra | Análises |
|---|---|
| Óleo de andiroba (<i>Carapa guaianensis</i>) | <ul style="list-style-type: none"> - Clorofila A - Clorofila totais - Taninos totais - Taninos condensados - Fenólicos totais - Fenólicos livres Flavonóides - Capacidade antioxidant ABTS - Capacidade antioxidant DPPH <ul style="list-style-type: none"> - Perfil lipídico - Perfil de voláteis - Análise elementar -Repelência -Atividade antimicrobiana |

Fonte: Autor.

4.4.1 Análise físico-química

O potencial hidrogeniônico (pH) foi determinado com potenciômetro digital de bancada (KASVI, K39-1420^a, Brasil), munido com eletrodo e sonda de temperatura (KASVI, K38-1301^a, Brasil), calibrado previamente com soluções tampão pH 4 e pH 7.

A acidez total titulável (ATT), seguiu a metodologia proposta pela AOAC, baseada em volumetria potenciométrica. Uma solução de hidróxido de sódio 0,1M (m/v) (Dinâmica, Brasil) padronizada com biftalato de potássio (Synth, Brasil) foi utilizada para titular 10 g de amostra diluída em 50 mL de água destilada, sob agitação constante, até pH 8,1. O resultado foi expresso mEq hidróxido de sódio/g de amostra (mEqNaOH/g). Essas análises foram realizadas no laboratório de metabólicos secundários, DCTA-UFPEL.

4.4.2 Análise de composição proximal

O teor de umidade foi determinado segundo metodologia proposta pela AOAC (1992). Cinco gramas de amostra foram colocados em cápsula de alumínio secas e postas em estufa (Solid Steel, modelo SSA – 85 L, Brasil), a 105 °C, por 4h. Após

resfriamento em dessecador foi feita a pesagem e repetiram-se os aquecimentos, até massa constante. O resultado foi expresso em porcentagem.

Para o teor de cinzas, também adotou-se a metodologia proposta pela AOAC, (1992), no qual foram determinadas através de incineração. Pesaram-se 5 g de amostra e, após transferência para cápsula de porcelana, foi submetida à incineração por bico de Bunsen no intervalo de 15 min e, depois, foi colocada em mufla a 550 °C até massa constante. O resultado foi expresso em porcentagem.

Na determinação do índice de peróxidos, se seguiu a metodologia proposta por Moreto; Fett, (1989), no qual, foi pesado 2g de amostra em erlenmeyer de 250ml com tampa esmerilhada. À amostra, foram adicionados 30 mL de solução de ácido acético:clorofórmio (3:2 v/v), agitando-se a mistura até a homogeneidade das fases. Após, adicionou-se 0,5 mL de solução saturada de iodeto de potássio, fez-se agitação manual para a mistura completa da solução e deixou-se em repouso no escuro por 1min. Foram adicionados 30 mL de água destilada e, então, passou-se para a etapa de titulação com tiossulfato de sódio 0,1 normal (N) até surgimento da cor levemente alaranjada. Por fim, adicionou-se 0,5 mL de solução de amido 1%, e uma segunda titulação iniciou até que a solução começasse a esbranquiçar. Foi realizado um teste controle, sem amostra. O resultado foi expresso em miliequivalente por Kg (meq/Kg).

Para a quantificação dos teores de clorofila B e totais, seguiu a metodologia proposta por Lichtenthaler, (1987), no qual pesou-se 1 g foram adicionadas a 5 mL de acetona a 100% (v/v). O material foi centrifugado a 2000 g por 15 min e o sobrenadante transferido para um balão volumétrico de 25 mL, completando-se esse volume com acetona a 100% (v/v). A absorvância do extrato foi obtida por espectrofotometria a 647 e 663 nm, no equipamento espectrofotômetro UV-Vis de microplacas (Spectramax 190, Molecular Devices VR), no qual foi zerado com acetona 100%. Foram utilizadas as equações descritas por Lichtenthaler, (1987) e os resultados expressos em miligramas por kg de amostra (mg/kg).

Para a extração dos taninos utilizou-se metodologias adaptadas de Sobeh *et al.*, (2017); Hoyos-Martínez *et al* (2019); Aguilar-López *et al* (2012); Galindo *et al* (2014); Rhazi *et al.*, (2019); Seabra *et al.*, (2018); Paz-Díaz *et al* (2021). Pesaram-se 8 g da amostra e adicionaram-se 37 mL de solução extratora (acetona); a mistura foi deixada sob agitação constante por 15 min em temperatura ambiente e, em seguida, foi deixada para descansar. As soluções foram deixadas em repouso e na ausência de luz por 24 horas. Após isso, foi filtrada a vácuo com papel Whatman nº 40. Finalmente, o solvente

foi evaporado em rotavapor e, em seguida, armazenados a 4°C por 1 hora. Após esse intervalo foi retirado 1mL da solução e colocada em um micro tubo de centrífuga, essa foi adicionada de 2 gotas de cloreto férrico a 5%, ocorreu à homogeneização manual da solução e em seguida ficou em repouso por cerca de 5 minutos. Por fim, foi adicionado em microplaca 300 μ L da solução e efetuou a leitura em espectrofotômetro UV-Vis de microplacas (Spectramax 190, Molecular Devices VR) a uma absorvância de 725 nm. Por fim, o teor de taninos totais foi determinado em relação à curva de calibração obtida e expressa em mg equivalente de ácido tântico por g de amostra (mg TAE/mL de amostra).

O teor de taninos condensados foi estimado colorimetricamente segundo o método de Price, Scoyoc e Butler (1978), com adaptações. Para a extração dos taninos foram utilizados 200 mg de amostra, a qual se adicionou 10 mL de solução de ácido clorídrico 1% em metanol, agitando-se por 2 h. Após ser centrifugado por 10 min a 10900 g, foi retirado 1 mL do extrato e adicionado 5 mL de solução vanilina 1:1 (vanilina 1% em metanol; ácido clorídrico 8% em metanol), deixando-se reagir por 15 min e efetuando-se a leitura em espectrofotômetro UV-Vis de microplacas (Spectramax 190, Molecular Devices VR), no comprimento de onda de 500 nm. A quantificação foi baseada no estabelecimento de uma curva padrão e os resultados foram expressos em miligramas de catequina equivalente por gramas de peso de amostra (mg catequina equivalente/g).

Para quantificação dos compostos fenólicos totais, seguiu a metodologia proposta por Singleton; Rossi, (1965). Para a determinação precisou ser preparado um extrato e para esse, adicionou 1 g de amostra em tubo de centrífuga de 15 mL, acrescentou 10 mL de metanol P.A. Fez-se a homogeneização em ultraturrax (10900 g) por 1 min. Após, centrifugou-se a 10900 g por 15 min, a 15°C. O sobrenadante foi coletado e adicionado em tubo de centrífuga de 15 mL, onde foram cobertos com papel alumínio e armazenado em freezer a -20°C. Preparou-se a solução de Folin Ciocalteau 1 N e para esse, foi diluído 12,5 mL do Reativo Folin Ciocalteau 2 N em 87,5 mL de água destilada e essa solução foi transferida para um frasco âmbar e armazenada a 8°C. Para a solução de carbonato de sódio, foram dissolvidos 5,3 g de carbonato de sódio (Na_2CO_3) em 100 mL de água destilada e essa solução foi transferida para um frasco âmbar e armazenada a 8°C. Com as soluções e o extrato pronto se iniciou a determinação dos compostos fenólicos. Utilizou-se 15 μ L do extrato diluído em 240 μ L de água destilada e 15 μ L de Folin Ciocalteu Fenol (Exodo Científica, Brasil) (1 M) (v/v), a solução foi homogeneizada e acondicionada em ambiente escuro por 10 min.

Após esse tempo foi adicionado 30 μ L de carbonato de sódio (Synth, pureza > 99%, Brasil) (1 M) (m/v) e foi armazenada nas mesmas condições por 2 h. A leitura da absorbância foi realizada a 725 nm em espectrofotômetro UV-Vis de microplacas (Spectramax 190, Molecular Devices VR). Utilizou-se para quantificar os fenólicos totais uma curva analítica de ácido gálico (Dinâmica, pureza de 98%, Brasil), no qual o resultado foi expresso em g de AEG/100g de amostra através da curva de calibração.

Para a determinação dos compostos fenólicos livres, seguiu-se a metodologia proposta por Brand-Williams; Cuvelier; Berset, (1995). Precisou ser preparado um extrato e para esse, pesou-se 2 g do óleo em tubos de centrifuga de 50 mL. Foram adicionados 20 mL de acetona 70%. O de centrifuga foi agitado em vortex por 1 min. Após, ficou em homogeneizador de tubos a 150 RPM/ 1 h à temperatura ambiente. Após esse tempo foi centrifugado a 8000 g durante 5 min e coletou-se o sobrenadante. No sobrenadante foi adicionado 10 mL acetona 70%, ficou no agitador por 1 hora, foi centrifugado novamente e então coletou o sobrenadante. Então, foram adicionados novamente 10 mL de acetona 70%, agitou-se por 30 minutos, centrifugou-se (10900 g) e o sobrenadante foi coletado. Os sobrenadantes foram misturados e concentrados, utilizando um evaporador rotativo (Bochi R-205, Flawil) a 35 °C. Por fim foi redissolvido o extrato seco em 25 mL de acetona 70% e então o extrato estava pronto. Colocou-se 10 μ L do extrato na microplaca, 240 μ L de água destilada, 15 μ L de Folin e deixou em repouso por 10 minutos e então foi adicionado 30 μ L cloreto de alumínio NaCO₂ e ficou em repouso por 2 horas. Efetuando-se a leitura em espectrofotômetro UV-Vis de microplacas (Spectramax 190, Molecular Devices VR), no comprimento de onda 725 nm. O resultado foi expresso em g de AEG/100g de amostra através da curva de calibração.

A determinação de flavonóides foi realizada de acordo como o método descrito por Funari e Ferro (2006), com pequenas modificações. Foi utilizado 0,1 g de amostra e 5 mL de etanol PA, onde se deixou extraindo durante 24 h à temperatura de 25°C com agitação constante, após 24 h filtrou-se os extratos em algodão e avolumou-se para 10 mL. Utilizou-se 1 mL dos extratos etanólicos, que em um tubo de ensaio foi adicionado de 3 mL de etanol PA e 200 μ L de cloreto de alumínio 2,5%, onde foi agitado em vortex e manteve-se em repouso por 40 min. A leitura da absorbância dos extratos foi realizada em espectrofotômetro UV-Vis de microplacas (Spectramax 190, Molecular Devices VR) a 415 nm. Os resultados foram expressos em g de quercetina por g de

amostra, através da construção de uma curva padrão. Essas análises foram realizadas no laboratório de metabolismo secundário, DCTA-UFPEL.

4.4.3 Atividade antioxidante

Para a determinação dos antioxidantes precisou ser preparado um extrato da amostra e, para isso, 1 g de amostra foi adicionado 10 mL de metanol P.A. Fez-se a homogeneização em ultraturrax (10900 g) por 1 min. Após, centrifugou-se a 10900 g por 15 min, a 15°C. O sobrenadante foi coletado e adicionado em tubo de centrifuga de 15 mL, onde foram cobertos com papel alumínio e armazenado em freezer a -20°C. Preparou-se a solução de Folin Ciocalteau 1 N e para esse, foi diluído 12,5 mL do reativo Folin Ciocalteau 2 N em 87,5 mL de água destilada e essa solução foi transferida para um frasco âmbar e armazenada a 8°C. Para a solução de carbonato de sódio, foi dissolvidos 5,3 g de carbonato de sódio (Na_2CO_3) em 100 mL de água destilada e essa solução foi transferida para um frasco âmbar e armazenada a 8°C.

Para o método DPPH•, seguiu a metodologia proposta por Brand-Williams; Cuvelier; Berset, (1995). No qual uma solução estoque (0,24 mg/mL) foi preparada com metanol (Dinâmica, pureza de 99,9%, Brasil) e a solução de uso foi diluída no mesmo solvente até se obter uma absorbância de $1,10 \pm 0,02$ a 515 nm. Em sequência, 50 μL de extrato foi misturado com 250 μL da solução diluída e acondicionado em ambiente escuro por 3 h. Efetuando-se a leitura em espectrofotômetro UV-Vis de microplacas (Spectramax 190, Molecular Devices VR), no comprimento de onda 515 nm, a quantificação foi através de curva analítica de Trolox (Sigma-Aldrich, pureza de 97%, CAS: 53188-07-1, Brasil) e o resultado foi expresso em mg EAT/100g de amostra.

Para determinação da análise de ABTS•+, seguiu a metodologia proposta por RUFINO (2007). Onde foi elaborado uma solução estoque de ABTS•+. No qual a solução de uso foi elaborada da seguinte forma: 5 mL de solução estoque ABTS•+ com 88 μL de persulfato de potássio (Impex, pureza de 99%, Brasil) (140 mM) (m/v), essa mistura foi acondicionada em ambiente escuro por 16 h. Após esse período, a solução de uso foi diluída até se obter uma absorbância de $0,70 \pm 0,05$ nm a 734 nm. Após, foi adicionado 50 μL de extrato foi misturado com 250 μL da solução diluída e armazenada nas mesmas condições por 6 min. Efetuando-se a leitura em espectrofotômetro UV-Vis de microplacas (Spectramax 190, Molecular Devices VR), no comprimento de onda 734 nm. Uma curva analítica de Trolox (Sigma-Aldrich, pureza de 97%, CAS: 53188-07-1,

Brasil) foi elaborada para quantificação e o resultado foi expresso em mg EAT/100g de amostra. Essas análises foram realizadas no laboratório de metabólicos secundários, DCTA-UFPEL.

4.4.4 Perfil lipídico

Para determinar a composição de ácido graxo do óleo de andiroba, primeiramente se fez a extração da fração lipídica pelo método de extração com solvente a frio (BLIGH; DYER, 1959), segundo a metodologia de Zambiazi, 2010, com modificações. Pesou-se o óleo, adicionou-se clorofórmio:metanol 2:1 (30mL). A amostra foi homogeneizada por 6 h e em seguida centrifugada (5 min, 3500 x g), seguido pela filtragem em papel filtro em funil de separação. Se fez a lavagem da amostra com clorofórmio:metanol 2:1 (20mL), adicionou-se água destilada (20mL) na fração filtrada e então ocorreu a separação de fases. A fase orgânica foi coletada, sendo levada para o evaporador rotativo (Bochi R-205, Flawil) a 45 ° C até a evaporação total do solvente. A amostra foi ressuspendida em 1 mL de hexano e logo em seguida se deu a derivatização da amostra. Para isso, utilizou-se 1 mL de amostra, adicionando 2 mL de hexano e 2 mL hidróxido de potássio, a amostra foi homogeneizado em banho ultrassônico (UNIQUE, modelo USC-1400A, Brasil) por 5 min e em seguida centrifugado (2 min, 4000 x g), coletou-se o sobrenadante. Para tal determinação, utilizou o método de cromatografia gasosa, o equipado é acoplado com detector de ionização de chama CG-FID (Clarus 500, PerkinElmer®, Shelton USA) equipado com uma coluna capilar (30 m × 0,25 mm, 0,25 mm. Elite-1). As condições operacionais foram as seguintes: o gás de arraste teve uma taxa de fluxo constante de 1,5 mL/min, o gradiente de separação iniciou com a coluna aquecida a 120 °C por 1 min, em seguida uma taxa de aquecimento de 15 °C/min ate 160 °C mantido por 3 min, por fim uma taxa de aquecimento de 3 °C/min até 230 °C e mantida por 10 min. Foi utilizada como padrão uma mistura composta de 37 ésteres metílicos de ácidos graxos FAME MIX GLC-10 (Supelco, Bellefonte, USA), C4:0, C6:0, C8:0, C10:0, C11:0, C12:0, C13:0, C14:0, C14:1, C15:0, C15:1, C16:0, C16:1, C17:0, C17:1, C18:0, C18:1, C18:2, C18:3, C20:0, C20:1, C20:2, C20:3, C20:4, C20:5, C21:0, C22:0, C22:1, C22:2, C22:6, C23:0, C24:0, C24:1. Essa análise foi realizada no LACEM secundários, DCTA-UFPEL.

4.4.5 Perfil de compostos voláteis

A amostra contendo os compostos orgânicos voláteis (COVs) foi preparada usando o método de microextração em fase sólida (HS-SPME) utilizando fibra de divinilbenzeno/carboxen/polidimetilsiloxano (DVB/CAR/PDMS) (Supelco, 50/30 $\mu\text{m} \times$ 20 mm) pré-condicionada seguindo o protocolo do fabricante. Para extração dos COVs, 1 g de óleo de andiroba foi acondicionada em um frasco de 20 ml, em seguida, acrescentado 1 g de NaCl e 10 μL de solução padrão de benzofenona (2 μg), logo o frasco foi selado utilizando tampa de silicone revestidos com politetrafluoretileno. Os frascos selados, contendo o extrato, foram submersos em banho-maria a 40 °C por 15 min, posteriormente, a fibra foi exposta ao *headspace* por 15 min sob agitação constante. Os COVs foram quantificados e identificados usando um sistema de cromatografia em fase gasosa (CG) (Shimadzu Corporation, Kyoto, Japão) equipado com um espectrômetro de massas detector de massas (Shimadzu QP2010 UltraPlus, Shimadzu Corporation, Kyoto, Japão) e coluna capilar Rxi-1MS (30 m \times 0,32 mm \times 0,25 μm , Restek U.S.). A temperatura da rampa foi mantida a 40 °C por 5 min, aumentada para 50 °C a 3 °C·min⁻¹, para 120 °C a 5 °C·min⁻¹, a 175 °C a 7 °C·min⁻¹ e, finalmente a 230 °C a 10 °C·min⁻¹ e mantido em condições isotérmicas por 8 min. A espectrometria de massa (MS) foi operada em modo de varredura completa (faixa de massa *m/z* 30 a 450). Os dados de CG-MS foram analisados usando LabSolution (GCMS solution Version 4.11 SU2). Os COVs foram identificados a partir da comparação dos índices de similaridade e espectro de massas, com o banco de dados do sistema do Instituto Nacional de Padrões e Tecnologia (NIST11), índice de retenção e índice de retenção calculado a partir de uma série homóloga de hidrocarbonetos C8-C40 de acordo com (VAN DEN DOOL; DEC. KRATZ, 1963) e, por fim a análise quantitativa foi determinada por padronização interna e a sua concentração quantificada em (Ug/kg). Essa análise foi realizada no LACEM secundários, DCTA-UFPEL.

4.4.6 Análise elementar

A determinação da análise elementar seguiu a metodologia proposta por Pereira *et al* (2018). Para a execução foi utilizando um espectrômetro de emissão óptica com plasma induzido por micro-ondas (MIP OES) modelo 4200 (Agilent Technologies, Austrália). Esse equipamento é equipado com um detector multielementar simultâneo de estado sólido do tipo CCD (charge-coupled device), um monocromador Czerny-

Turner, um nebulizador OneNeb series 2 e uma câmara de nebulização ciclônica. O nitrogênio utilizado para manter o plasma é extraído do ar atmosférico por meio de um gerador de nitrogênio modelo 4107 (Agilent Technologies, Austrália), com vazões de 20 L min⁻¹ e 1,5 L min⁻¹ para o gás de plasma e de 1,5 L min⁻¹ para o gás auxiliar (nebulização). Para a ignição do plasma foi utilizado um pequeno fluxo de gás Argônio (Ar) fornecido por cilindro de armazenamento interno instalado no aparelho (Agilent Technologies, Austrália). Todos os reagentes utilizados nesse estudo são de grau analítico e todas as soluções preparadas utilizaram água deionizada, obtida através de um sistema de destilação de quartzo, modelo MA078/5 (Marconi, Brasil), seguida de deionização através de uma coluna modelo CS1800 Evolution (Permutation, Brasil). As soluções multielementares dos analitos foram preparadas a partir da solução estoque nº 6 para ICP (Sigma-Aldrich, Alemanha) contendo 100 mg L⁻¹ de cada um dos analitos. O HNO₃ (Dinâmica, Brasil) utilizado na etapa de preparo de amostra foi bidestilado abaixo do ponto de ebulição em um destilador de quartzo, modelo MA-075 (Marconi, Brasil). Também foi utilizado H₂O₂ 35% (m/v) (Êxodo científica, Brasil). Todas as amostras decompostas foram filtradas em papel filtro, espessura de 0,2 mm e poros de 35 µm. Essa análise foi realizada no laboratório de Metrologia química, UFPEL.

4.4.7 Teste de repelência para *Acanthoscelides obtectus*

Usou-se teste de preferência de área. Para isso, placas de Petri (9 cm de diâmetro e 1 cm de altura) foram utilizadas. Esse procedimento segue o procedimento descrito por You et al, (2015). No total, foram empregadas 15 placas (5 com tratamento com óleo de andiroba, 5 sem tratamento e 5 com repelente comercial). Inicialmente foram adicionadas às placas, papel de filtro de 9 cm de diâmetro. Cinco discos de papel filtro de 1 cm de diâmetro receberam a adição de 500 µL de óleo de andiroba, 5 não receberam a adição e 5 receberam Diethyl Toluamide a 5%. Esses discos foram depositados na borda das placas de Petri, e demarcou-se a área onde colocaram-se os discos (quadrante de 45°). Para o teste, em cada placa foram dispostos 40 insetos e, em seguida, as placas foram tampadas, acondicionadas a 25 ° C em ambiente escuro por 18 h. Desse modo, no total, tinham-se 15 placas, com 40 insetos cada. Cada placa foi considerada uma unidade experimental. Ao final das 18 h, observou-se os insetos fora do quadrante que continha o disco com os tratamentos. Os resultados foram expressos

em % de insetos distantes da área com tratamento. Ao mesmo tempo, registrou-se o número de insetos mortos.

4.4.8 Avaliação da atividade antimicrobiana do óleo de andiroba (*Carapa guianensis*)

A atividade antimicrobiana do óleo foi avaliada qualitativamente para *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* e *Salmonella* pela técnica de disco difusão em Agar (CLSI, 2018). Para isso os inóculos bacterianos foram preparados ajustando a turbidez até 0,5 na escala de McFarland (1,5 x 10⁸ UFC/mL) e, posteriormente, semeados em placas de Petri contendo Agar Mueller Hinton (MH, Kasvi, Brasil). Discos esterilizados de papel filtro em branco foram colocados na superfície do meio e impregnados com 10 µL do óleo. Como controle positivo e negativo foram usados discos de ampicilina (10 µg) e água destilada esterilizada (10 µL), respectivamente. As placas foram incubadas a 37 °C por 24 h. A formação de halos de inibição ao redor dos discos indicou atividade antimicrobiana e foi medida em milímetros (mm). Os ensaios foram realizados com duplicatas biológicas.

4.4.9 Análise de dados

As análises realizadas neste estudo, todas em triplicata, geraram dados que foram avaliados em relação à média, desvio padrão, coeficiente de variação e teste Tukey, estes testes foram realizados utilizando programa *Statistics* (versão 7.0).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Caracterização do óleo de andiroba

Com o objetivo de caracterizar o óleo de andiroba quanto à composição físico-química, inicialmente fez-se a análise geral desse produto (Tabela 2). Dessa atividade se observou que o pH foi de 5,84, acidez total de 5,39 mEq NaOH/g, umidade de 1,09%, cinzas de 0,01%, índice de peróxidos de 8,56 mEq/Kg, clorofila B de 0,91 mg/kg, clorofila total de 1,03 mg/kg, taninos totais de 0,061 mg TAE/g, taninos hidrolisados de 2,38 mg Q/g, taninos condensados de 4,84 mg C/g, compostos fenólicos totais de 13,4 g AEG/100g, compostos fenólicos livres de 12,25 g AEG/100g, flavonoides de 4,14 g quercetina/ 100g, DPPH de 330 mg EAT/100g e ABTS de 70 mg EAT/100g.

Tabela 4. Características gerais do óleo de andiroba.

| Variáveis | Resultados | Unidades |
|-----------------------------------|-------------|--------------------|
| pH | 5,84± 0,08 | - |
| Acidez total titulável | 5,39± 0,09 | mEq NaOH/g |
| Umidade | 1,09± 0,10 | % |
| Cinzas | 0,01± 0,36 | % |
| Índice de peróxido | 8,56 ± 1,90 | mEq/Kg |
| Clorofila B | 0,91± 0,0 | mg/kg |
| Clorofila total | 1,03± 0,0 | mg/kg |
| Taninos totais | 0,061± 0,0 | mg TAE/g |
| Taninos hidrolisados | 2,38 ± 0,0 | mg Q/g |
| Taninos condensados | 4,84± 0,01 | mg C/g |
| Compostos fenólicos totais | 13,4±0,03 | g AEG/100g |
| Compostos fenólicos livres | 12,25± 0,04 | g AEG/100g |
| Flavonóides | 4,14 ± 0,01 | g quercetina/ 100g |
| DPPH | 330± 0,06 | mg EAT/100g |
| ABTS | 70± 0,01 | mg EAT/100g |

mEq: miliequivalente; TAE: equivalência de ácido tânico; Q: quercetina; C: catequina; AEG: equivalência de ácido gálico; EAT: atividade equivalente de trolox; ±: desvio padrão.

A análise da composição físico-química de óleo de andiroba não é inédita. Há trabalhos que fizeram a mesma abordagem. O diferencial está no fato de aqui se estar

avaliando um produto elaborado por processo tradicional. Noutros trabalhos, com óleos extraídos em processos industriais clássicos, como os de Silva (2018), o pH foi 4,45 e de Sousa *et al* (2018) foi 3,3. Da mesma forma, a acidez 5,39 mgNaOH/g foi observada por Pereira, (2007) e 4,74 mg.NaOH/g por Mendonça *et al.*, (2020). As causas exatas das diferenças não foram detectadas, mas pode ser devido a variações na matéria-prima e nos parâmetros de extração, como altas temperaturas, luz, oxigênio, umidade, armazenamento, dentre outros (OLIVEIRA *et al.*, 2022).

Pereira, (2007) afirma que vários fatores podem influenciar a acidez de um óleo vegetal, sendo o principal o tratamento dado ainda às sementes durante a colheita e armazenamento. Sabendo que o óleo analisado nesse estudo encontrasse há um ano pós extração, pode-se entender o valor elevado da sua acidez de 5,39 mgNaOH/g, mesmo estando mantido em refrigeração. Silva (2018) obteve valor de índice de acidez de 3,895mg. NaOH/g. Mendonça. *et al.*, (2020) ao testar diferentes temperaturas como métodos de extração do óleo de andiroba, obteve um valor de acidez de 4,74 mg.NaOH/g.

O teor de umidade e cinzas é considerado análises clássicas e se encontram na maioria dos artigos e nesse trabalho não seria diferente. A amostra de óleo apresentou valores de 1,09% e 0,01% respectivamente. Marques *et al.*, (2016) quando analisou óleo de andiroba *in natura*, obteve um teor umidade de 0,001%. Com relação à descrição prevista na TACO não se determina valores com relação à presença de cinzas em amostras de óleo.

O índice de peróxidos representa a diferença entre a formação e a decomposição de peróxidos; produtos primários de oxidação, incolores e inodoros (SILVA; BORGES; FERREIRA, 1999). Segundo a ANVISA (Resolução RDC Nº270/05), estabelece que o índice de peróxido para óleo e gordura refinada seja no máximo 10 mEq/kg. Com relação aos peróxidos, apresentou valor de 8,56 mEq/Kg, resultado satisfatório quando comparado a resolução. Em estudo realizado com sementes de andiroba, Marques et al. (2016), encontraram índice de peróxidos de 3,84 mEq/kg. Guimarães *et al* (2020) ao analisar óleo de açaí se deparou com valor de 13,65 mEq/kg de peróxido, resultado que ultrapassa o máximo permitido pela resolução.

Com o intuito de averiguar a presença de clorofilas na amostra analisada, se realizou análise para esta variável, onde se obteve valores de de 0,91 mg/kg para clorofina B e 1,03 mg/kg para clorofilas totais; esse resultado se aproxima ao encontrado por Costa *et al* (2018) ao analisar clorofilas totais em azeite de oliva, no qual

obteve resultado de 1,06 mg/kg. A clorofila é descrita em diversas matrizes na natureza, no entanto sua presença no óleo de andiroba ainda não tinha sido relatada, mostrando assim a importância de uma descrição ampla da composição. Vale ressaltar que para a indústria de alimentos, uma alta quantidade de clorofila em óleos pode ser prejudicial, quando este não protegido da luz, a clorofila atua como pró-oxidante. Componentes dos óleos vegetais com atividade antioxidante, tais como esteróis e carotenóides contribuem para a capacidade antioxidante total (DABBOU *et al.*, 2010).

Os taninos são compostos fenólicos que representam o quarto componente de maior concentração nas plantas, portanto, configuram-se como um extrato vegetal de ampla distribuição na natureza, principalmente nas angiospermas e gimnospermas (MONTEIRO *et al.*, 2005). A amostra de óleo de andiroba apresentou valor de 0,061 mg TAE/g para taninos totais, valor esse inferior ao encontrado por Eberhart, (2022) quando analisou óleo de pracaxi e se deparou com 1,03 mg TAE/g. Em taninos, sua ação está voltada aos processos de defesa contra fungos, patógenos, herbívoros e fatores climáticos indesejáveis (períodos de seca, baixa luminosidade), logo quanto maior os desafios, mais aumentam as concentrações de tanino na planta (CORDÃO *et al.*, 2010).

Os taninos podem ser divididos em dois grupos: taninos hidrolisáveis e taninos condensados. Frente ao hidrolisados a amostra do óleo apresentou valor de 2,38 mg quercetina/g, sabendo que esses apresentam ação antioxidante justamente por apresentar habilidade em doar hidrogênio ou elétrons e pelos radicais intermediários estáveis, que impedem a oxidação de vários ingredientes do alimento, como os ácidos graxos e óleos (HAGERMAN; RICE; RITCHARD, (1998); WANG *et al.*, (2019). Ao final, o óleo se mostrou então uma fonte de propriedades antioxidante.

Os taninos condensados consistem de oligômeros e polímeros de subunidades de flavan-3-ol. Essas subunidades são variáveis, mas normalmente a sua ocorrência inclui catequinas, gallocatequinas e epigallocatequinas (NAUMANN; TEDESCHI; ZELLER, 2017). A análise revelou que o óleo de andiroba continha o valor de 4,48 mg catequina/g para taninos condensados, no qual se mostrou uma matéria-prima promissora para digerir esses bioativos. Os estudos ainda são escassos no que visa a quantificação de taninos condensados e hidrolisados em óleos de sementes oriundas da Amazônia.

A presença de compostos fenólicos no óleo de andiroba pode indicar potencial antioxidante, uma vez que esses compostos são classificados como sequestradores de radicais livres, impedindo a auto-oxidação (NOVELLO, Z. *et al.*, 2015). De acordo com

Rufino *et al.*, (2010), são classificadas três categorias quanto ao teor de fenólicos totais: baixo (<1mg EAG/ g), médio (1-5mg EAG/ g) e alta (>5mg EAG/ g). Dessa forma, a amostra de óleo se encontra com alto teor de fenólicos totais, já que apresentou 24,25 g AEG/100g (242,5mg AEG/g). Os compostos fenólicos são metabólitos secundários que desempenham diversas funções nas plantas e o consumo regular de produtos ricos nestes compostos tem sido associado à redução dos riscos de câncer, obesidade, doenças cardiovasculares e outras doenças crônicas (AHMAD-QASEM, (2016); BOEING, (2014)

Já para fenólicos livres a amostra de andiroba continha 5,87g AEG/100g. Durante o processamento das sementes e polpas dos frutos uma série de processos metabólicos, tais como reações químicas e enzimáticas ocorrem que induzem a produção de fenóis livres e induzem variações no teor de compostos fenólicos totais (FRANCO *et al.*, 2014). De modo geral, o óleo de andiroba aqui descrito é fonte rica em compostos fenólicos, inclusos os livres.

Com referência a flavonoides a literatura se mostra escassa para matrizes em óleos; sobre a andiroba, mostrou um potencial, apresentando nesse estudo o valor de 4,14 g quercetina/100g (4149,89 mg quercetina/100g). O óleo apresenta potencial frente aos flavonóides em relação às frutas estudadas por Bramont *et al* (2018) que ao analisar flavonóides em polpas e cascas de dez diferentes tipos de frutas, se deparou com valores mínimo de 1,8 e máximo 18,6 mg quercetina/100g para casca e mínimo de 0,7 e máximo 2,6 mg quercetina/100g para polpa.

Segundo Rosa *et al.*, (2010), os flavonóides revelam-se promissores em capacidade antioxidante, pois interrompem reações em cadeia eliminando radicais livres intermediários e inibindo outras reações de oxidação. De acordo com Pereira; Cardoso, (2012) e Dalastra, (2019) os flavonóides estão relacionados com uma grande variedade de atividades biológicas, destacando-se a ação antioxidante, antiinflamatória, antitumoral, antialérgica, antiviral, entre outras.

Os antioxidantes naturais de óleos vegetais apresentam potencial efeito na prevenção de doenças crônicas, pois são capazes de proteger sistemas biológicos contra a ação de espécies reativas de oxigênio e nitrogênio, responsáveis por danos oxidativos aos lipídeos, proteínas e ácidos nucléicos (SZYD *et al.*, (2008); RAMADAN; MOERSEL, (2006). As literaturas apontam que o óleo de andiroba apresente potências antioxidantes e com base nessas se fez os testes para DPPH e ABTS.

A capacidade antioxidante tem sido utilizada como indicador da bioatividade dos óleos vegetais no organismo humano (CASTELO-BRANCO; TORRES, 2011). O método DPPH• é o mais amplamente utilizado para a determinação da capacidade antioxidante em diferentes óleos vegetais (TUBEROSO *et al.*, 2007; VALAVANIDIS *et al.*, 2004). A amostra de andiroba apresentou o valor de 330 mg de trolox/100g. Segundo Freitas; Jorge, (2021) ao analisar atividade antioxidante de óleos brutos de soja, canola, milho e girassol de diferentes marcas, se depararam com o método de DPPH como mais efetivo para atividade antioxidante. Tal contexto pode ser explicado pelo fato do radical DPPH apresentar características hidrofílicas, sendo assim, a fração lipídica desses óleos são responsáveis por essa atividade. Um estudo conduzido por Xuan *et al.*, (2018) sobre atividade antioxidante de óleos comestíveis de girassol, canola, soja, algodão, uva, gergelim e arroz apresentaram a maior atividade sequestradora para o radical DPPH em comparação ao ABTS, resultado esse que se assemelha a comparação das análises nesse estudo.

A habilidade antioxidante é responsável por parte da bioatividade dos componentes dos óleos vegetais e pode estar relacionada à estabilidade oxidativa de certos óleos vegetais. (CASTELO-BRANCO; TORRES, 2011). O óleo de andiroba para o método de ABTS apresentou valor de 70 mg de trolox/100g. Em sua pesquisa, Santos *et al* (2018) ao analisar diversos óleos comestíveis para a determinação de atividade antioxidante de ABTS, se deparou com o melhor resultado aparente para o óleo de andiroba em relação aos demais. Contudo, o óleo mostrou resultados médios com relação aos potenciais antioxidantes.

5.2 Perfil de ácidos graxos em óleo de andiroba

As composições de ácidos graxos vêm sendo estudadas ao longo destes anos e diversos estudos já foram realizados quanto ao perfil dos ácidos graxos do óleo da semente de andiroba (NOVELLO *et al.*, (2015); MELO *et al.*, (2021); FERNANDES *et al.*, (2022). A análise referente aos ácidos graxos se fez necessário para a descrição dos mais variáveis compostos presentes neste óleo (Tabela 3).

Tabela 5. Composição de ácidos graxos presentes em óleo de andiroba

| Simbologia | Nomenclatura IUPAC | Nomenclatura USUAL | AG (mg/g) | Conc. (%) |
|---------------------------|--------------------------|-----------------------|--------------|--------------|
| C18:1 N9C | 9-octadecenoico | Oléico | 316,9 | 85,65 |
| C21 | Heneicosanóico | Heneicosanóico | 23,49 | 6,35 |
| C18:3 N3 | 6,9,12-octadecatrienoico | γ-linolenico | 14,63 | 3,95 |
| C23 | Tricosanóico | Tricosílico | 6,09 | 1,65 |
| C22:1 N9 | 13-docosenoico | Erocica | 2,09 | 0,57 |
| C20:2 | 11,14-eicosadienóico | 11,14-eicosadienóico | 1,63 | 0,44 |
| C18:2 N6T | t-9-12-octadecadienóico | Linolelaidico | 0,71 | 0,19 |
| C18 | Octadecanóico | Esteárico | 0,65 | 0,18 |
| C22 | Docosanóico | Behênico | 0,64 | 0,18 |
| C18:1 N9T | t-9-octadecenoico | Elaídico | 0,47 | 0,13 |
| C10 | Decanóico | Cáprico | 0,42 | 0,11 |
| C16 | Hexadecanóico | Palmítico | 0,37 | 0,1 |
| C18:1 N6C | 6-octadecenóico | Petroselínico | 0,3 | 0,08 |
| C24 | Tetracosanóico | Lignocérico | 0,28 | 0,08 |
| C14 | Tetradecanóico | Mirístico | 0,27 | 0,07 |
| C12 | Dodecanóico | Láurico | 0,25 | 0,07 |
| C17:1 | c-10-heptadecenoico | c-10-heptadecenoico | 0,17 | 0,05 |
| C15 | Pentadecanóico | Pentadecílico | 0,17 | 0,05 |
| C17 | Heptadecanóico | Heptadecanóico | 0,14 | 0,04 |
| C16:1 | 9-hexadecenoico | Palmitoléico | 0,13 | 0,04 |
| C15:1 | c-10-Pentadecenoico | c-10-Pentadecenoico | 0,12 | 0,03 |
| C13 | Tridecanóico | Tridecanóico | 0,1 | 0,03 |
| C18:3 N6 | 6,9,12-octadecatrienóico | γ-linolênico | 0,07 | 0,02 |
| C11 | Undecanóico | Hendecanóico | 0,04 | 0,01 |
| C20:3 N3 | 11.14.17-eicosatrienóico | di-homo(-α)linolenico | 0,03 | 0,01 |
| Total de Compostos | | | | |
| AG Saturados | | | 32,91 | 8,92 |
| AG Monoinsaturados | | | 140,18 | 86,55 |
| AG Poliinsaturados | | | 17,07 | 4,61 |
| AG ω 3 | | | 14,66 | 3,96 |
| AG ω 6 | | | 1,08 | 0,29 |
| AG ω 9 | | | 319,46 | 89,35 |

AG: Ácido Graxo; Conc.: Concentração; SAG: Saturados; MIAG: Monoinsaturados; PIAG Poliinsaturados; N/ω:ômega; c: cis; t: trans.

Destaca-se a presença majoritária de ácidos graxos monoinsaturados, sabendo que esses possuem apenas uma ligação dupla, e são essenciais para a saúde e fazem parte “das gorduras boas”. Esses compostos são importantes para a proteção da

integridade das membranas das células e formação dos hormônios, além disso, eles elevam o nível de lipoproteínas de alta densidade no sangue (KAZAZ *et al.*, 2022). Ao aparecer em maior porcentagem o ácido oléico (85,65%), torna o óleo uma fonte benéfica à saúde, já que altos teores de ácido oléico diminuem as concentrações dos triglicérides plasmáticos e da Low Density Lipoprotein cholesterol (LDL-c), contribuindo para a redução do risco de doenças cardiovasculares (MARCELINO, G. *et al.*, 2019). A porcentagem de oléico na amostra se aproximou ao encontrado por Soares *et al* (2022) em óleo de buriti que obteve em torno de 77,82% desse composto.

O ácido heneicosanóico apareceu como segundo majoritário (6,35%), possuindo cadeia longa, no qual um dos grupos metil foi oxidado para produção do seu ácido carboxílico correspondente (TUFARIELLO; GROWS; DAVIS, 2015), raramente encontrado na natureza sendo detectados em algumas plantas em pequenas concentrações (FILHO; MALAQUIAS; CASTRO, 2019). Com relação ao ácido y-linolenoico apareceu em terceiro lugar com 3,95% de composição, O ácido gama-linolênico é um ácido graxo C18, ômega-6, que compreende um ácido linolênico com ligações cis-duplas nas posições 6, 9 e 12, possuindo um papel como metabólito humano, metabólito vegetal e metabólito de camundongo.

A presença de ácidos graxos da classe dos (ômegas 3, 6 e 9), tornou o óleo de andiroba uma fonte promissora de benéficos a saúde. Os ácidos graxos ômega-3 e ômega-6 são considerados essenciais porque os seres humanos não podem sintetizá-los e, portanto, devem vir da dieta (WEISS., 2004). A principal fonte dietética de ácidos graxos ômega-3, principalmente ácido eicosapentaenoíco e ácido docosahexaenoíco é o peixe. Os óleos vegetais, como soja, milho e girassol, são as principais fontes dietéticas de ácidos graxos ômega-6 (GUO X., 2017). Referente ao ômega-9 está envolvido no metabolismo humano e na síntese de hormônios (MUNIZ, 2015).

Os ômegas têm sido associados a benefícios cardiovasculares e não cardiovasculares, por exemplo, no caso de artrite reumatoide (DJOUSSE., 2022), asma (BOROW, 2015), psoríase (SHEARER, 2012), também sendo responsáveis por facilitar a fase de resolução da inflamação aguda (YANAI H, 2018). Os ácidos graxos ômega reagem de forma benéfica o perfil lipídico, diminuindo os níveis plasmáticos de triglicerídeos de maneira dependente da dose, efeito atribuído à redução da taxa de produção hepática de lipoproteína de muito baixa densidade (AUNG, 2018). Também são citados por reduzirem o colesterol ruim sem diminuir a quantidade de colesterol

bom e auxiliando por diminuir os triglicerídeos e equilibrar a pressão arterial (TURECK, C., *et al.*, 2022).

5.3 Perfil de voláteis

Um total de 16 compostos orgânicos voláteis (COVs) foram detectados e identificados na amostra de óleo de andiroba (tabela 6). O mapa de calor ilustra a quantificação dos compostos orgânicos voláteis identificados e quantificados (Figura 7), sendo o majoritário o hexanal (~60 μ g/kg), um aldeído graxo saturado proveniente da decomposição de hidroperóxidos, os quais se decompõem a partir de oxidação secundária (GILL *et al.*, 2015), seguido pelos ésteres, ácido pentanóico, ester etílico (~50 μ g/kg) é um metabolito natural que tem com precursor 1-pentanol (RUTZ; BISSON; ALLARD, 2022).

Ácido pentanóico, éster propílico (~30 μ g/kg) é um éster propanoato de 1-pentanol, possui papel como um metabólito fúngico. Está funcionalmente relacionado a um 1-pentanol (RUTZ; BISSON; ALLARD, 2022). Butanoato de etila é um éster butirato resultante da condensação formal do grupo hidroxila do etanol com o grupo carboxila do ácido butírico, tem um papel como metabólito vegetal, é funcionalmente relacionado a um etanol, também encontrado em goiaba (RUTZ; BISSON; ALLARD, 2022).

Pentanoato de metila e butanoato de propila (~30-20 μ g/kg), ésteres flavorizantes naturais, encontrados em diferentes oleaginosas, e em alguns estudos utilizados como inseticidas (KUMAR; GUPTA; GUPTA, 2008).

Ainda, foram identificados o 2,4-dimetil heptano, propanoato de butan-2-il, butanoato de propan-2-il, éster butílico, tetradecano e ácido n-hexadecanóico, ácido pentanóico. O ácido pentanóico ou ácido valérico é um ácido graxo saturado de cadeia linear contendo cinco átomos de carbono e apresenta odor desagradável penetrante (DURAI; KUMARAVEL; MUKANNAN, 2021).

O ácido n-hexadecanóico ou ácido palmítico é um ácido graxo saturado de cadeia longa com um esqueleto de 16 carbonos, sendo encontrado naturalmente no óleo de palma e óleo de palmiste, bem como na manteiga, queijo, leite e carne (BESSON; PINEL, 2018).

Por fim, propanoato de propano, ácido propanoico, éster butílico, ácido butanóico, éster de 1-metilpropilo e o nonanal. Este último, é um aldeído graxo

saturado, um n-alcanal e um aldeído graxo de cadeia média, possui característica insolúvel em água, é encontrado em pelo menos 20 óleos essenciais, incluindo óleos de rosa e cítricos e várias espécies de óleo de pinho (RUTZ; BISSON; ALLARD, 2022). Os voláteis presentes no óleo de andiroba possui características promissoras e são encontrados em diferentes matrizes oleaginosas e frutíferas, sendo assim o óleo pode ser utilizado para uso desses compostos antes extraídos de outras matrizes.

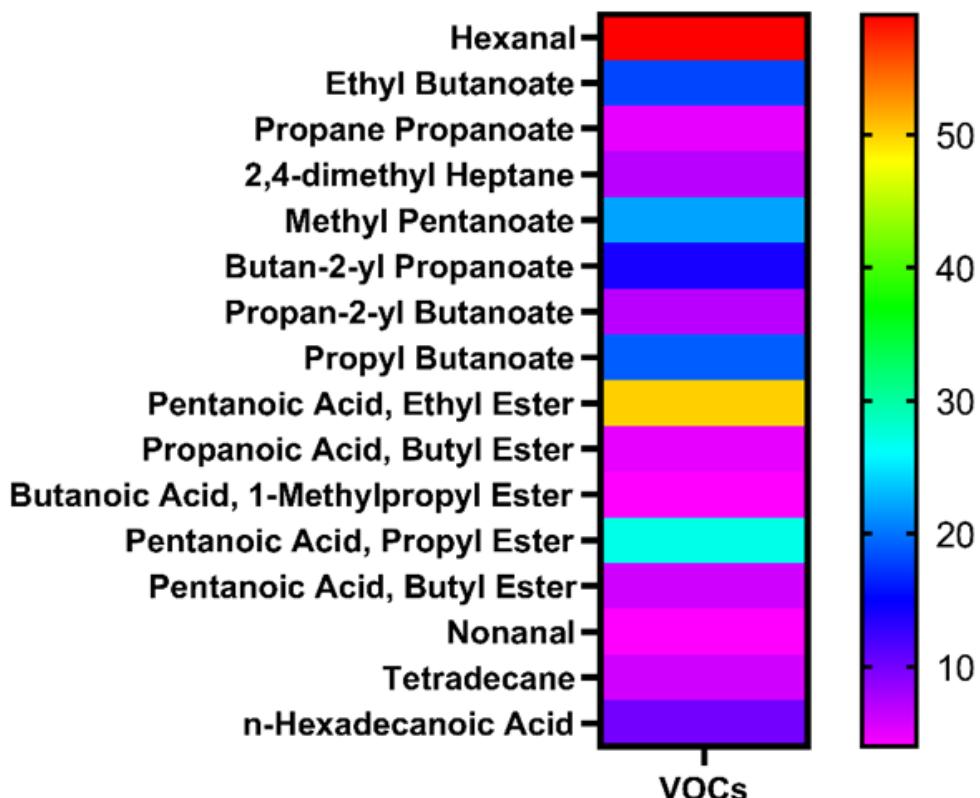


Figura 7. Principais compostos voláteis no óleo de andiroba. Mapa de calor dos compostos orgânicos voláteis presentes no óleo de andiroba. A coloração vermelha indica maior concentração e a coloração rosa, a menor concentração (μg/kg).

Tabela 6. Compostos orgânicos voláteis identificados por CG-MS em óleo de andiroba

| COVs | IS | IRL* | IRL | Íon de Referencia* | Íon de Referencia | **Quant.. µg/kg |
|---------------------------------------|----|------|------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------|
| Hexanal | 96 | 806 | 792 | 44.00(100)56.00(82.00)41.00(69.10) | 44.05(100)56.10(79.26)41.05(72.07) | 52.35 |
| Butanoato de etila | 95 | 785 | 798 | 71.00(100)43.00(99.50)29.00(65.20) | 71.10(100)43.05(76.25)88.05(55.36) | 15.49 |
| Propanoato de propano | 93 | 785 | 804 | 57.00(100)75.00(41.49)29.00(33.09) | 57.05(100)75.05(51.22)42.05(9.09) | 4.22 |
| 2,4-dimetil heptano | 94 | 788 | 807 | 43.00(100)85.00(40.99)57.00(29.59) | 43.05(100)85.10(45.67)57.10(32.98) | 6.59 |
| Pentanoato de metila | 94 | 785 | 813 | 74.00(100)43.00(43.49)85.00(37.39) | 74.05(100)43.05(37.74)85.10(31.35) | 19.72 |
| Propanoato de butan-2-il | 96 | 820 | 838 | 57.00(100)29.00(32.13)56.00(19.02) | 57.05(100)56.10(16.81)41.05(12.51) | 12.50 |
| Butanoato de propan-2-il | 90 | 820 | 870 | 43.00(100)71.00(76.10)89.00(28.19) | 43.5(100)71.10(59.75)58.05(35.57) | 6.29 |
| Butanoato de propila | 96 | 884 | 886 | 71.00(100)43.00(64.82)89.00(58.48) | 71.10(100)43.05(68.53)89.10(57.29) | 16.92 |
| Ácido pentanóico, éster etílico | 95 | 884 | 889 | 29.00(100)85.00(96.30)88.00(91.30) | 88.10(100)85.10(86.56)57.10(69.43) | 44.57 |
| Ácido propanoico, éster butílico | 92 | 884 | 898 | 57.00(100)29.00(48.29)56.00(37.09) | 57.05(100)56.10(39.60)75.05(36.27) | 4.37 |
| Ácido butanóico, éster 1-metilpropilo | 93 | 920 | 813 | 71.00(100)43.00(39.24)57.00(28.13) | 71.10(100)43.05(38.03)57.10(21.34) | 3.34 |
| Ácido pentanóico, éster propílico | 96 | 984 | 817 | 85.00(100)103.00(60.50)57.00(56.70) | 85.10(100)103.10(88.60)57.10(50.11) | 23.60 |
| Ácido pentanóico, éster butílico | 91 | 1083 | 1080 | 56.00(100)57.00(75.78)85.00(71.47) | 85.10(100)103.10(93.85)56.10(89.02) | 5.37 |
| Nonanal | 94 | 1104 | 1083 | 57.00(100)41.00(70.57)43.00(67.77) | 57.10(100)41.05(71.39)56.10(61.20) | 3.34 |
| Tetradecano | 95 | 1413 | 1301 | 57.00(100)43.00(74.10)71.00(64.40) | 57.10(100)71.10(72.17)43.05(71.77) | 5.66 |
| Ácido n-hexadecanóico | 92 | 1968 | 1943 | 60.00(100)73.00(98.10)57.00(84.09) | 73.05(100)60.05(85.47)43.05(84.42) | 8.64 |

IS índice de similaridade da literatura NIST11. IRL*: Índice de Retenção da literatura NIST11. IRL: Índice de Retenção experimental (base na série homologa n-alcanos C8-C20). Íon de Referencia* da literatura NIST11. Íon de Referencia experimental. ** Quantificação

5.4 Análise Elementar

As plantas absorvem elementos minerais através de suas raízes e alguns fatores, como qualidade do solo, pode influenciar na presenda destes elementos. Neste estudo foi analisada a presença de alumínio, boro, bário, cálcio, cádmio, cobalto, crômio, cobre, ferro, potássio, lítio, magnésio, manganês, níquel, chumbo, silício, vanádio, zinco e sódio. Estudos relatam que o potássio, cálcio e sódio são os metais majoritários encontrados em produtos de andiroba e outras matrizes amazônicas (FERNANDES *et al.*, 2022); JARAMILLO-VIVANCO *et al.*, (2022) os mesmos foram encontrados neste estudo (Tabela 7), representando 95% do total dos metais avaliados (Figura 8).

Tabela 7. Valores médios de concentração (mg/Kg) e seus respectivos desvios padrões para os minerais no óleo de andiroba.

| Metais | Símbolo | Óleo de andiroba* (mg/Kg) | Coef. de Variação (%) | TWI (mg/kg)** |
|----------|---------|------------------------------|--------------------------|------------------|
| Alumínio | Al | 5,3 ± 0,42 | 8,11 | 1 |
| Boro | B | <LOD | - | - |
| Bário | Ba | <LOD | - | - |
| Cálcio | Ca | 273,9 ± 2,58 | 0,94 | 115 |
| Cádmio | Cd | <LOD | - | - |
| Cobalto | Co | <LOD | - | - |
| Crômio | Cr | <LOD | - | - |
| Cobre | Cu | <LOD | - | - |
| Ferro | Fe | <LOD | - | - |
| Potássio | K | 397,6 ± 16,48 | 4,15 | 60 |
| Lítio | Li | <LOD | - | - |
| Magnésio | Mg | 3,2 ± 0,16 | 5,10 | 7 |
| Manganês | Mn | <LOD | - | - |
| Níquel | Ni | <LOD | - | - |
| Chumbo | Pb | 7,7 ± 0,23 | 2,96 | 0,05 |
| Silício | Si | 8,8 ± 0,78 | 8,94 | 0,25 |
| Vanádio | V | 13,9 ± 1,25 | 8,79 | 0,0002 |
| Zinco | Zn | 2,1 ± 0,078 | 3,83 | 0,2 |
| Sódio | Na | 152,4 ± 11,24 | 7,38 | 35 |

*média±desvio padrão; LOD limite de detecção; TWI: (*tolerable weekly intake*) ingestão semanal tolerável (FAO/WHO); ** mg/Kg de peso corporal; repetições analíticas; resultado em base úmida.

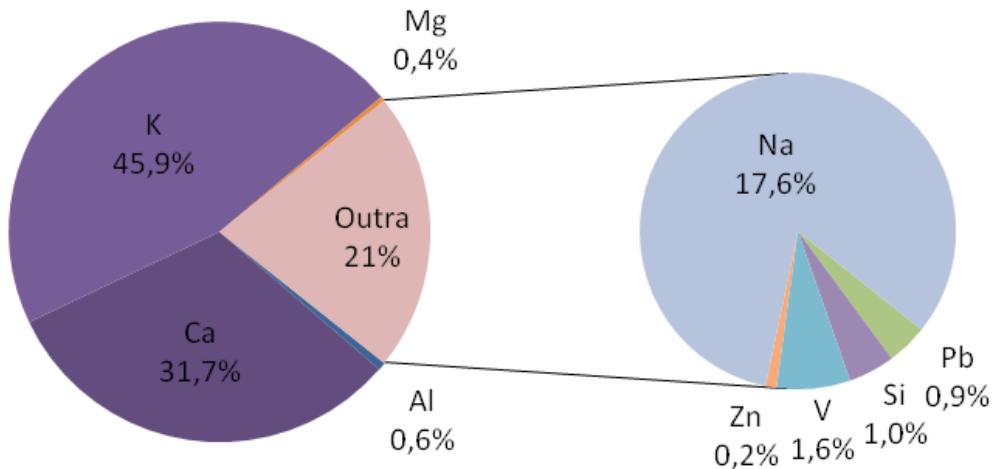


Figura 8. Sectograma da quantificação (%) dos metais presentes no óleo de andiroba.

O potássio, encontrado como majoritário no óleo de andiroba, é um macroelemento indispensável para uma série de processos biológicos das plantas (SOMADDAR *et al.*, (2022). No organismo humano é responsável por manter os níveis de água equilibrados, além de agir na manutenção das contrações musculares e na frequência cardíaca (REDEL-TRAUB *et al.*, 2022), o segundo majoritário cálcio, apresentando uma concentração de 273,9 mg/Kg é um macronutriente que compõem a parede celular, além de auxiliar na disponibilidade dos micronutrientes nas plantas (KLEIST; UDICK, 2022), por fim, o sódio apresentou 17,6% da composição do óleo deste estudo, mesmo não sendo um nutriente essencial para as plantas, sua presença se torna importante pois, quando associado ao potássio, o sódio regulariza o funcionamento dos sistemas muscular e cardíaco (MENDES *et al.*, 2021). Os demais metais identificados e quantificados: Al, Mg, Pb, Si, V, e Zn, representaram entorno de 5% do total, sendo alguns considerados metais que apresentam toxicidade, destaca-se que todos estão com quantidades traços no óleo de andiroba estudado.

A análise elementar do óleo de andiroba (Tabela 7, Figura 8) destaca este como uma matriz de importante fator nutricional para a saúde, sendo um suplemento com os macros e micronutrientes.

5.5 Atividade de repelência

Vários trabalhos têm demonstrado atividades repelentes do óleo de andiroba, misturados ou não a outras plantas, frente a insetos como moscas *Haemotobia irritans* and *Chrysomya megacephala* (Klauck et al., 2015), *Musca domestica* (Klauck et al., 2014; Zortéa et al., 2017), *A. fraterculus* (Rosa et al. 2013; Nunes et al. 2015, Wille et al., 2021), mosquitos *Aedes* spp (MIOT et al, 2004; TAPPIN et al., 2008; Miot et al., 2011; PROPHIRO et al., 2012; JESUS et al., 2017; SARQUIS et al. 2020 Dias et al., 2023) lagartas *Spodoptera frugiperda* (Sarria et al., 2011), carapato marrom *Rhipicephalus sanguineus* (Roma et al. 2015), gorgulho do milho *Sitophilus zeamais* (Santos et al., 2015).

Neste trabalho, testou-se essa propriedade frente ao gorgulho do feijão (*Acanthoscelides obtectus*), considerando-se a composição em COVs. Dessa avaliação se verificou elevado potencial repelente (Tabela 8). Essa afirmativa é feito com base no fato de que praticamente a totalidade dos insetos (98,12%) situou-se em quadrantes distantes daquele em que havia o óleo de andiroba. Esse resultado se iguala ao mesmo obtido quando se usa um repelente comercial, já amplamente conhecido pela sua eficácia, o diethyl tuolamide, que repele 100% dos insetos e inclusive tem ação inseticida (36,54% de insetos mortos). Já, o óleo de andiroba não apresentou essa propriedade inseticida, já que o percentual de insetos mortos não difere significativamente do controle, onde não havia nem óleo, nem repelente.

Embora aqui se tenha testado contra outro inseto, esses resultados corroboram aqueles obtidos por Coitinho et al., 2006; Gott et al., 2010, embora os testes utilizem metodologias distintas. Assim, o óleo de andiroba se mostrou promissor testado em gorgulho do feijão, que é uma praga significativa que se desenvolve no feijão, afetando-o esteticamente e fisiologicamente causando perdas (PAULO, 2009; THAKUR, 2012; VILCA, 2013). A procura de métodos inseticidas/repelentes menos agressivos ao meio ambiente tem se tornado prioridade e o óleo de andiroba se apresenta como promissor. Isso é importante, por exemplo, na conservação de grãos orgânicos, em que não é permitido o uso de inseticidas ou repelentes químicos sintéticos.

Tabela 8. Teste de repelência do óleo em gorgulhos.

| Tratamento | % de insetos fora da área com o disco | % de insetos mortos |
|-------------------|---------------------------------------|---------------------|
| Controle | 78,23 ± 6,35b* | 6,65 ± 2,35b |
| Óleo de andiroba | 98,12 ± 1,24a | 11,25 ± 4,68b |
| Diethyl toulamide | 100a | 36,54 ± 7,98a |

*Letras minúsculas distintas, na mesma coluna, indicam que há diferença significativa no nível de probabilidade de 95%.

5.6 Ensaio de atividade antimicrobiano do óleo de andiroba

É conhecido que muitos extratos, óleos essenciais e óleos brutos apresentam atividades antimicrobianas, por atuarem na dupla camada fosfolipídica da parede celular da bactéria, por aumentarem permeabilidade da parede e membrana celular, por agirem no DNA cromossômico e plasmidial e/ou por alteraram sistemas enzimáticos como os envolvidos na produção de energia celular e síntese de componentes estruturais (SARTO & ZANUSSO, 2014). Sendo assim, pela riqueza fitoquímica do óleo de andiroba, é relevante se fazer essa avaliação (Tabela 4). Desse estudo, que inclui quatro bactérias importantes em alimentos, o óleo de andiroba não se mostrou eficiente como agente com ação antibacteriana. Esse resultado não era o esperado, ou seja, em geral, pelo menos em bactérias Gran negativas era esperada a inibição de crescimento. Mas, isso não ocorreu.

Os resultados apresentados (Tabela 9, figura 9) mostraram que a matéria-prima não surtiu efeitos antibactericidas, este resultado pode estar relacionado a metodologia usada.

Tabela 9. Teste de ação microbiana do óleo de andiroba

| CEPAS ATCC | HALO DE INIBIÇÃO (mm) |
|--|-----------------------|
| <i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923 | 0 |
| <i>Listeria monocytogenes</i> ATCC 7644b | 0 |
| <i>Escherichia coli</i> ATCC 25922 | 0 |
| <i>Salmonella</i> spp ATCC 14028 | 0 |



Figura 9: atividade antimicrobiano do óleo de andiroba frente as cepas ATTCC. Ausência de halo de inibição frente ao óleo de andiroba, a presença do halo na placa de petri na codificação de salmonella spp se deu na presença do antibiótico.

Estes resultados se assemelham aos encontrados em algumas literaturas (RODRIGUES *et al.* 2016; PACKER, LUZ 2007; MACHADO, PEREIRA, SEIXAS 2016), no qual para essas bactérias em comum o óleo não apresentou atividade microbiana, frisando a utilização de distintas metodologias entre eles. Inúmeros podem ser os fatores que contribuem para tal resultado, podendo ser oxidação, armazenamento inadequado, método de extração, dentre outros, não podendo ser apontado ao certo qual fator teria sido. Com tudo, o óleo de andiroba se mostra uma interessante matéria a ser estudada, como por exemplo sua atividade frente a fungos deterioradores alimentar, tendo em vista que neles se encontram outros picos celulares (SOUZA, MESQUITA, ALVES, 2019), averiguando assim os conhecimentos empíricos repassado de geração em geração.

6. CONCLUSÃO

Neste trabalho se fez uma ampla caracterização do óleo de andiroba extraído por processo tradicional, no qual se identificaram compostos ainda não descritos nessa matriz, como é o caso de clorofila B e total, compostos fenólicos livre e totais, taninos totais, hidrolisados e condensados, entre outros compostos bioativos. O perfil de ácidos graxos revelou que o óleo é rico em ácido oléico (82%). A composição em compostos tem como majoritários o aldeído hexanal, ácido pentanóico, pentanoato de metila e butanoato de propila. Com relação à análise elementar, os minerais majoritários são o Ca, K e Na. Na perspectiva de propor usos potenciais, dois foram elencados como prioritários: repelência e atividade antimicrobiana. Avaliações preliminares apontam para o forte potencial de repelência e ausência de atividade antibacteriana.

REFERÊNCIA

- AGUILAR-LÓPEZ, J. *et al.* No Title. **Extracción y evaluación de taninos condensados a partir de la corteza de once especies maderables de Costa Rica**, [s. l.], v. 25, p. 15–22, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.18845/tm.v25i>.
- AHMAD-QASEM, M. H. . *et al.* Drying and storage of olive leaf extracts. Influence on polyphenols stability. **Industrial Crops and Products**, [s. l.], v. 79, p. 232–239, 2016.
- AMBROZIN, A. R. . *et al.* Limonóides de óleo de sementes de Andiroba (*Carapa guianensis*); Limonoides do óleo das sementes de andiroba (*Carapa guianensis*). *In:* , 2000, Poços de Caldas, SP. **23ª reunião anual da Sociedade Brasileira de Química, 23ª reunião anual da Sociedade Brasileira de Química**. Poços de Caldas, SP: [s. n.], 2000. p. 91.
- AMBROZIN, A. . *et al.* Limonoids from andiroba oil and *Cedrela fissilis* and their insecticidal activity. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, [s. l.], v. 17, 2006.
- AOAC. **Journal of AOAC INTERNATIONAL**, [s. l.], v. 75, p. 200–204, 1992. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/jaoac/75.1.200>.
- ARAUJO-LIMA, C. F. . *et al.* Atividade antioxidante e avaliação genotóxica de óleos de sementes de siri (Andiroba, *Carapa guianensis* Aublet). **Oxidative Medicine and Cellular Longevity**, [s. l.], 2018.
- AUNG, T. Omega-3 Treatment Trialists' Collaboration. Associations of Omega-3 Fatty Acid Supplement Use With Cardiovascular Disease Risks: Meta-analysis of 10 Trials Involving 77 917 Individuals. **JAMA Cardiology**, [s. l.], 2018. Disponível em: <https://jamanetwork.com/journals/jamacardiology/fullarticle/2670752>.
- BALDISSERA, M. . *et al.* Trypanocidal activity of the essential oils in their conventional and nanoemulsion forms: in vitro tests. **Exp. Parasitol**, [s. l.], p. 134–356, 2013.
- BARRETO, A. G. J. . *et al.* CROMATOGRAFIA DE TROCA-IÔNICA APLICADA AO ISOLAMENTO DA FRAÇÃO ÁCIDA DO ÓLEO DE COPAÍBA (*Copaifera multijuga*) E DA SACACA (*Croton cajucara*). **Quim. Nova**, [s. l.], v. 28, p. 719–722, 2005.
- BENTES, E. dos S. .; HOMMA, A. K. O.; SANTOS, C. A. N. dos. EXPORTAÇÕES DE POLPA DE AÇAÍ DO ESTADO DO PARÁ: situação atual e perspectivas. *In:* , 2017. **55º CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURA**. [s. l.]: Universidade Federal de Santa Maria, 2017. p. 18.
- BESSON, M. .; PINEL, C. Ciência da Síntese: Redução Catalítica na Síntese Orgânica. [s. l.], v. 2, p. 266, 2018.
- BLIGH, E. G.; DYER, W. J. a rapid method of total lipid extraction na purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology Issued by The national research council of canada**, [s. l.], p. 911–917, 1959.
- BOEING, J. S. Evaluation of solvent effect on the extraction of phenolic compounds and antioxidant capacities from the berries: application of principal component analysis. **Chemistry Central Journal**, [s. l.], v. 8, p. 48, 2014.
- BOEIRA, L. S. . *et al.* Chemical and sensorial characterization of a novel alcoholic beverage produced with native acai (*Euterpe precatoria*) from different regions of the Amazonas state. **LWT**, [s. l.], v. 117, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108632>.
- BOROW, K. M. Biologic plausibility, cellular effects, and molecular mechanisms of eicosapentaenoic acid (EPA) in atherosclerosis. **Atherosclerosis**, [s. l.], 2015.

- BRAMONT, W. B. . *et al.* Comparação da Composição Centesimal, Mineral e Fitoquímica de Polpas e Cascas de Dez Diferentes Frutas. **Rev. Virtual Quim**, [s. l.], v. 10, p. 811–823, 2018.
- BRAND-WILLIAMS, W. .; CUVELIER, M. E. .; BERSET, C. L. W. T. Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity. **LWT. Food Science and Technology**, [s. l.], v. 28, p. 25–30, 1995. Disponível em: [http://dx.doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5).
- BRITO, A. D. . *et al.* Saberes e práticas tradicionais da extração do óleo de Carapa guianenses Abul. (andiroba) em área de várzea do município de Igarapé-Mirim, PA. **Revista Brasileira de Agroecologia**, [s. l.], v. 15, p. 110–122, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.33240/rba.v15i3.23165>.
- CAMILA TURECK *et al.* Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases. **Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases**, [s. l.], v. 32, n. 12, p. 2689–2704, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2022.08.020>.
- CAMPOS, T. *et al.* Mating system parameters in a high density population of andirobas in the Amazon forest. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [s. l.], v. 48, n. 5, p. 504–509, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2013000500006>.
- CARVALHO, B. G. G. . **Avaliação preliminar de fitocosmético preparado com óleo de açaí**. 2013. [s. l.], 2013.
- CARVALHO, J. C. T. Fitoterápicos anti-flamatórios: Aspectos químicos, farmacológicos e aplicações terapêuticas. **Tecmedd**, [s. l.], 2004.
- CARVALHO, A. K. F. *et al.* Use and Reusability of the Na/Nb₂O₅Catalyst in the Ethanolysis of Different Feedstocks for Biofuel Production: Confirmation of Heterogeneity of the Catalyst. **Energy and Fuels**, [s. l.], v. 34, n. 6, p. 7105–7111, 2020. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.1021/acs.energyfuels.0c00246>.
- CASTELO-BRANCO, V. N.; TORRES, A. G. Capacidade antioxidante total de óleos vegetais comestíveis: determinantes químicos e sua relação com a associações with oil quality. [s. l.], v. 24, n. 1, p. 173–187, 2011.
- CHAVES, M. D. P. S. R. Serviço social e sustentabilidade: para o protagonismo social na Amazônia. **Revista Em Pauta**, [s. l.], v. 21, n. 51, p. 99–115, 2023.
- CHOON, Y. . *et al.* Current trends of tropical fruit waste utilization. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, [s. l.], v. 58, p. 335–361, 2018.
- COLOMBO, M. . Most commonly plant exposures and intoxications from outdoor toxic plants. **Journal of Pharmaceutical Sciences and Research**, [s. l.], v. 2, p. 417–425, 2010.
- CORDÃO, M. A. . *et al.* Taninos e seus efeitos na alimentação animal–Revisão bibliográfica. **Pubvet**, [s. l.], v. 4, 2010.
- COSTA, F. M. *et al.* Estabilidade de pigmentos em óleo de abacate, arroz e azeite de oliva. In: , 2018. **ENPOS (XX ENCONTRO DE PÓS-GRADUAÇÃO)**. [S. l.: s. n.], 2018.
- DABBOU, S. . *et al.* Extra virgin olive oil components and oxidative stability from olive oils grown in Tunisia. **J Am Oil Chem Soc**, [s. l.], 2010.
- DALASTRA, V. *et al.* Flavonoides presentes nos extratos da campomanesia xanthocarpa Berg. **Brazilian Journal of Development**, [s. l.], v. 5, p. 983–8991, 2019.
- DE HOYOS-MARTÍNEZ, P. L. . *et al.* Tannins extraction: A key point for their valorization and cleaner production. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 206, p. 1138–1155, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.09.243>.
- DJOUSSE L. Diabetes mellitus, race, and effects of omega-3 fatty acids on incidence of heart failure hospitalization. **JACC Heart Fail**, [s. l.], 2022.
- DURAI, M.; KUMARAVEL, S.; MUKANNAN, A. A esterificação de ácido valérico

sobre PTA suportou Al-SBA-15 mesoporoso como catalisadores ácidos sólidos eficientes. **J Porous Mater**, [s. l.], v. 28, p. 1907–1917, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10934-021-01131-y>.

EBERHART, B. D. S. Caracterização do óleo de pracaxi e sua inclusão em dietas de codornas japonesas. 2022. - Universidade Federal da Grande Dourados-MS, [s. l.], 2022.

FARIAS, M. P. . *et al.* Eficácia in vitro do óleo da Carapa guianensis Aubl. (andiroba) no controle de Boophilus microplus (Acari, Ixodidae). **Rev Bras Plantas Medicinais**, [s. l.], v. 9, p. 68–71, 2007.

FARIAS, M. P. . *et al.* Potencial acaricida do óleo de andiroba Carapa guianensis Aubl. sobre fêmeas adultas ingurgitadas de Anocentor nitens Neumann, 1897 e Rhipicephalus sanguineus Latreille, 1806. **Arq Bras Med Vet Zootec**, [s. l.], v. 61, p. 877–882, 2009.

FERNANDES, A. S. *et al.* Bruschi, The influence of different bioadhesive polymers on physicochemical properties of thermoresponsive emulgels containing Amazonian andiroba oil. **Journal of Molecular Liquids**, [s. l.], v. 365, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2022.120102>.

FERRAZ, I. D. K. Andirobinha, Carapa procera D. C. Informativo técnico de rede de sementes da Amazônia, [s. l.], 2004.

FERRAZ, I. D. K. ; CAMARGO, J. L. C. ; SAMPAIO, P. T. B. Sementes e plântulas de andiroba (Carapa guianensis Aubl. e Carapa procera D.C.): aspectos botânicos, ecológicos e tecnológicos. **Acta Amazônica**, [s. l.], v. 32, p. 647–661, 2002.

FILHO, A. C. P. de M.; MALAQUIAS, K. da S.; CASTRO, C. F. de S. Caracterização dos Compostos Químicos dos Óleos Extraídos da Casca, Arilo e Semente dos Frutos de Hymenaea stigonocarpa Mart. ex Hayne (Jatobá-do-Cerrado). **Ensaio e Ciênc**, [s. l.], v. 23, p. 195–198, 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.17921/1415-6938.2019v23n3p171-174>.

FONTENELLES, A. .; YAMAGUCHI, K. Uso de óleo de andiroba (Carapa guianensis) na produção de velas artesanais como instrumento para o ensino de Química. **Exatas Online**, [s. l.], v. 2, p. 39–52, 2018.

FRANCO, M. N. . *et al.* Phenolic compounds and antioxidant capacity of virgin olive oil. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 163, p. 289–298, 2014.

FREITAS, I. R. .; JORGE, N. Avaliação dos compostos bioativos de óleos brutos de soja, canola, milho e girassol. **Editora Científica Digital**, [s. l.], v. 2, p. 193–210, 2021.

FUNARI, C. S. .; FERRO, V. O. Análise de própolis. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, [s. l.], v. 26, p. 171–178, 2006.

GALINDO, J. *et al.* No Title. **Revista Cubana de Ciencia Agrícola**, [s. l.], v. 48, p. 359–364, 2014.

GILL, P. P. S. . *et al.* Influence of LDPE packaging on post harvest quality of mango fruits during low temperature storage. **Bioscan**, [s. l.], v. 10, p. 1177–1180, 2015.

GUIMARÃES, S. C. N. *et al.* Development of mixed probiotic fermented formulations enriched with amazonic fruit oils. **Braz. J. of Develop**, [s. l.], v. 6, p. 10882–10901, 2020.

GUO X. n-3 polyunsaturated fatty acids and metabolic syndrome risk: a meta-analysis. **Nutrients**, [s. l.], 2017.

HAGERMAN, A. E. .; RICE, M. E. .; RITCHARD, N. T. Mechanisms of protein precipitation for two tannins, pentagalloyl glucose and epicatechin(16) (4 -> 8) catechin (procyanidin). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**46, [s. l.], v. 7, p. 2590–2595, 1998.

HENRIQUES, M. G.; PENIDO, C. The therapeutic properties of Carapa guianensis. **Current Pharmaceutical Design**, [s. l.], v. 20, p. 850–856, 2014.

- INOUE, T. . *et al.* Carapanolides C–I from the seeds of andiroba (*Carapa guianensis*, Meliaceae). **Fitoterapia**, [s. l.], v. 96, p. 56–64, 2014.
- JARAMILLO-VIVANCO, T. . *et al.* Three Amazonian palms as underestimated and little-known sources of nutrients, bioactive compounds and edible insects. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 372, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131273>.
- KAZAZ, S. *et al.* Plant monounsaturated fatty acids: Diversity, biosynthesis, functions and uses. **Progress in Lipid Research**, [s. l.], v. 85, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.plipres.2021.101138>.
- KIRANDEEP, K. . *et al.* Phytochemistry of the. **Bioorganic & Medicinal Chemistry**, [s. l.], 2009.
- KLEIST, T. . . .; UDICK, M. M. Shaping up: Avanços recentes no estudo dos canais de cálcio das plantas. **Current Opinion in Cell Biology**, [s. l.], v. 76, p. 102080, 2022.
- KUBRUSLY, M. E. . ; IMBROISI, R. Desenho de fibra: artesanato têxtil no Brasil. **Senac Editoras**, [s. l.], 2011.
- KUMAR, M.; GUPTA, R.; GUPTA, R. R. Série: Landolt-Börnstein - Grupo II Moléculas e Radicais 27B : Moléculas e Radicais. **Editora: Springer-Verlag Berlin Heidelberg**, [s. l.], 2008.
- LAMEIRA, O. A. . ; MEDEIROS, A. P. R. **Carapa guianensis: Andiroba**. [S. l.: s. n.], 2022. *E-book*. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1144718>.
- LI, Y. . *et al.* Avaliação de solventes alternativos para melhorar a extração do óleo da colza. **Comptes Rendus Chimie**, [s. l.], v. 17, p. 242–251, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.crc.2013.09.002>.
- LICHTENTHALER, H. K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. **Methods Enzymol**, [s. l.], v. 148, p. 350–381, 1987.
- LIRA-GUEDES, A. C. . ; NARDI, M. Guia prático para o manejo sustentável de andirobeiras de várzea e para a extração do óleo de suas sementes. [s. l.], v. 21, n. 1, p. 1–9, 2015. Disponível em: <http://journal.um-surabaya.ac.id/index.php/JKM/article/view/2203>.
- MARCELINO, G. *et al.* Effects of olive oil and its minor components on cardiovascular diseases, inflammation, and gut microbiota. **Nutrients**, [s. l.], v. 11, p. 1826, 2019.
- MARQUES, E. P. . *et al.* Estudo viscosimétrico de polióis a base do óleo de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.). **Revista Virtual de Química**, [s. l.], v. 8, p. 926–944, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5935/1984-6835.20160067>.
- MARTINBOROUGH, T. Karaba oil (Crabwood oil): a literature review. In: *Winners and Losers*. [s. l.], p. 6, 2003.
- MATOS, A. P. . *et al.* Constituintes químicos e atividade inseticida dos extratos de frutos de *Trichilia elegans* e *T. catigua* (Meliaceae). **Química Nova**, [s. l.], v. 32, p. 1553–1556, 2009.
- MAUÉS, M. M. . Fenologia da andiroba (*Carapa guianensis* Aublet.) na Floresta Nacional do Tapajós, Belterra, Pará. In: , 2008, Rio Branco-Acre. **Seminário do Projeto Kamukaia: Manejo sustentável de produtos florestais não-madeireiros na Amazônia**. Rio Branco-Acre: [s. n.], 2008. p. 67–74.
- MELO, K. M. *et al.* Andiroba oil and nanoemulsion (*Carapa guianensis* Aublet) reduce lesion severity caused by the antineoplastic agent doxorubicin in mice. **Biomedicine & Pharmacotherapy**, [s. l.], v. 138, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2021.111505>.
- MELO, M. S. . ; ALMEIDA, E. C.; DANTAS, J. B. **Boas práticas de manejo e extração de óleo vegetal de andiroba**. Santarém: [s. n.], 2011.

- MENDES, L. M. C. *et al.* PERFIL DOS ÓBITOS POR INFARTO AGUDO DO MIOCÁRDIO DO BRASIL NO PERÍODO DE 2011 A 2021. **RECIMA21-Revista Científica Multidisciplinar**, [s. l.], v. 3, p. 381800-e381800, 2021.
- MENDONÇA, A. P. *et al.* Extração de óleo de andiroba por prensa: rendimento e qualidade de óleo de sementes submetidas a diferentes teores de água e temperaturas de secagem. **Scientia Forestalis**, [s. l.], v. 48, p. 125, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.18671/scifor.v48n125.09c>.
- MENDONÇA, A. P. ;; FERRAZ, I. D. K. Óleo de andiroba: processo tradicional da extração, uso e aspectos sociais no estado do Amazonas, Brasil. **Ciências Florestais, Acta Amaz**, [s. l.], v. 37, p. 3, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0044-59672007000300006>.
- MENEGUETTI, N. F. P. ;; MENEGUETTI, D. U. O.; SIVIERO, A. Biotechnological potential of the *Carapa guianensis*, *Bertholletia excelsa* and *Copaifera* spp. Oils. **Journal of Medicinal Plants Research**, [s. l.], v. 13, p. 413–422, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.5897/JMPR2019.6828>.
- MIOT, H. . *et al.* Comparative study of the topical effectiveness of the andiroba oil (*Carapa guianensis*) and DEET 50% as repellent for *Aedes* sp. **Rev Inst Med Trop São Paulo**, [s. l.], v. 46, p. 253–256, 2004.
- MIOT, H. . *et al.* Comparison among homemade repellents made with cloves, picaridin, Andiroba, and soybean oil against *Aedes aegypti* bites. **Rev Soc Bras Med Trop**, [s. l.], v. 44, p. 793–794, 2011.
- MOHAMAD, K. . *et al.* Ceramicinas B-D, novos limonóides antiplasmódiais de *Chisocheton ceramicus*. **Bioorganic & Medicinal Chemistry**, [s. l.], v. 17, p. 727–730, 2009.
- MONTEIRO, C. A. . *et al.* NOVA The star shines bright. **Wolrd Nutrition**, [s. l.], v. 7, p. 1–3, 2016. Disponível em: <http://archive.wphna.org/wp-content/uploads/2016/01/WN-2016-7-1-3-28-38-Monteiro-Cannon-Levy-et-al-NOVA.pdf>.
- MONTEIRO, J. M. *et al.* Taninos: uma abordagem da química à ecologia. **Química nova**, [s. l.], v. 28, p. 892–896, 2005.
- MORAIS, L. R. B. .; GUTJAHR, E. Química de oleaginosas: valorização da biodiversidade amazônica. Belém, PA. **Ed. do autor**, [s. l.], 2012.
- MORETO, E.; FETT, R. **Óleo e gorduras vegetais: processamento e análises**. [S. l.: s. n.], 1989.
- MOURÃO, L. . História e natureza: Do açaí ao palmito. **Revista Territórios E Fronteiras**, [s. l.], v. 3, p. 74–96, 2011.
- MUNIZ, M. A. P. Physicochemical characterization, fatty acid composition, and thermal analysis of *Bertholletia excelsa* HBK oil. **Pharmacognosy magazine**, [s. l.], v. 11, p. 147, 2015.
- NAUMANN, H. D. .; TEDESCHI, L. O. .; ZELLER, W. E. Invited Review: The role of condensed tannins in ruminant animal production: advances, limitations and future directions. **Revista Brasileira de Zootecnia**, [s. l.], v. 46, p. p.929-949, 2017., 2017.
- NOVELLO, Z. . *et al.* Extraction, chemical characterization and antioxidant activity of andiroba seeds oil obtained from pressurized n-butane. **Industrial Crops and Products**, [s. l.], v. 76, p. 697–701, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.07.075>.
- NOVELLO, Z. *et al.* Extraction , chemical characterization and antioxidant activity of andiroba seeds oil obtained from pressurized n -butane. **Industrial Crops & Products**, [s. l.], v. 76, p. 697–701, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.07.075>.

- OLAYA, E. S. E. . *et al.* CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO, LOGÍSTICO Y REGULATORIO DE LOS MEDICAMENTOS. **REVISTA DE LA FACULTAD DE QUÍMICA FARMACÉUTICA**, [s. l.], v. 13, p. 69–82, 2006.
- OLIVEIRA, A. A. . Andiroba: Conab – Companhia Nacional de Abastecimento (Ed.). Proposta de preços mínimos safra 2015-2016 produtos da sociobiodiversidade. **Conab**, [s. l.], v. 1, p. 22–38, 2015.
- OLIVEIRA, D. C. da S. *et al.* Utilização de materiais adsorventes na redução do índice de acidez do óleo residual de fritura: Uma revisão integrativa / Uso de materiais adsorventes para redução do índice de acidez do óleo residual de fritura: Uma revisão integrativa. **Revista Brasileira de Desenvolvimento**, [s. l.], v. 8, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.34117/bjdv8n1-215>.
- OLIVEIRA, J. I.; SILVA, H. M.; GONÇALVES, L. C. Valor nutritivo do feno de capim jaraguá maduro tratado com hidróxido de sódio ou amônia. I. Consumo e digestibilidade de nutrientes não fibrosos e consumo de água por caprinos. **Arq. Bras. Med. Veterinario. Zootec**, [s. l.], v. 50, p. 47–56, 1998.
- ORELLANA, B. J. P.; KOBAYASHI, E. S.; LOURENÇO, G. M. Terapia alternativa através do uso da andiroba. **Lato & Sensu**, [s. l.], v. 5, n. 1, p. 136–141, 2004.
- PACHECO, L. A. P. .; TALCOTT, S. T.; MERTENS, S. T. Absorption and biological activity of phytochemical-rich extracts from açaí (*Euterpe oleracea*) pulp and oil in vitro. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [s. l.], v. 56, p. 3593–3600, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/jf8001608>.
- PANNIRSELVAM, P. V. A. . *et al.* Estudo de Sistema Integrado de Gestão Tecnológica e Bioeconomia: Inovação de Produtos de Frutas Tropicais e Bioenergia. In: , 2015, São Paulo. **5th International Workshop—Advances in Cleaner Production**. São Paulo: [s. n.], 2015.
- PAULISTA, P. .; CAMPOS, D. .; TURRIONI, J. Análise Bibliométrica da Gestão do Conhecimento. In: , 2010, São Carlos SP. **XXX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Anais do Enegep**. São Carlos SP: [s. n.], 2010.
- PAZ-DÍAZ, H.-J. *et al.* Extracto de taninos del fruto piñón de oreja (*Enterolobium cyclocarpum*) como curtiente para piel de conejo común (*Oryctolagus cuniculus*). **Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial**, [s. l.], v. 19, 2021.
- PEREIRA, A. F. da C. . **DETERMINAÇÃO SIMULTÂNEA DE ACIDEZ, ÍNDICE DE REFRAÇÃO E VISCOSIDADE EM ÓLEOS VEGETAIS USANDO ESPECTROMETRIA NIR, CALIBRAÇÃO MULTIVARIADA E SELEÇÃO DE VARIÁVEIS**. 2007. - UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA, [s. l.], 2007.
- PEREIRA, C. C. . *et al.* Evaluation of the bioaccessibility of minerals from blackberries, raspberries, blueberries and strawberries. **Journal Of Food Composition And Analysis**, [s. l.], v. 68, p. 73–78, 2018.
- PEREIRA, R. J. .; CARDOSO, M. das G. Metabólitos secundários vegetais e benefícios antioxidantes. **Journal of biotechnology and biodiversity**, [s. l.], v. 3, 2012.
- PEREIRA, K. S. .; SCHMIDT, F. L. O açaí como veículo de transmissão da doença de chagas aguda (DCA) pela via oral. **Hig. alimentação**, [s. l.], p. 73–77, 2010.
- PINTO, T. L. R. .; RAMÍREZ, D. R. .; SANDOVAL, G. L. M. Efecto del uso de semillas arbóreas forrajeras sobre la actividad fermentativa de los microorganismos ruminantes. **Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial**, [s. l.], v. 17, p. 46–52, 2019.
- POURMORTAZAVI, S. M. .; HAJIMIRSADEGUI, S. H. Supercritical fluid extraction in plant essential and volatile oil analysis. **J. Chromatogr. A**, [s. l.], p. 2–24, 2007.
- PRICE, M. L.; SCYOC, A. V.; BUTLER, L. G. A critical evaluation of the vanillin reaction as an assay for tannin in sorghum grain. **Journal of Agricultural and Food**

- Chemistry**, [s. l.], v. 26, p. 1214–1218, 1978.
- PROPHIRO, J. S. . *et al.* First report on susceptibility of wild *Aedes aegypti* (Diptera: culicidae) using *Carapa guianensis* (Meliaceae) and *Copaifera* sp. (Leguminosae).
- Parasitology Research**, [s. l.], v. 110, p. 699–710, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00436-011-2545-7>.
- QI, S. H. . *et al.* A novel fl avane from *Carapa guianensis*. **Acta Bot. Sin.**, [s. l.], p. 1129 – 1133, 2003.
- QI, S. H. . *et al.* Constituents of *Carapa guianensis* Aubl. (Meliaceae). **Pharmazie**, [s. l.], v. 59, p. 488 – 490, 2004.
- RAMADAN, M. F. .; MOERSEL, J. T. Triagem da ação antirradical de óleos vegetais. **Journal of Food Composition and Analysis**, [s. l.], v. 19, p. 838–842, 2006.
- REDEL-TRAUB, G. . *et al.* Canais de Potássio como Alvos Terapêuticos na Hipertensão Arterial Pulmonar. **Biomoléculas**, [s. l.], v. 12, p. 1341, 2022.
- RHAZI, N. . *et al.* Charrier-El Bouh-toury, F. Green extraction process of tannins obtained from Moroccan *Acacia mollissima* barks by microwave: Modeling and optimization of the process using the response surface methodology RSM. **Arabian Journal of Chemistry**, [s. l.], v. 12, p. 2668–2684, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2015.04.032>.
- RIBEIRO, M. C. . *et al.* Influência do método de extração e tempo de armazenamento nas propriedades físico-químicas e teores de carotenoides do óleo de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, [s. l.], v. 32, p. 386–392, 2012.
- ROSA, E. R. . *et al.* Flavonoides e atividade antioxidante em *Palicourea rigida* Kunth, Rubiaceae. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, [s. l.], v. 20, 2010.
- ROY, A. .; SARAF, S. Limonoids: Overview of significant bioactive triterpenes distributed in plants kingdom. **Pharmaceutical Society of Japan**, [s. l.], v. 29, p. 191 – 201, 2006.
- RUFINO, M. S. . *et al.* Acerola and cashew apple as sources of antioxidant and dietary fibre. **International Journal of Food Science and Technology**, [s. l.], v. 45, p. 2227–2233, 2010.
- RUFINO, M. D. S. M. Metodologia Científica: Determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre ABTS. **Comunicado Técnico**, [s. l.], p. 3–6, 2007.
- RUTZ, A. .; BISSON, J. .; ALLARD, P. M. A Iniciativa LOTUS para Pesquisa Aberta de Produtos Naturais: wikidata de união de conjuntos de dados congelados (com metadados). **eLife-CHEBI**, [s. l.], 2022. Disponível em: <http://www.ebi.ac.uk/chebi/searchId.do?chebiId=CHEBI:87373>.
- SALATI, E. .; SANTOS, A. A. .; KLABIN, I. No Title. **Est. Avanç**, [s. l.], v. 20, p. 56, 2006.
- SANTOS, J. S. *et al.* ¹H NMR combined with chemometrics tools for rapid characterization of edible oils and their biological properties. **Industrial Crops and Products**, [s. l.], v. 116, p. 191–200, 2018.
- SANTOS, L. H. *et al.* Application of andiroba oil as a novel collector in apatite flotation. **Minerals Engineering**, [s. l.], v. 185, n. June, 2022.
- SANTOS, R. S. .; PELLICCIOTTI, A. S. Ocorrência de *Hypsipyla ferrealis* Hampson (Lepidoptera: Pyralidae) em andiroba no estado do Acre. **Ciência Florestal**, [s. l.], v. 26, p. 995–998, 2016.
- SARQUIS, I. R. . *et al.* *Carapa guianensis* Aubl. (Meliaceae) oil associated with silk fibroin, as alternative to traditional surfactants, and active against larvae of the vector *Aedes aegypti*. **Industrial Crops & Products**, [s. l.], v. 157, 2020. Disponível em:

<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112931>.

SEABRA, I. J. . *et al.* Influence of solvent additives on the aqueous extraction of tannins from pine bark: potential extracts for leather tanning: Potential pine bark extracts for leather tanning/retanning processes. **Journal of Chemical Technology & Biotechnology**, [s. l.], v. 93, p. 1169–1182, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/jctb.5478>.

SENHORINI, G. . *et al.* Microparticles of poly(hydroxybutyrate-co-hydroxyvalerate) loaded with andiroba oil: preparation and characterization. **Mater. Sci. Eng.**, [s. l.], v. 32, p. 1121, 2012.

SHEARER, G. C. No Title. **Biochimica et Biophysica Acta**, [s. l.], 2012.

SILVA, L. R. Propriedades físico-químicas e perfil dos ácidos graxos do óleo da andiroba. **Nativa**, [s. l.], v. 6, p. 147–152, 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.31413/nativa.v6i2.4729>.

SILVA, Leirson Rodrigues. Propriedades físico-químicas e perfil dos ácidos graxos do óleo da andiroba. [s. l.], p. 147–152, 2018.

SILVA, O. . *et al.* The use of Andiroba Carapa guianensis as larvicide against Aedes albopictus. **J Am Mosq Control Assoc**, [s. l.], v. 20, p. 456–457, 2004.

SILVA, F. A. .; BORGES, M. F. M.; FERREIRA, M. A. Métodos para avaliação do grau de oxidação lipídica e da capacidade antioxidante. **Química nova**, [s. l.], v. 22, p. 94–103, 1999.

SILVA, J. A. P. .; CARDOSO, N. S. M.; PETZHOLD, C. L. Enzymatic synthesis of andiroba oil based polyol for the production of flexible polyurethane foams. **Industrial Crops & Products**, [s. l.], v. 113, p. 55–63, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.01.020>.

SIMÕES, C. M. O. . *et al.* Farmacognosia, da planta ao medicamento. **editora UFRGS**, [s. l.], p. 1104, 2007.

SIMÕES, C. M. O. .; SPITZER, V. Farmacognosia da Planta ao medicamento. **Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul**, [s. l.], 2001.

SINGLETON, V. L. .; ROSSI, J. A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic and phosphotungstic acid reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, [s. l.], v. 16, p. 144–158, 1965.

SOARES, J. F. . *et al.* Caracterização do óleo de buriti produzido no Norte de Minas Gerais: parâmetros de qualidade, perfil de ácidos graxos e conteúdo de carotenoides. **Research, Society and Development**, [s. l.], v. 10, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i3.13734>.

SOBEH, M. . *et al.* Hepatoprotective and hypoglycemic effects of a tannin rich extract from Ximenia americana var. caffra root. **Phytomedicine**, [s. l.], v. 33, p. 36–42, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2017.07.003>.

SOMADDAR, U. . *et al.* Assessing Silicon-Mediated Growth Performances in Contrasting Rice Cultivars under Salt Stress. **Plants**, [s. l.], v. 11, n. 14, p. 1–14, 2022.

SOUSA, S. F. de. . *et al.* ANÁLISE FÍSICA E AVALIAÇÃO DO EFEITO ANTIFUNGICO DOS ÓLEOS DE ANDIROBA, COPAÍBA E PINHÃO-MANSO. **FLORESTA**, [s. l.], v. 48, p. 153–162, 2018.

SZYD, O. C. A. . *et al.* Comparison of two analytical methods for assessing antioxidant capacity of rapeseed and olive oils. **J Am Oil Chem Soc**, [s. l.], v. 85, p. 141–149, 2008.

TAKANOBU, I. . *et al.* Carapanolides M–S from seeds of andiroba (Carapa guianensis, Meliaceae) and triglyceride metabolism-promoting activity in high glucose-pretreated HepG2 cells. **Tetrahedron**, [s. l.], v. 71, p. 2753–2760, 2015.

TAKANOBU, I. . *et al.* Guianolides A e B, Novos Limonóides Esqueléticos de

- Carbono das Sementes de Carapa guianensis. **Organic letters**, [s. l.], v. 15, p. 3018–3021, 2013.
- TAPPIN, M. R. R. *et al.* Development of an HPLC method for the determination of tetranortriterpenoids in Carapa guianensis seed oil by experimental design. **Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis**, [s. l.], v. 48, n. 4, p. 1090–1095, 2008.
- TUBEROSO, C. I. G. *et al.* Determination of antioxidant compounds and antioxidant activity in commercial oilseeds for food use. **Food Chemistry**, [s. l.], p. 1494–1501, 2008.
- TUFARIELLO, J. A.; GROWS, K.; DAVIS, E. J. Análise rápida de ácidos graxos não derivados por eletrospray-ionização-espectrometria de mobilidade iônica. **Int. J. Ion Mobil. Especificação**, [s. l.], v. 18, p. 95–104, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12127-015-0167-y>.
- VALAVANIDIS, A. *et al.* Comparison of the radical scavenging potential of polar and lipidic fractions of olive oil and other vegetable oils under normal conditions and after thermal treatment. **J Agric Food Chem**, [s. l.], 2004.
- VAN DEN DOOL, H.; DEC. KRATZ, P. A generalization of the retention index system including linear temperature programmed gas-liquid partition chromatography. **Journal of Chromatography A**, [s. l.], v. 11, n. C, p. 463–471, 1963.
- VIEIRA, R. F. . Conservation of medicinal and aromatic plants in Brazil. **ASHS Press**, [s. l.], p. 152–159, 1999.
- VIEIRA, I. C. G. ; GALVÃO, N. ; ROSA, N. A. Caracterização morfológica de frutos e germinação de sementes de espécies arbóreas nativas da Amazônia. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**, [s. l.], v. 12, p. 289–302, 1996.
- WANG, Z. . *et al.* 1,3-Dioleoyl-2-palmitoylglycerol-rich triacylglycerol characterization by three processing methods. **International Journal of Food Properties**, [s. l.], v. 22, p. 1156–1171, 2019.
- WEISS R. Obesity and the metabolic syndrome in children and adolescents. **New England Journal of Medicine**, [s. l.], 2004.
- XUAN, T. D. . *et al.* . Uma Visão Geral de Perfis Químicos, Antioxidantes e Atividades Antimicrobianas de Óleos Comestíveis Vegetais Comerciais Comercializados no Japão. **Alimentos**, [s. l.], v. 7, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/foods7020021>.
- YANAI H. An improvement of cardiovascular risk factors by omega-3 polyunsaturated fatty acids. **Journal of clinical medicine research**, [s. l.], 2018. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5827911>.
- YUYAMA, L. K. O. . *et al.* Caracterização físico-química do suco de açaí de Euterpe precatoria Mart. oriundo de diferentes ecossistemas amazônicos. **Acta Amazônica**, [s. l.], v. 41, p. 545–552, 2011. Disponível em: <http://repositorio.ipen.br/handle/123456789/4459>.
- ZAMBIAZI, R. C. Análise físico-química de alimentos. **Editora Universitária/UFPEL**, [s. l.], 2010.