



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
PRO-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA

Avaliação de frutos amazônicos do gênero *Ambelania*: estudos químicos e nutricionais

Pollyane Gomes Corrêa  
(Doutorado)

Manaus – AM  
Março de 2023

POLLYANE GOMES CORRÊA

Avaliação de frutos amazônicos do gênero *Ambelania*: estudos químicos e nutricionais

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós Graduação em Química da Universidade Federal do Amazonas exigida para o título de doutora em química, com ênfase na linha de pesquisa: Produtos Naturais e Biomoléculas.

Prof. Dr. Jefferson Rocha de Andrade Silva  
(Orientador)

Manaus – AM  
Março de 2023

## Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

C824a Correa, Pollyane Gomes  
Avaliação de frutos amazônicos do gênero *Ambelania*: estudos químicos e nutricionais / Pollyane Gomes Correa . 2023  
70 f.: il. color; 31 cm.

Orientador: Jefferson Rocha de Andrade Silva  
Tese (Doutorado em Química) - Universidade Federal do Amazonas.

1. Nutrientes. 2. Aroma. 3. Cromatografia. 4. Compostos Orgânicos Volatéis. I. Silva, Jefferson Rocha de Andrade. II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

## FOLHA DE APROVAÇÃO

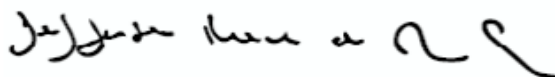
POLLYANE GOMES CORREA

Avaliação de frutos amazônicos do gênero *Ambelania*: estudos químicos e nutricionais

Tese apresentada ao Programa de Pós Graduação em Química – PPGQ, área de concentração: Produtos Naturais e Biomoléculas da Universidade Federal do Amazonas - UFAM, como requisito para obtenção do título de Doutor em Química.

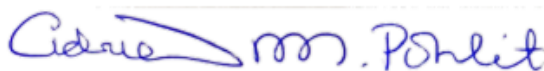
Aprovada em 03 de março de 2023

Banca Examinadora:



---

Jefferson Rocha de Andrade Silva (PPGQ/UFAM) Presidente/Orientador



---

Adrian Martin Pohlit (PPGQ/INPA) Membro interno



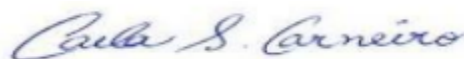
---

Maria Lúcia Belém Pinheiro (PPGQ/UFAM) Membro interno



---

Igor de Almeida Rodrigues (Faculdade de Farmácia - UFRJ) Membro externo



---

Carla Silva Carneiro (Faculdade de Farmácia - UFRJ) Membro externo

## AGRADECIMENTOS

Obrigada Deus por ter iluminado meus caminhos e ter me dado forças nos momentos certos. Porque sua vontade é boa, perfeita e agradável sempre.

Ao meu companheiro de residência, meu cônjuge Jerfson Batista, que mesmo sem entender me apoiava à sua maneira.

À minha filha Nicole, que mesmo a sua maneira me dava forças, “vai trabalhar o dia todo hoje mãe?”, “tu não vais parar de trabalhar, não é?!”, e assim por diante.

Aos meus pais e irmã pelo incentivo de sempre, são meu porto seguro sempre.

Ao professor Jefferson Rocha pela orientação, por não me deixar desistir, uma pessoa a qual tenho enorme respeito e admiração, que pela obra do acaso aceitou ser meu orientador sem nem me conhecer. E com toda sua inteligência e experiência me ajudou por toda a minha caminhada. Minha eterna gratidão pelos ensinamentos!

Aos meus colegas de laboratório, que nunca me negaram ajuda, parceria sempre presente, como Aimee Almeida, Leonardo Gomes, Laena Rebouças, Manoela Silva, Carlos Ramon, Leandro França.

Aos demais laboratórios da UFAM e demais instituições pela ajuda como o INPA (professora Francisca e professor Jaime), o Laboratório de Engenharia de Pesca da UFAM (técnico Carlos), a central analítica (Paulo Alexandre, Felipe, Isadora), aos professores Ana Claudia Amaral e Alexandre Fiocruz- Unidade Farmanguinhos, e a UFES (amigo Rene Lemos do laboratório de Genética de Plantas e Toxicologia).

À FAPEAM pelo financiamento da bolsa de doutorado durante os dois anos iniciais.

Enfim a todos aqueles que contribuíram direta e indiretamente para este fim. Sou muito grata!

## RESUMO

Os frutos das espécies *Ambelania acida* e *duckei*, conhecidos popularmente como pepino doce e pepino bravo, respectivamente, possuem composições nutricionais e químicas pouco evidenciadas em trabalhos anteriores. Essas espécies são nativas, não endêmicas, do Brasil e pertencem à família Apocynaceae, cujos frutos possuem atividade antioxidante e anti-inflamatória. Deste modo, foram realizadas em amostras de cascas, polpas e sementes dos frutos de ambas espécies; análises de composição centesimal, mineral, compostos bioativos, atividade antioxidante, ácidos graxos, compostos orgânicos voláteis, e identificação de compostos por CL-EM. O teor de proteínas na polpa de ambos os frutos (2,4 e 2,7 g/100g para *A. duckei* e *A. acida*) foi maior quando comparado com frutos da mesma família e outros tropicais. O teor dos minerais K, Ca e Mg presentes nas cascas e polpas de ambos, também se destacaram dentre os demais minerais analisados. As cascas de ambos os frutos, apresentaram maiores quantidades de compostos bioativos bem como melhor atividade antioxidante em relação as suas respectivas polpas. A análise das frações lipídicas da casca, polpa e sementes dos frutos de *A. duckei* e *A. acida* resultaram, de forma respectiva, em 14 e 11 tipos de ácidos graxos, sendo os principais: o ácido oleico (casca, 22,52; 23,57%), ácido palmítico (polpa, 17,34; 34,00%) e ácido linoleico (sementes, 47,99; 47,00%). O perfil lipídico e os aspectos nutricionais tinham uma relação AGPI/AGS (0,4-1,8) nas diferentes partes dos dois frutos analisados; os índices aterogênicos (1,87 e 0,72) e trombogênicos (0,62 e 1,63) das polpas de ambos, mostrado de forma respectiva para *A. duckei* e *A. acida*, foram mais altos em relação as demais partes dos frutos. A razão entre os ácidos graxos hipocolesterolemicos e hipercolesterolemicos (0,5 - 3,8), calculados para os dois frutos, estão dentro da faixa desejável para um alimento nutritivo. Dentre os COV identificados nas cascas e polpas de ambos os frutos, os terpenos foram os mais abundantes. Notas aromáticas como floral e menta se destacaram no aroma das partes do fruto de *A. duckei* característicos da  $\beta$ -ionona e 1,8-cineol, já notas como frutado, cítrico e amadeirado foram algumas que se destacaram no aroma das partes do fruto *A. acida* característicos do  $\alpha$ -cubebeno e  $\beta$ -cubebeno. A análise por CL-EM de cascas, polpas e sementes do fruto de *A. duckei* permitiu a identificação de 26 substâncias como ácido fenólico, flavonoides, alcaloides, terpenoides e proantocianidinas, sendo esta última, a classe dominante encontrada nas cascas e polpa do fruto analisado. Diante do exposto, conclui-se que as polpas dos dois frutos estudados podem

ser inseridas numa dieta saudável, e as partes dos frutos normalmente não consumíveis como cascas e sementes, possuem potencial para aplicações comerciais em virtude de suas boas quantidades de componentes nutricionais e bioativos.

Palavras-chave: nutrientes, aromas, cromatografia.

## ABSTRACT

The fruits of the species *Ambelania acida* and *Ambelania duckei*, popularly known as sweet cucumber and wild cucumber, respectively, they have nutritional and chemical compositions that are not very well evidenced in previous researches so far. Those are native species from the region, not endemic, though. Both belong to the Apocynaceae family, whose fruits have antioxidant and anti-inflammatory activity. Thus, we performed in samples of peel, pulp and seeds of both fruits of the genus *Ambelania*: analyses of the centesimal composition, minerals, bioactive compounds, antioxidant activity, fatty acids, volatile organic compounds, and identification of compounds by LC-MS. The amount of protein in the pulp of both fruits (2.4 and 2.7 g/100g b.u. for *A. duckei* and *A. acida*) was higher when compared to other fruits of the same family and other tropical fruits. The mineral contents of K, Ca and Mg located in the peels and pulps of both, also stood out among the other minerals analyzed. The peels of both fruits presented higher amounts of bioactive compounds as well as better antioxidant activity than their respective pulps. The analysis of the lipid fractions of the peel, pulp and seeds of *A. duckei* and *A. acida* fruits resulted, respectively: in 14 and 11 types of fatty acids, being the main ones: oleic acid (peel, 22.52%; 23.57%), palmitic acid (pulp, 17.34%; 34.00%) and linoleic acid (seeds, 47.99%; 47.00%). The lipid profile and nutritional aspects had a PUFA/SFA ratio (0.4-1.8) in the different parts of the two fruits analyzed; the atherogenic (1.87 and 0.72) and thrombogenic (0.62 and 1.63) indices, of the pulp of both, shown respectively for *A. duckei* and *A. acida*, were higher compared to the other parts of the fruits. The ratio of hypocholesterolemic to hypercholesterolemic fatty acids (0.5 - 3.8), calculated for both fruits, are within the desirable range for a nutritious food. Among the VOCs identified in the peels and pulps of both fruits, terpenes were the most abundant. Aromatic notes like floral and mint stood out in the aroma of the fruit parts of *A. duckei* characteristic of  $\beta$ -ionone and 1,8-cineole, while notes like fruity, citrus and woody were some that stood out in the aroma of the fruit parts of *A. acida* characteristic of  $\alpha$ -cubebene, and  $\beta$ -cubebene. The LC-MS analysis of *A. duckei* fruit peels, pulp and seeds allowed the identification of 26 substances such as phenolic acid, flavonoids, alkaloids, terpenoids and proanthocyanidins, the latter being the dominant class found in the analyzed fruit peels and pulp. In view of the above, it is believed that the pulps of the two fruits studied can be included in a healthy diet, and the parts of the fruits normally not consumable, such as peels



and seeds, have potential for commercial applications because of their good quantities of nutritional and bioactive components.

Key-words: nutrients, aromas, chromatography.

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1 Doenças que causam mortes a nível mundial (WHO, 2020). .....  | 19 |
| Figura 2 Estruturas de ácidos graxos saturados e insaturados (a), ácidos graxos cis e trans (b), e ácidos linolênico e linoleico, ambos essenciais (c). (GARÓFOLO e PETRILLI, 2006). ..... | 22 |
| Figura 3 Possíveis sítios de captura de radicais livres 3''-diidroxiterfenillina e 3-hidroxiterfenillina (CHANDRA et al., 2020). .....   | 28 |
| Figura 4 Mecanismo de ações antioxidantes. (A) estabilização do radical por transferência de hidrogênio (B) quelação de metal (ZEB, 2020). .....   | 29 |
| Figura 5 Como as pessoas sentem os sabores (FRIED, 2021). .....  | 39 |
| Figura 6 Alcaloides indólicos extraídos da <i>A. occidentalis</i> (AYYAD et al., 2012). .....  | 41 |
| Figura 7 Distribuição da espécie <i>A. duckei</i> (Zarucchi, (1987) adaptado). Pontos vermelhos, são lugares onde encontrou-se a espécie <i>A. duckei</i> . .....                          | 42 |
| Figura 8 Fruto da espécie <i>A. duckei</i> (SIMÕES, 2022). .....   | 42 |
| Figura 9 Fruto da espécie <i>A. acida</i> (Fonte: Guia igapo). .....   | 43 |
| Figura 10 Distribuição da espécie <i>A. acida</i> . Adaptado de Zarucchi (1987). Pontos vermelhos, são lugares onde encontrou-se a espécie <i>A. acida</i> . .....                         | 44 |

## LISTA DE TABELAS

|  |    |
|--|----|
| Tabela 1 Componentes químicos e atividade biológica de alguns frutos amazônicos.....                           | 21 |
| Tabela 2 Dois compostos padrões para cada ensaio de atividade antioxidante.....                                | 31 |
| Tabela 3 Alguns frutos presentes na Amazônia com alguns de seus respectivos compostos orgânicos voláteis ..... | 35 |
| Tabela 4 Algumas frutas comestíveis encontradas no Brasil pertencentes a família Apocynaceae .....             | 40 |

## LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

DPPH - 2,2-Difenil-1-picrilhidrazil

ABTS - 2,2-Azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico)

FRAP - Ferric reducing antioxidant power

CL-EM - Cromatografia líquida-acoplada à espectrometria de massas

SPME - Micro extração em fase sólida

CG-EM – Cromatografia gasosa acoplada a espectroscopia de massas

SPME-GC-MS - Micro extração em fase sólida, análise por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas.

PDMS-DVB – Polidimetil siloxano/divinilbenzeno

IA – Índice aterogênico

IT – Índice trombogênico

HH – Hipocolesterolêmico/hipercolesterolêmico

LDL – Lipoproteína de baixa densidade

HDL – Lipoproteína de alta densidade

MUFA – Ácido graxo monoinsaturado

PUFA – Ácido graxo poli-insaturado

STA – Ácido graxo saturado

## SUMÁRIO

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 1   | INTRODUÇÃO .....   | 13 |
| 2   | OBJETIVOS .....  | 17 |
| 2.1 | Geral: .....   | 17 |
| 2.2 | Específicos: .....   | 17 |
|     | CAPÍTULO 1 .....   | 18 |
| 3   | REVISÃO DA LITERATURA.....   | 19 |
| 3.1 | Importância das frutas na saúde humana .....   | 19 |
| 3.2 | Importância das frutas na economia .....   | 23 |
| 3.3 | Aspectos gerais da composição de frutos .....  | 25 |
| 3.4 | Aromas presentes nas frutas.....   | 34 |
| 3.5 | Família Apocynaceae.....   | 39 |
| 3.6 | Gênero <i>Ambelania</i> .....  | 41 |
|     | REFERENCIAS .....  | 46 |
|     | CAPÍTULO 2 .....   | 58 |
|     | Evaluation of the Amazonian fruit <i>Ambelania acida</i> : chemical and nutritional studies .....                                  | 58 |
|     | CAPÍTULO 3 .....   | 61 |
|     | Chemical and Nutritional Characterization of <i>Ambelania duckei</i> (Apocynaceae) an unexplored fruit from the Amazon region..... | 61 |
|     | CONSIDERAÇÕES FINAIS .....   | 66 |

## 1 INTRODUÇÃO

A Organização Mundial da Saúde (OMS) de 2020 informa que as doenças crônicas não transmissíveis (DCNT) matam cerca de 41 milhões de pessoas a cada ano, o que equivale a 71% de todas as mortes no mundo. Diabetes, câncer, doenças respiratórias e doenças ligadas ao coração estão entre as principais DCNT e foram responsáveis por 80% de todas as mortes prematuras a nível mundial (WHO, 2021). Os principais fatores de risco que causam o desenvolvimento das DCNT são: tabagismo, consumo desenfreado de bebidas alcoólicas, falta de atividade física regular e alimentação não saudável.

Nesse cenário, o consumo insuficiente de frutas e hortaliças é apontado como uma das principais causas do aparecimento das DCNT, assim, a OMS (WHO, 2020) recomenda a ingestão de porções diárias de frutas e verduras totalizando 400 g, pois o consumo de frutas faz parte de uma dieta alimentar saudável e equilibrada que contribui com a saúde humana em função de seus nutrientes diversos como fibras, minerais, vitaminas e demais compostos bioativos (SOSALAGERE et al., 2022). As fibras atuam no trato intestinal humano, auxiliam na perda de peso e diminuem os riscos de doenças ligadas ao coração (CHAMBERS et al., 2019; MAHMOOD et al., 2019). Os minerais por sua vez oferecem diversas funções essenciais ao organismo humano como o ferro que é indicado para combater anemia, micro-organismos, e, o potássio, que auxilia no equilíbrio hidroeletrólítico no organismo humano (CZECH et al., 2020).

Concernente aos compostos bioativos, diversos estudos mostram que as frutas e os vegetais podem oferecer, além dos componentes nutricionais, propriedades biológicas devidas a substâncias com atividade antioxidante que protegem ou impedem o aparecimento de doenças cardiovasculares e tumorais (LUNA-GUEVARA et al., 2018). As principais substâncias responsáveis por essas ações protetivas ao stress oxidativo são os compostos fenólicos, por exemplo, flavonoides, os taninos condensados e os orto-difenóis, presentes nos organismos vegetais, os quais devido a sua peculiaridade estrutural irão contribuir para a bioatividade da matriz alimentar (GRANATO et al., 2016).

A produção de frutas e vegetais cresceu cerca de 30% no mundo e este crescimento tem sido gradual e referente ao aumento das exportações em todos os países (FAO, 2021a). O Brasil é um dos principais produtores de frutas que juntamente com demais países da América Latina, Ásia e África são responsáveis por 99% da produção mundial de

frutas tropicais, sendo a banana e a maçã as mais exportadas (FAO, 2021b). De acordo com Nava (2019) o Brasil ocupa esta posição entre os países mais produtivos em função dos avanços tecnológicos da agricultura brasileira. No entanto, a maior parte da produção de frutas no Brasil atende o mercado interno e apenas uma pequena parcela atende ao mercado exterior (ALTENDORF, 2018).

A fruticultura brasileira relaciona-se com o aspecto econômico, social e ambiental. É possível encontrar uma riqueza de diversidade nos diferentes biomas característicos de regiões brasileiras. Frutas como laranja e manga são conhecidas no mundo todo e são relacionadas com o nosso país bem como a graviola e o açaí. Das regiões brasileiras que mais produzem frutos em ordem decrescente estão: a sudeste, nordeste, sul, centro-oeste e norte. Esta última se destaca principalmente pelo extrativismo vegetal, que além de contribuir com o aspecto socioeconômico da região, atua na conservação da floresta amazônica (FONSECA, 2022).

Algumas frutas amazônicas se destacam no cenário mundial, como o açaí (*Euterpe oleracea*), cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) e guaraná (*Paullinia cupana*) que são apreciadas principalmente em função de suas propriedades nutricionais, funcionais e características exóticas (TODOROV e PIERI, 2018). Desde 2015 o açaí apresentou crescente aumento de produção, e em 2018 o valor obtido na comercialização quase chegou a 10 bilhões de dólares. Sua comercialização é realizada principalmente na forma de polpa congelada, sendo a principal região produtora a Região Norte do Brasil (MACIEL-SILVA et al., 2021).

Nesta mesma Região se concentram diversas espécies vegetais ligadas ao bioma Amazônico, dentre elas, destacam-se frutas da família Apocynaceae, cujas espécies são bastante estudadas para fins bioterapêuticos e, portanto, com atividades comprovadas que beneficiam a saúde humana, como a anti-inflamatória e a antitumoral (ANAND et al., 2020). A mangaba (*Hancornia speciosa*), por exemplo, se destaca na economia brasileira por possuir além das suas características nutricionais, uma quantidade expressiva de ácido ascórbico, ferro, zinco, manganês; além de apresentar atividade anti-inflamatória (SANTOS et al., 2017; TORRES-REGO et al., 2016). As folhas desta espécie, são popularmente usadas para tratar doenças como a diabetes e a hipertensão (PEREIRA., et al., 2022a). A sorva (*Couma utilis*) se destaca na quantidade de carboidratos, média de 23 g/100g de amostra, e é um dos frutos alvo do extrativismo na região da comunidade de Boa Vista do Calafate

localizada no município de Maraã-Am (AGUIAR, 1996; MORAES, 2022). O fruto e outras partes da *Carrissa edulis* por sua vez, é muito usado para tratar malária, dores de cabeça, febre e outras doenças. O fruto dessa espécie contém compostos fenólicos como os do tipo flavonoides, atividade antioxidante e antidiabética (OJERINDE et al., 2021). O fruto da espécie *C. carandas* é rico em macro e micronutrientes como flavonoides e terpenoides, sua polpa é considerada ácida e é utilizada de várias formas na culinária, como compotas, geleias e bebidas (ARIF e HASAN, 2020). O fruto da espécie *Vallesia glabra* é usado popularmente, na forma de suco e emplastro pela população da Argentina e Peru respectivamente, contra infecções oculares e fúngicas (BHADANE et al., 2018).

Neste contexto de frutas da família Apocynaceae, destaca-se ainda, o gênero *Ambelania* que é encontrado, principalmente na América do Sul (AYYAD et al, 2012) sendo composto por três espécies vegetais aceitas: *A. duckei*, *A. acida* e *A. occidentalis* (THE PLANT LIST, 2013). O chá de folhas da espécie vegetal *A. occidentalis* é muito usada popularmente para tratar problemas gastrointestinais além disso, extratos hidroalcoólicos provenientes das folhas desta mesma espécie, apresentaram citotoxicidade ao DNA celular de camundongos (CASTRO et al., 2009). Ainda sobre esta espécie, dois alcaloides indólicos, vincamina e 14-epi-vincamina, com importância farmacológica, foram isolados de partes aéreas (AYYAD et al., 2012).

*A. duckei* está distribuída na Amazônia Central e Ocidental em solo arenoso ou arenoso-argiloso. Seus frutos são conhecidos popularmente como pepino verde do mato ou pepino bravo, com 15 cm de comprimento e frequentemente encontrados no chão, intactos, sob a planta mãe (RIBEIRO et al., 1999). São classificados ainda como latescentes, indeiscentes e bacáceos, possuem coloração verde e sementes de cor amarelo claro e quando maduros as sementes assumem a coloração marrom. O chá proveniente da casca do tronco desta espécie é muito usado no tratamento da malária, adicionalmente, o extrato aquoso proveniente desta parte, apresentou atividade frente ao protozoário *Tripanossoma cruzi* causador da doença de Chagas (ARIAS et al., 2021).

Sobre a espécie *A. acida*, os frutos são conhecidos popularmente como pepino-doce, pepino-do-mato, cacau de leite, ou papaia do veado. Os frutos possuem forma de baga elipsoide com base mais estreita, apresentam coloração da casca amarelo-esverdeado, com 10-16 cm de comprimento, contêm sementes escuras e excretam látex e após a retirada deste, são consumidos *in natura* ou na forma de doces, sorvetes e sucos (KINUPP e LORENZI,



2014). Um estudo sobre avaliação qualitativa em extratos etanólicos provenientes de folhas de *A. ácida* indicou presença de metabólitos secundários que possuem importantes atividades químicas e biológicas, como fenóis, taninos, açúcares redutores, alcalóides, esteróides, triterpenóides e resinas (OLIVEIRA e ALMEIDA, 2016).

Estudos sobre o gênero *Ambelania* são escassos e os poucos encontrados são voltados para aspectos botânicos dos frutos das espécies *A. duckei* e *A. acida* (RIBEIRO et al., 1999; SILVA, 1977); sobre a avaliação fitoquímica das folhas da espécie *A. acida* (OLIVEIRA e ALMEIDA, 2016). Dentre estas duas espécies mencionadas, há mais dados sobre a organografia dos frutos da *A. acida* (BERRY et al., 1995; CAVALCANTE, 2010; MATTOS, 1990; RABELO, 2012).

Assim, visando contribuir com dados relacionados aos aspectos químicos e nutricionais de frutos das espécies *A. duckei* e *A. acida*, este trabalho apresenta dados sobre a composição centesimal, mineral, ácidos graxos, compostos bioativos, atividade antioxidante, compostos orgânicos voláteis e substâncias identificadas por CL-EM das três partes que integram cada fruto (casca, polpa e semente) com o intuito de avaliar os possíveis benefícios destes frutos amazônicos pouco conhecidos.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Geral:

Realizar um estudo químico e nutricional com as diferentes partes de dois frutos do gênero *Ambelania* (*A. acida*, *A. duckei*)

### 2.2 Específicos:

- Determinar a composição centesimal de cascas, polpas e sementes de dois frutos do gênero *Ambelania*.
- Determinar a quantidade de compostos fenólicos presentes nas cascas, polpas de dois frutos do gênero *Ambelania*.
- Determinar a atividade antioxidante pelo método de DPPH, ABTS, FRAP e Quelante de Fe<sup>2+</sup> em extratos metanólicos provenientes de cascas, polpas de dois frutos do gênero *Ambelania*.
- Avaliar os ácidos graxos presentes em frações lipídicas provenientes de cascas, polpas e sementes de dois frutos do gênero *Ambelania*.
- Avaliar os compostos orgânicos voláteis das diferentes partes de dois frutos do gênero *Ambelania* usando o CG-EM e como método de extração a técnica de SPME-HEADSPACE.
- Realizar análise por LCMS nas cascas, polpas e sementes do fruto de *Ambelania duckei*.

# **CAPÍTULO 1**

## **Revisão da Literatura**

### 3 REVISÃO DA LITERATURA

#### 3.1 Importância das frutas na saúde humana

O número de pessoas com DCNT vem aumentando bastante nos últimos tempos, e tem se tornado uma das principais causas da mortalidade global (WHO, 2020). Como exemplos dessas doenças tem-se: obesidade, diabetes, câncer, doenças cardíacas, doenças respiratórias e outras (LUNA-GUEVARA et al., 2018). E os principais fatores que contribuem para o aumento das DCNT são: consumo de álcool, de tabaco, sedentarismo e má alimentação (MALTA e SILVA JR, 2013). A Figura 1 mostra o número de mortes causadas por diferentes enfermidades entre 2000 e 2019. Observa-se que as DCNT estão entre as principais causas de morte.

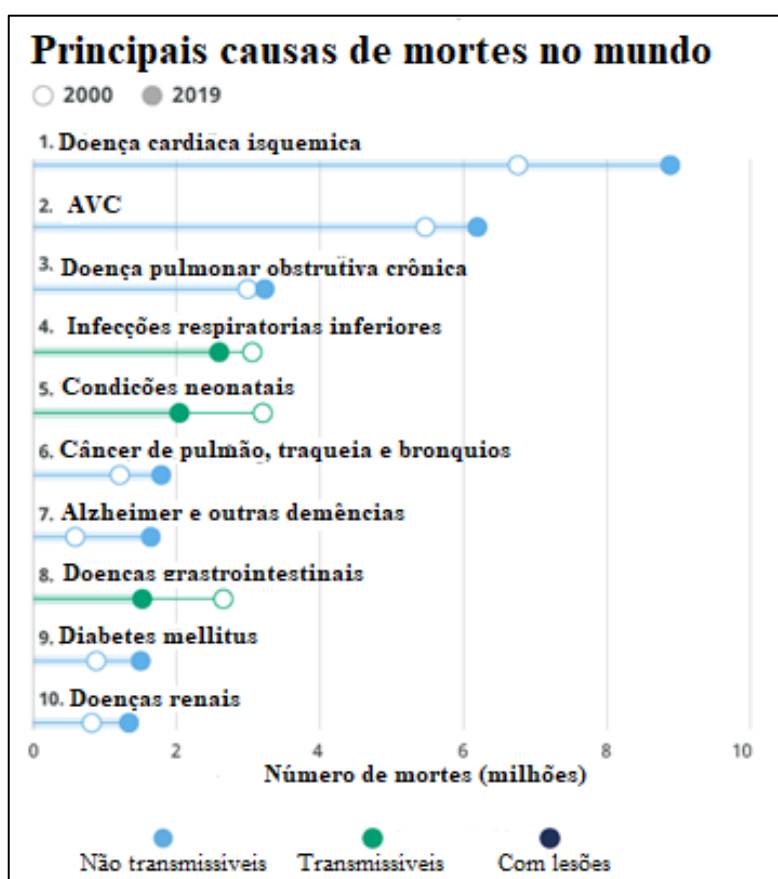


Figura 1 Doenças que causam mortes a nível mundial (WHO, 2020).

Para diminuir o índice de DCNT e conseqüentemente a mortalidade, uma boa alternativa, é a mudança no estilo de vida das pessoas. E nesse sentido, o consumo de frutas está diretamente envolvido, pois as mesmas podem oferecer vários componentes nutricionais, baixa caloria em relação ao volume consumido, mantendo assim o organismo saudável (BRASIL, 2022). Esta alternativa citada é uma forma de prevenir as DCNT, juntamente com a adição de atividade física, pois o tratamento das DCNT, na maioria das vezes geram mais gastos econômicas e talvez problemas psicológicos (SANTANA-GALVEZ et al., 2019). A incidência de mortes relacionadas as DCNT são maiores na população de baixa renda, pois a mesma não tem condições de manter dietas saudáveis e equilibradas devido as suas condições financeiras; além de menor taxa de escolaridade, dificuldade de acesso à informação e à serviços básicos de saúde (MALTA e SILVA JR, 2013).

Segundo a pesquisa de orçamentos familiares do IBGE (POF, 2017-2018) o percentual de despesa com frutas na Região Norte do Brasil foi de 2,4% comparando com a nacional de 5,2%. Este dado pode estar ligado às condições financeiras que a população da Região Norte possui em relação as demais Regiões do Brasil. No entanto, segundo o IBGE os gastos das famílias brasileiras com frutas vêm crescendo com o passar dos anos, de 2002-2003 eram de 4,2%, de 2008-2009 foi de 4,6% e 2017-2018 de 5,2%. Estes dados reforçam que o estilo de vida das pessoas vem mudando e o consumo de frutas *in natura* vem se intensificando e a produtividade das mesmas aumentando.

Parte dessa mudança na dieta das pessoas vem das informações passadas de forma teórica e prática sobre os benefícios para saúde em consumir mais frutas, verduras e diminuir ou cessar o consumo dos chamados “fast food” que na maioria das vezes é a opção de muitas pessoas em virtude dos inúmeros compromissos profissionais e/ou pessoais, deixando a alimentação saudável de lado e favorecendo o aparecimento de doenças (HEWAVITHARANA et al, 2020; RUFINO et al, 2010).

O aumento no consumo de frutas e verduras tem se intensificado pelo fato das pessoas estarem mais informadas sobre seus benefícios, dentre estes estão a presença e ações de compostos bioativos. Dentre estes compostos, geralmente estão os polifenóis, carotenoides e as vitaminas. Os polifenóis podem ser classificados como flavonoides e não flavonoides e normalmente estão relacionados com a função protetora dos organismos vegetais, a ataques de herbívoros e raios ultravioleta. Estes compostos juntamente com os

carotenoides possuem atividade antioxidante atuando nos mecanismos primários e secundários (KOVACEVIC et al., 2020).

Os antioxidantes dietéticos como carotenoides, polifenóis e as vitaminas E e C, além de possuírem capacidade antioxidante e anti-inflamatória, possuem funções endoteliais, isto é, auxiliam para boa circulação nos vasos sanguíneos humanos. Um estudo realizado em apenas duas semanas, com homens adultos jovens, com ou sem dieta rica em frutas e verduras, mostrou que a presença de compostos bioativos levou a efeitos benéficos cardiovasculares e antitumorais, podendo evitar o aparecimento de doenças ligadas ao coração e cancerígenas (NOBRE et al., 2018; REBOREDO-RODRÍGUEZ, 2018).

Tabela 1 Componentes químicos e atividade biológica de alguns frutos amazônicos (ARAÚJO et al., 2021)

| Nome popular | Nome científico             | Substancias                                     | Atividade biológica                  |
|--------------|-----------------------------|---|--------------------------------------|
| Biribá       | <i>Annona mucosa</i>        | Acetogeninas, alcaloides, lignina               | Anticâncer, propriedades inseticidas |
| Rambutã      | <i>Nephelium lappaceum</i>  | Geranina, corilagina, ácido elágico             | Antioxidante, antidiabética          |
| Pupunha      | <i>Bactris gasipaes</i>     | Beta-caroteno, gama-caroteno, cis-gama-caroteno | Antioxidante                         |
| Tucumã       | <i>Astrocayum aculeatum</i> | Rutina, catequina, quercentina.                 | Anti-inflamatória e antimicrobiana   |

Os grupos de substancias que constituem uma matriz alimentar como as frutas, possuem sua importância de forma categórica ao organismo humano como por exemplo, um alto teor de fibras ajuda na regulação do intestino, e um teor de cinzas elevado relaciona-se com boas quantidades de minerais presentes (BERNI et al., 2019). Os componentes químicos e suas propriedades podem agregar potencial como atividade antioxidante e antimicrobiana a um alimento e/ou produto. Exemplo disso, frutos como o biribá, o rambutã, a pupunha, e o tucumã descritos na Tabela 1, que em função dos seus constituintes químicos e propriedades biológicas podem ser aplicados na indústria alimentícia, de cosméticos ou farmacêutica (ARAÚJO et al., 2021).

A maior parte das gorduras naturais são formadas por triacilglicerídeos, que por sua vez, são moléculas constituídas basicamente por ácidos graxos. O tamanho da cadeia e o grau de insaturação são de suma importância para definição da classificação do ácido graxo. Dentre as definições, tem-se os ácidos graxos saturados e insaturados (Figura 2a), a presença de insaturação entre átomos de carbono diminui o ponto de fusão. E em função da presença de uma insaturação entre átomos de carbono, tem-se a possibilidade de ocorrência dos dois isômeros geométricos: cis e trans (Figura 2b) (DE MELO BARROS, et al., 2021).

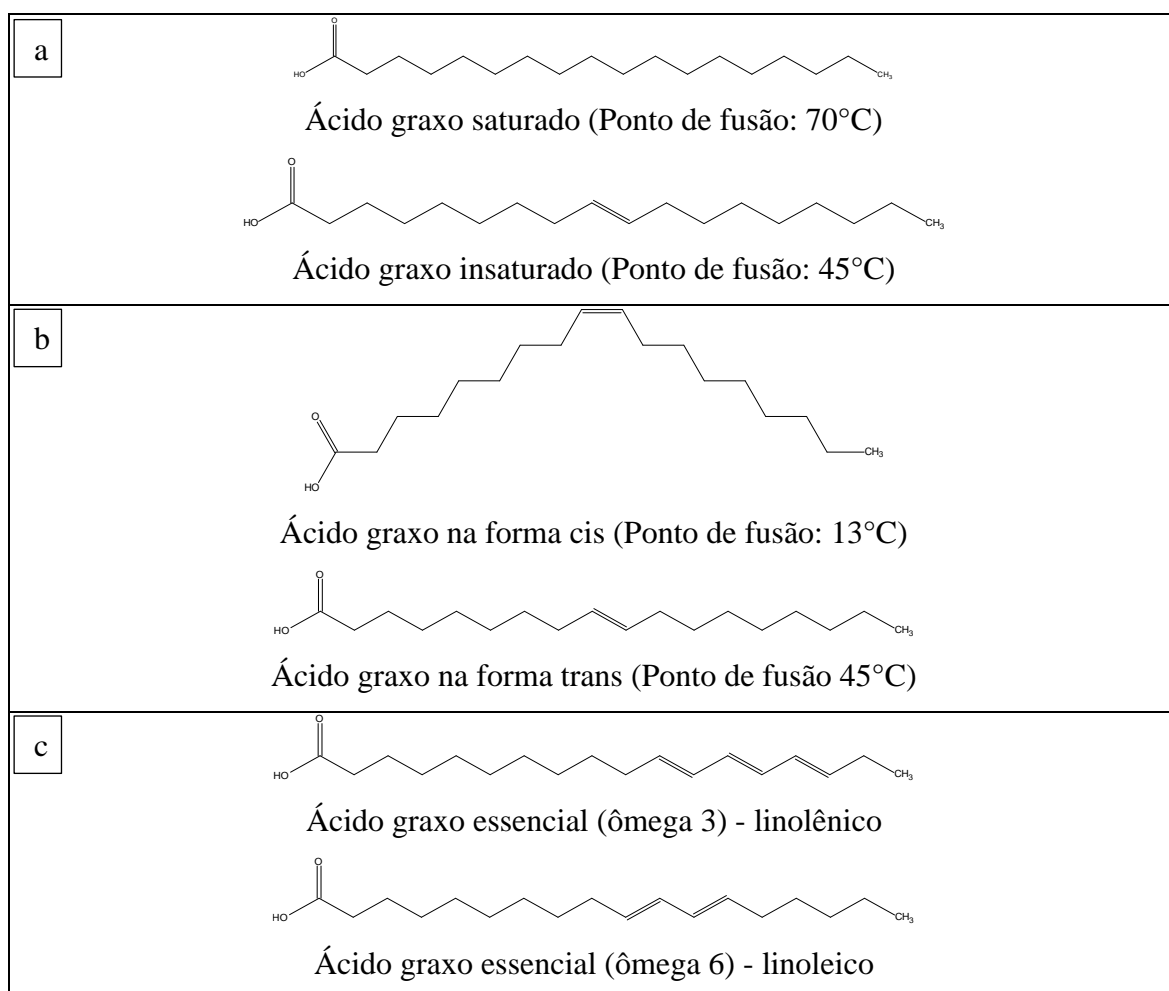


Figura 2 Estruturas de ácidos graxos saturados e insaturados (a), ácidos graxos cis e trans (b), e ácidos linolênico e linoleico, ambos essenciais (c). (GARÓFOLO e PETRILLI, 2006).

A presença de gorduras *trans* em alimentos processados e/ou industrializados é recorrente, ela pode ser encontrada como constituinte de margarinas, biscoitos, bolos, sorvetes, batatas fritas e outros. Conforme uma Resolução da ANVISA, os alimentos que possuem até 0,2 g por porção não são obrigados a mencionar no rótulo a informação ao

consumidor (BRASIL, 2003b). O consumo diário deste tipo de gordura pode causar doenças cardiovasculares sérias como o entupimento de artérias, câncer e diabetes; assim medidas nacionais e internacionais vem sendo tomadas para reduzir e/ou eliminar este tipo de gordura como alternativa de consumo humano. Assim, a OMS traçou como meta a eliminação da gordura *trans* de produtos alimentícios até 2023 (ISLAM et al., 2019; GHEBREYESUS e FRIEDEN, 2018).

Em contrapartida, as gorduras poli-insaturadas (ômega 3 e ômega 6) presente em alimentos vegetais, tais como verduras, frutas e sementes comestíveis que contribuem para a promoção da saúde. Estes tipos de gorduras desempenham importantes funções tais como: atuação como substrato energético, compõem a estrutura das membranas celulares, participam de processos metabólicos, e podem apresentar atividades: anti-inflamatória, proteção cardiovascular e ajudam na modulação de níveis de colesterol LDL e HDL no sangue (SOKOLA-WYSOCZANSKA, et al 2018;).

Os ácidos graxos que não são sintetizados no organismo são chamados de ácidos graxos essenciais, como os ácidos graxos linoleico e alfa-linolênico (Figura 2c). Ambos participam da síntese do ácido araquidônico e do ácido docosa-hexanoico, que exercem funções no desenvolvimento e funcionamento do cérebro e da retina; além das atuações comentadas anteriormente sobre o HDL e LDL. Assim, os ácidos graxos linoleico e alfa-linolênico devem ser obtidos por meio da dieta, entretanto o desequilíbrio no consumo entre esses ácidos graxos pode acarretar malefícios à saúde (SANTOS et al. 2013).

### **3.2 Importância das frutas na economia**

As frutas nativas da Amazônia têm potencial para serem domesticadas e inseridas em mercados, até mesmo o mundial. Um exemplo de fruta amazônica que tem ganhado significância na produção brasileira, é o açaí (*Euterpe oleraceae*) que nas últimas décadas foi responsável pelo sustento de muitas famílias ribeirinhas principalmente da Região Norte do país. Isso se deve, em parte, pelo fato da exposição dos resultados de pesquisas mostrando o potencial nutritivo e funcional desta fruta amazônica (MACIEL-SILVA et al., 2021). Outros exemplos de frutas nativas que tem representatividade no comercio regional são: o cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*), o bacuri (*Platonia insignis*), e a pupunha (*Bactris gasipaes K.*). Mais recentemente, outras ganharam representatividade



e são até chamadas de frutas do futuro, como o: o araçá-boi (*Eugenia stipitata*) e o camu-camu (*Myrciaria dubia*). Esta última, é uma fruta riquíssima em vitamina C, o que tem incentivado novas pesquisas e/ou ampliação de consumo utilizando tecnologias de pós-colheita e melhoramento genético (NERI-NUMA et al., 2018).

Houve uma época em que as frutas não eram consideradas alimento, as frutas nativas das terras brasileiras eram usadas principalmente quando a fome era grande e não se tinha outro alimento diferente. Com o passar do tempo as frutas exóticas, trazidas principalmente do continente asiático foram incorporadas no mercado brasileiro e até hoje contribuem significativamente com a economia, como o abacaxi, laranja e banana (FAO, 2021a; TEIXEIRA et al 2019).

De acordo com o levantamento estatístico de 2019 sobre a produção de frutas, o Brasil compõe um grupo de países latinos que é responsável por 80% da produção mundial tendo como maiores consumidores: Estados Unidos e União Europeia (FAO, 2021b). Os dados mostraram um valor próximo de 11 bilhões de dólares nas exportações de frutas para esse grupo mencionado. E em 2021, o valor faturado com exportações registrou recorde, foram 1,07 bilhões de dólares, sendo que 80% desse valor vem de apenas sete variedades de frutas (manga, melão, uva, limão, maçã, melancia e mamão) (FONSECA, 2022). No entanto, neste mesmo ano, a laranja e a banana foram as frutas mais produzidas no Brasil, com cerca de 16, 2 e 6,8 milhões de toneladas cada, respectivamente (STATISTA, 2021).

Ao perceberem preferência das pessoas por produtos alimentícios mais saudáveis, uma das ações por parte das indústrias foi a incorporação de aditivos alimentares naturais no lugar dos sintéticos, como o extrato de alecrim (*Rosmarinus officinalis*), ambos têm a mesma função que é de proteção do alimento, isto é, conter a deterioração do alimento causada pelas reações oxidativas induzidas pelos radicais livres e metais de transição (CAROCHO et al., 2018; CHEN e XU, 2018).

As espécies de frutas nativas e exóticas da Região Amazônica apresentam um forte potencial para serem utilizadas por indústrias de diversos segmentos (como alimentícios e cosméticos) podendo gerar uma fonte de renda para a população local (RUFINO et al., 2010, TODOROV e PIERI, 2018). No entanto, diversos fatores podem interferir nesse processo de interesse das indústrias como a falta de informações nutricionais e químicas de frutos, questões ligadas a produtividade entre outras (NEVES et al, 2015). Assim uma boa parte das frutas encontradas na Amazônia continuam sendo consumidas

apenas pela população local, e não como uma alternativa viável para novos mercados (ANUNCIACÃO et al., 2019, NERI-NUMA et al., 2018).

Alguns trabalhos também retratam a utilização de cascas, sementes e outros subprodutos que seriam descartados para serem utilizados em farinhas e outros produtos enriquecidos em nutrientes e antioxidantes. Tais procedimentos mostram tanto a preocupação com o meio ambiente, como o aproveitamento total dos alimentos, além de possíveis aplicações no ramo farmacêutico (KUMAR et al., 2022; WAGHMARE et al., 2019; ZIA et al., 2021). Um estudo que pode ser usado como exemplo, foi a produção de biscoitos usando dois tipos de farinhas (ambas de abóbora – *Cucurbita* sp.), uma usava a farinha proveniente da polpa e a outra de cascas e sementes. Esta última continha maior teor de lipídios, carboidratos e cinzas em relação a primeira. Os resultados da análise sensorial, que apresentava como atributos: cor, sabor, textura e aceitabilidade geral, mostrou que o biscoito que continha partes normalmente não comestíveis, apresentou diferença significativa, sendo o mais aceito por parte dos provadores (GEORGE, 2020).

Um outro exemplo a ressaltar é a confecção de subprodutos, incluindo farinhas, a partir da semente de pinhão (*Araucaria angustifolia*). Neste estudo, a análise sensorial foi realizada com a participação dos moradores da Região onde são coletadas, consumidas e vendidas as sementes de pinhão. Os resultados foram positivos para a incorporação de até 50% destas sementes nas farinhas, pois acima deste valor percentual, o impacto desejado começa a diminuir. Vale ressaltar que este fruto em questão é uma espécie ameaçada de extinção, logo, o estímulo da sua produção pode contribuir para a preservação da espécie (DALLACUA et al., 2022).

### **3.3 Aspectos gerais da composição de frutos**

A composição centesimal é um termo usado para apresentar de maneira sucinta um grupo homogêneo de substâncias por 100 g do alimento, são eles: umidade, cinzas, lipídios, proteínas, carboidratos, fibras e valor calórico. Também chamada de composição proximal se enquadram na caracterização de frutas e/ou produtos alimentícios (OSWELL et al., 2018).

Frutos de mesma variedade podem apresentar composições diferentes ou podem sofrer alterações pós-colheita (CHITARRA e CHITARRA, 2005; PARDININ et al., 2021). Neste sentido, diversos fatores podem interferir na composição e qualidade de frutas como: constituição genética, condições de crescimento, estágio de maturação, estocagem e a parte do fruto (casca, polpa e semente) (FENNEMA, 2017).

Em geral, os frutos são procurados pela quantidade de fibras, minerais, compostos bioativos, aroma, sabor e preço (RODRIGUES et al., 2018). Assim faz-se necessário conhecer a composição centesimal de frutos ainda pouco estudados, pois podem existir alguns nutrientes que, em excesso ou escassez, podem colaborar com alterações fisiológicas no organismo (ANDRADE, 2019). Como exemplo tem-se o ferro, pois a deficiência dele causa doenças como a anemia. Já o excesso do mesmo, causa doenças como cirrose e diabetes (DE SOUZA BORBA et al., 2022).

Normalmente as frutas apresentam teor de umidade elevados por isso seu tempo de consumo é relativamente baixo, quando comparado com produtos alimentícios processados (BRAMONT et al., 2018). Essa quantidade de água total da fruta está diretamente relacionada com a qualidade da mesma, como as características organolépticas (XIAO et al., 2022). O consumo das frutas aumentou por conta do bem estar e longevidade, no entanto, em função de sua alta perecibilidade, deve-se atentar ao manuseio, transporte, armazenamento e comercialização, pois além de danos mecânicos. Alguns níveis de umidade que são considerados adequados para o crescimento e proliferação de agentes microbianos deteriorantes como bactérias e fungos que são responsáveis por perdas significativas de alimentos (ALEGBELEYE et al., 2022; LIANG et al., 2022).

Outro dado relevante sobre a procura e consumo de frutas são a quantidade de minerais, que por sua vez está relacionado com o teor de cinzas. Os minerais auxiliam em funções vitais do organismo humano como na modulação das bombas de sódio e potássio. Segundo Da Silva e Junior, (2022) o ferro e o zinco são os mais abundantes no corpo humano. E conforme Velisek (2014), ambos atuam na resposta imune do organismo humano. Os minerais ainda são classificados em macro e micronutrientes.

Sobre as fibras, classificadas como solúveis e insolúveis, advindas principalmente de frutas e vegetais, podemos destacar o combate a doenças como diabetes, doenças ligadas ao coração e o câncer de colorretal como seus benefícios a saúde humana. Esta classe de compostos encontrada principalmente na parte comestível de plantas é

resistente a ação de enzimas do intestino delgado humano, mas é parcialmente fermentada pela microflora intestinal (YAHIA et al., 2019). Conforme o mesmo trabalho, as fibras alimentares presentes em plantas aliadas a outros componentes como vitaminas, minerais e compostos bioativos podem contribuir para prevenir doenças não transmissíveis como câncer, obesidade e doenças ligadas ao coração e ao trato respiratório. Além destes benefícios as fibras ao serem incorporadas em produtos alimentícios podem aumentar sua vida útil e melhora a textura (PATHANIA e KAUR 2022).

Assim, frutas que possuem substâncias antioxidantes e/ou outra propriedade bioterapêutica estão sendo cada vez mais procuradas e consumidas em razão de seus benefícios à saúde (SETHI et al., 2020). Por isso que muitos estudos são focados nas possíveis ações provenientes dos compostos bioativos e sugerem possíveis aplicações como o encapsulamento e aditivos alimentares (CHAMORRO et al., 2022; MARCILLO-PARRA et al., 2021). A atividade antioxidante provenientes de extratos de frutas por exemplo, se deve principalmente à presença de compostos fenólicos que atuam prevenindo e/ou retardando a ação oxidativa excessiva no organismo humano gerando efeito nocivo que consequentemente causam e/ou aumentam os riscos de doenças cardiovasculares e tumorais principalmente (ANUNCIACÃO et al., 2019; CSEPREGI e HIDEG, 2018; LORENZO et al., 2018).

Dentre estes compostos fenólicos destacam-se aqui os taninos, os flavonoides e os orto-difenóis. Os taninos podem ser classificados em hidrolisáveis e condensados. O primeiro normalmente é encontrado em partes do caule da planta, já os condensados em frutas e legumes (WATRELOT e NORTON, 2020). E dentre as diversas bioatividades que esta classe de compostos possui como atividade antioxidante e antitumoral, os taninos podem contribuir para prevenir ou controlar a diabetes pois atuam no controle da glicose no sangue e inibição de enzimas digestivas alpha-amilase e beta-glicosidase (BARRETT et al., 2018).

Os flavonoides são um tipo de polifenol que podem ser encontrados em frutas e/ou alimentos e são responsáveis pela pigmentação, pela atividade antioxidante pelas atividades biológicas como atividade antimicrobiana, anti-inflamatória, antitumoral, anti-hipertensiva, anti-hiperglicêmica (CAROCHO et al., 2018; PAP et al., 2021). Conforme dados da literatura, compostos fenólicos são efetivos doadores efetivos de hidrogênio e capazes de inativar a peroxidação lipídica, inibir a decomposição de hidroperóxidos em radicais livres, e quelar íons metálicos (CHANDRA et al 2020).

Os *orto*-difenois possuem duas hidroxilas, ligadas ao anel benzênico, em posição *orto*, essa configuração possibilita a captura radicais na maioria das condições reacionais e por isso é considerada uma das principais classes de compostos fenólicos responsáveis pela atividade antioxidante (GRANATO et al., 2018; VELLA et al., 2019). Após a posição *orto*, a *para* e a *meta* são as que seguem em nível de reatividade, por meio da Figura 3, transferência de átomos de hidrogênio durante as reações.

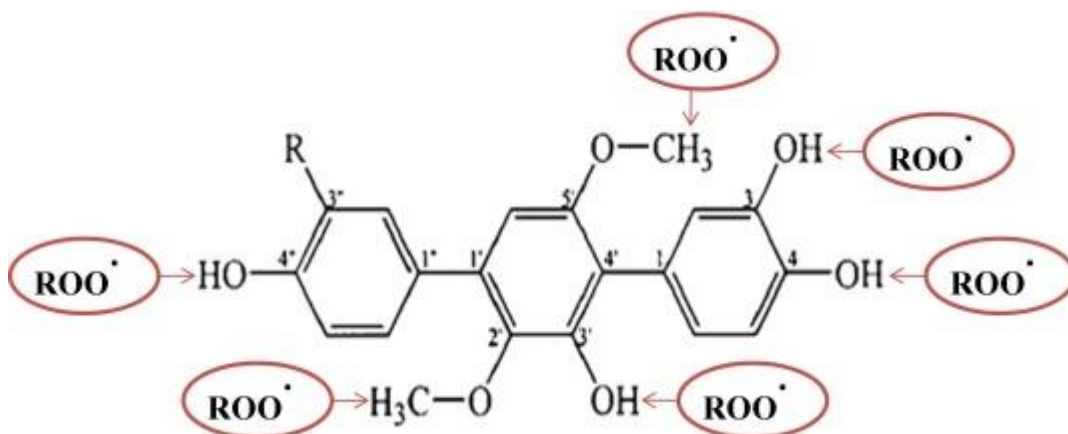


Figura 3 Possíveis sítios de captura de radicais livres 3''-diidroxiterfenillina e 3-hidroxiterfenillina (CHANDRA et al., 2020).

A polpa do fruto é parte mais consumível, no entanto, na casca do fruto normalmente são encontradas maiores quantidades de compostos fenólicos, em virtude de sua função protetora contra herbívoro, patógenos, outros fatores bióticos, abióticos, e a pigmentação estão relacionados com as boas propriedades em relação as demais partes do fruto (BORGES e AMORIM, 2020).

Uma grande problemática é o descarte de cascas de frutas geradas pelas indústrias alimentícias, como as que produzem sucos e geleias. Estas geralmente apresentam altos valores de compostos fenólicos, no entanto, uma alternativa viável e mais segura seria o uso destas como antioxidantes naturais ao invés de sintéticos para atender um público mais exigente, informado e consciente, haja vista que os antioxidantes sintéticos, quando utilizados como aditivos alimentares, podem sofrer degradação e alguns componentes tóxicos e carcinogênicos podem ser formados (BRAMONT et al., 2018; CHANDRA et al., 2020; ZEB, 2020).

Estes antioxidantes naturais, que podem ser encontrados em frutas por exemplo, possuem a capacidade de reduzir a ação dessas espécies reativas oxidativas atuando principalmente em mecanismos de ação antioxidantes estão relacionados com a transferência de átomos de hidrogênio, a transferência de um único elétron, a transferência sequencial de elétrons por perda de prótons e a quelação de metais de transição (ZEB, 2020). Este estudo demonstra estes métodos por meio de mecanismos como o representado na Figura 4, que mostra a transferência de hidrogênio e a quelação de metal.

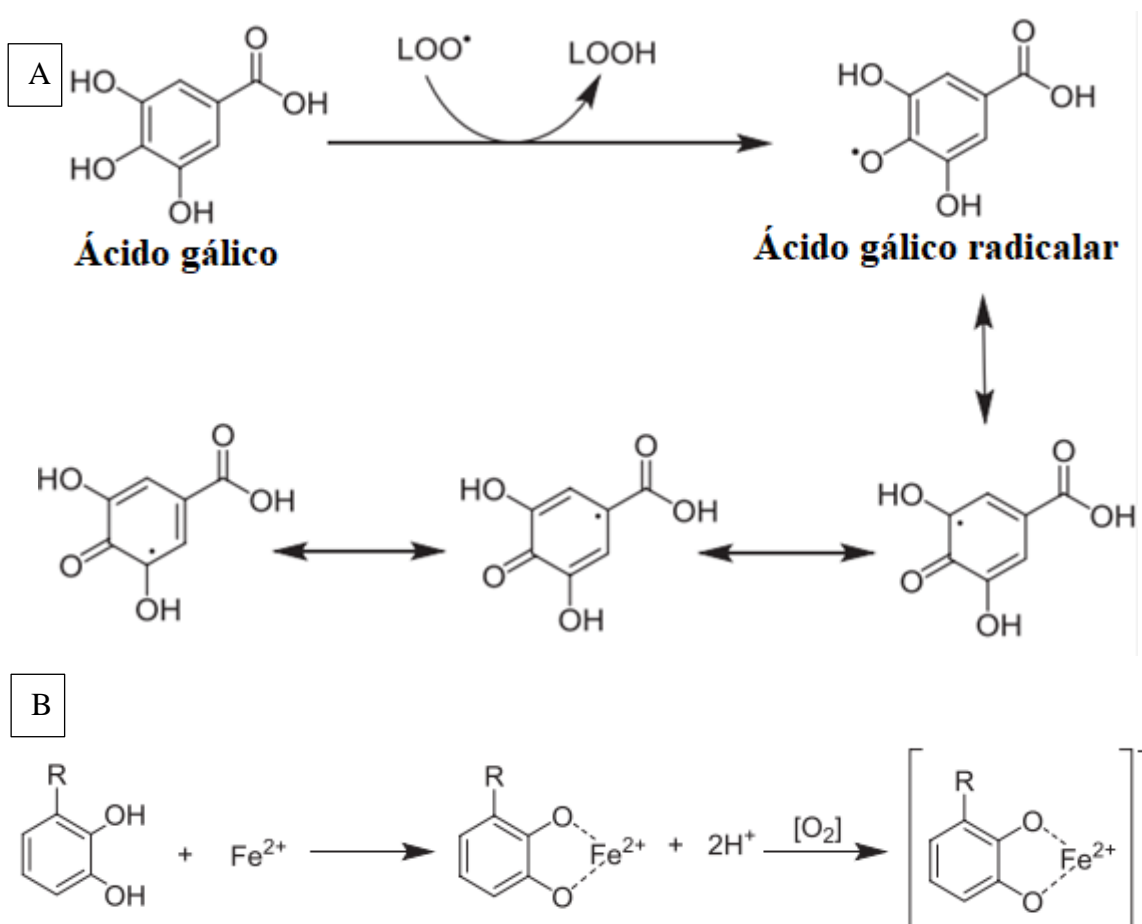


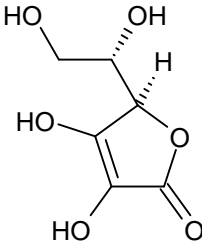
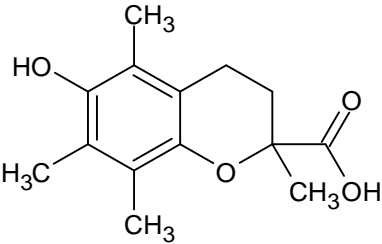
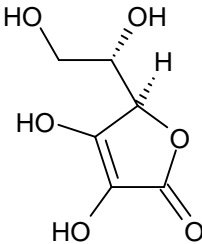
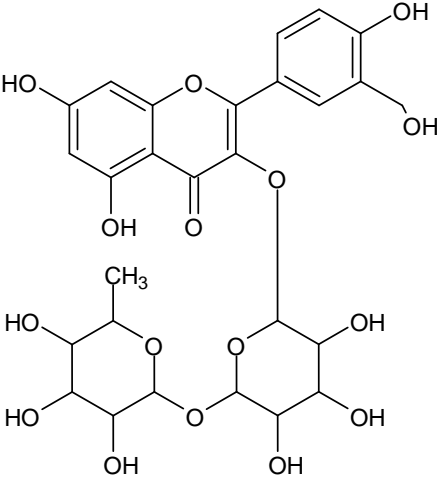
Figura 4 Mecanismo de ações antioxidantes. (A) estabilização do radical por transferência de hidrogênio (B) quelação de metal (ZEB, 2020).

Há ainda outro tipo de classificação para as ações antioxidantes que são os mecanismos primários e secundários, o primeiro está relacionado à eliminação dos radicais livres por quebra de cadeia e o segundo que anulam promotores oxidativos por meio de quelação (ALAM et al., 2022).

Por isso, vários métodos de avaliação da atividade antioxidante devem ser adotados, pois cada um atua numa etapa diferente do processo oxidativo para combater os radicais livres (CAPANOGLU et al., 2020). Essa última classe citada, pode ser conceituada como compostos muito reativos que são sintetizados pela ação metabólica de células em sistemas biológicos, em níveis controlados, só tendem a trazer benefícios para o sistema de defesa do corpo humano. O problema é quando ocorre o chamado estresse oxidativo que normalmente está relacionado com o estilo de vida inadequado das pessoas, como uma alimentação não saudável (ARIAS et al., 2022).

Assim, o uso de diferentes métodos, normalmente colorimétricos *in vitro*, é indicado e comumente utilizados nas análise de alimentos e é de interesse principalmente para indústria alimentícia pois possuem como características: facilidade de execução e baixo custo (CHEN e XU, 2018; GRANATO et al., 2018; HOYOS-ARBELÁEZ et al., 2018). A Tabela 2, mostra de forma sintetizada as características de cada método e alguns padrões. O uso de padrões diferentes para um mesmo método pode estar ligado ao fato a classificação do mesmo, como orgânico e inorgânico, o primeiro normalmente é encontrado no meio vegetal e o segundo é comumente utilizado de forma comercial (ALELUIA, 2020).

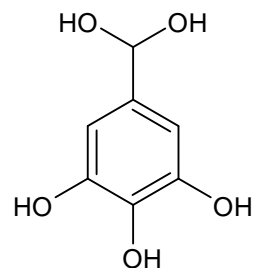
Tabela 2 Dois compostos padrões para cada ensaio de atividade antioxidante (Adaptado: ALELUIA, 2020; GRANATO et al., 2016).

| Método | Descrição do método   | Padrão 1   | Padrão 2   |
|--------|---|--|--|
| ABTS   | Como esse método se baseia na transferência de hidrogênio, assim os padrões fenólicos possuem diferentes quantidade de átomos de hidrogênios.                                 |   |   |
| DPPH   | Como esse método se baseia na transferência de hidrogênio, assim os padrões fenólicos possuem diferentes quantidade de átomos de hidrogênios e na questão de efeito estérico. |  |  |

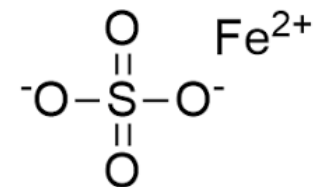


FRAP

Esse método já se baseia no sequestro de metais, este que por sua vez, estão envolvidos como catalisadores nas oxidações lipídicas. Assim, tem-se dois padrões, um fenólico o outro não fenólico.



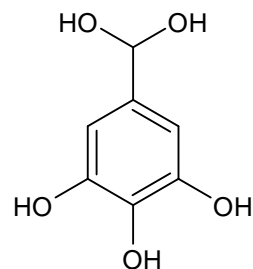
Ácido gálico



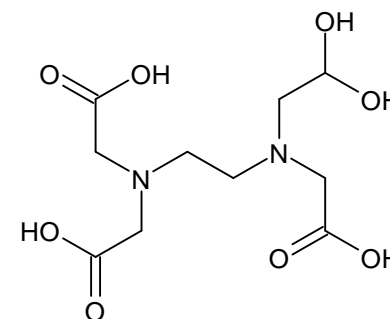
Sulfato ferroso

Quelante  $Fe^{2+}$

Esse se baseia na quelação de  $Fe^{2+}$ . Por meio de um par de elétrons não compartilhado na sua estrutura molecular favorece a ação de complexação. Aqui verifica-se que o EDTA possui melhor capacidade de quelar do que o ácido gálico, pois possuía maior quantidade de pares de elétrons não compartilhados.



Ácido gálico



EDTA

Segundo Granato et al. (2018), dentre os métodos mais usados para avaliação da atividade antioxidante em alimentos estão o DPPH, ABTS e FRAP, pois cada um possui suas peculiaridades como os mecanismos de ação, o pH, a temperatura, o padrão utilizado dentre outras.

No que se relaciona as partes normalmente não consumidas das frutas e vegetais, verifica-se a intensificação de pesquisas relacionadas a busca por alternativas que enaltecem o aproveitamento integral de alimentos, beneficiando assim, a saúde do homem e o meio ambiente, tais medidas geralmente podem ser encontradas no ramo alimentício, como a utilização de subprodutos da produção de sucos e polpas para preparação de farinhas enriquecidas, produtos de panificação e rações animais, ou da utilização de óleos e gorduras na síntese do biodiesel. Os subprodutos, advindo principalmente do agronegócio, podem por exemplo, contaminar o solo e trazer consequências irreversíveis como putrefação e/ou contaminação de lençóis freáticos (PEREIRA, L. et al., 2022b).

Um exemplo de uso de cascas e sementes de frutas para valorização dos mesmos, está na produção de farinhas de bacupari (*Garcinia brasiliensis* Mart.) que apresentaram alto potencial de fibras e proteínas (DE MELO et al., 2022). E também na confecção de farinha de semente de açaí (*Euterpe oleraceae*) para incorporação de biofilmes. Este é um tipo de polímero que está sendo cada vez mais valorizado no mercado, e segundo estudos é uma nova modalidade de filmes revestidos com propriedades antioxidantes principalmente (ROMANI et al., 2021). Tais alternativas beneficiam a saúde humana e podem diminuir o descarte de sementes e contribuir para a redução de impactos ambientais (RAIHANA et al., 2015; ZIA et al., 2021).

Essa e outras aplicabilidades ocorrem porque muitas sementes de frutas têm apresentado características como riqueza de macro e micro nutrientes, ácidos graxos e antioxidantes, que não podem ser descartáveis e sim aplicadas em diversos setores: como em enriquecimento de farinhas alimentícias, na produção de biodiesel, e produção de extratos antioxidantes (ZAYED et al., 2021). Por essas e outras razões ultimamente muitas sementes de frutos estão sendo cada vez mais estudadas visando a valorização da mesma.

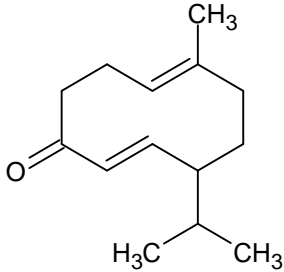
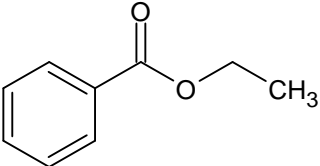
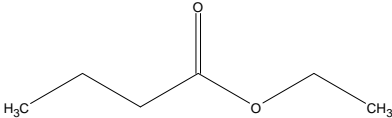
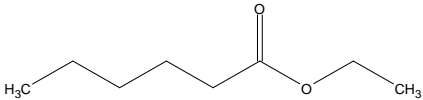
### 3.4 Aromas presentes nas frutas

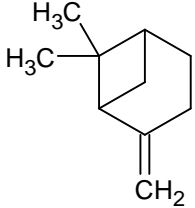
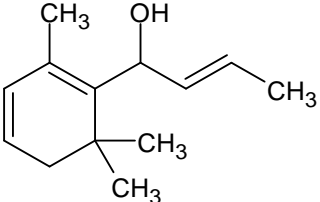
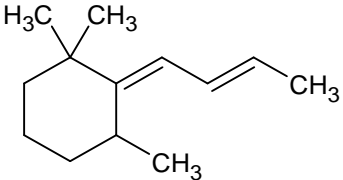
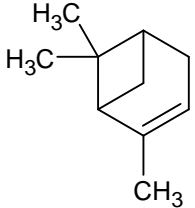
Uma mistura complexa de compostos voláteis presentes nas frutas são os responsáveis pelo aroma característico e peculiar de cada fruta (VELISEK, 2014). Esses compostos voláteis, em sua maioria, pertencem às seguintes classes: ésteres, aldeídos, cetonas, álcoois, terpenos e hidrocarbonetos (FELIPE e BICAS, 2017; VELISEK, 2014). A tabela 3 mostra alguns compostos voláteis característicos de alguns frutos amazônicos e/ou tropicais. Esses compostos são em sua maioria hidrofóbicos, possuem elevada pressão de vapor, possuem massa molecular em torno de 300 Daltons e estão presentes nas frutas e expressos normalmente em ppm ou ppb (FELIPE e BICAS, 2015).

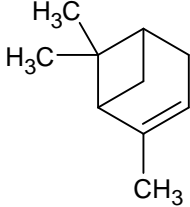
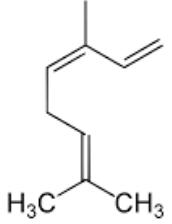
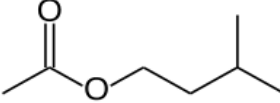
O aroma, o gosto e a sensação contribuem concomitantemente para o sabor característico de cada fruta, é por isso que quando uma pessoa se encontra gripada, geralmente reclama de não sentir o gosto dos alimentos (VELISEK, 2014). O aroma é uma das características importantes na hora da compra de uma fruta. O estudo dos compostos voláteis ligados a aromas de frutas é importante pois está relacionado com a aceitação sensorial por parte do consumidor (FACUNDO et al., 2012; TRIRUCHELVAM et al., 2020, SILVA et al., 2020). Os compostos voláteis presente nas frutas sofre alterações por diversos fatores como: frutos maduros e imaturos, período sazonal, variedade da cultivar, tipos de adubação, variam entre as partes que compõem um fruto (casca, polpa e semente) e outros (FACUNDO et al., 2012; HOU et al., 2020; SILVA et al., 2020; THIRUCHELVAM et al., 2020).

Uma das técnicas bastante utilizada e viável para identificação e quantificação de compostos voláteis presentes nas frutas é a cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massa - CG-EM, utilizando como técnica de extração, a micro extração em fase sólida - SPME. A técnica de extração em fase sólida foi utilizada pela primeira vez por Arthur e Pawliszyn em 1990. A cromatografia gasosa por conta da volatilidade dos aromas é bastante usada, e por causa da concentração muito baixa destes compostos em alimentos como frutas, é empregada a técnica de micro extração (CSERHATI, 2010; SHANMUGAM et al., 2020). A micro extração também pode impedir a degradação de compostos aromáticos (SILVA et al., 2020). Estudos utilizando a micro extração em fase sólida aliada a CG-EM também podem contribuir para rastreamento de variedade de frutas e verificação de autenticidade de cultivo orgânico (GIANNETTI et al., 2017).

Tabela 3 Alguns frutos presentes na Amazônia com alguns de seus respectivos compostos orgânicos voláteis.

| Nome popular       | Nome da espécie               | Estrutura  | Descrição do aroma | Referência         |
|--------------------|-------------------------------|--|--------------------|--------------------|
| Figo               | <i>Ficus</i> sp.              |  <p>Germacrene D</p>         | Cítrico            | MOURA, 2021        |
| Sapota do Solimões | <i>Matisia cordata</i>        |  <p>Benzoato de etila</p>    | Doce               | MONTEIRO, 2018     |
| Cubiu              | <i>Solanun sessiliflorum</i>  |  <p>Butanoato de etila</p>  | Frutado            | CUBAS et al., 2023 |
| Cupuaçu            | <i>Theobroma grandiflorum</i> |  <p>Hexanoato de etila</p> | Doce               | OLIVEIRA, 2011     |

|                 |                             |   |            |                           |
|-----------------|-----------------------------|---|------------|---------------------------|
| Uva da Amazônia | <i>Porouma cecropifolia</i> |  <p><math>\beta</math>-Pineno</p>    | Herbal     | LOPES et al., 1999        |
| Rambutan        | <i>Nephelium lappaceum</i>  |  <p>Beta-damascenona</p>              | frutado    | PINO e RONCAL, 2016       |
| Carambola       | <i>Averrhoa carabola</i>    |  <p>Megastigma-4,6,8-trienos</p>      | Doce       | PINO e RONCAL, 2016       |
| Manga           | <i>Mangifera indica</i> L.  |  <p><math>\alpha</math>-Pineno</p> | amadeirado | CUEVAS-GLORY et al., 2020 |

|        |                              |   |            |                       |
|--------|------------------------------|---|------------|-----------------------|
| Ata    | <i>Annona cherimola</i> Mill |  <p><math>\alpha</math>-Pineno</p> | amadeirado | PINO e RONCAL, 2016   |
| Araçá  | <i>Psidium cattleianum</i>   |  <p>Cis-ocimeno</p>                | Frutado    | LASEKAN e ABBAS, 2012 |
| Banana | <i>Musa</i> spp.             |  <p>Acetato de isoamila</p>         | Adocicado  | LASEKAN e ABBAS, 2012 |

Sabe-se que um número muito grande de compostos voláteis já foi identificado em matrizes alimentares, mas apenas uma fração destes compostos é realmente responsável pelo aroma do alimento, isto é, possuem notas de aromas potentes mesmo estando presente em ppm ou ppb nas matrizes (JELEN et al., 2012).

O perfil de aromas em sucos de frutas é característico a cada fruto, isto é, possuem substâncias que são mais potentes e se sobressaem perante outras, logo o estudo dos compostos aromáticos presentes em sucos de frutas é interessante pois implica em conhecer e analisar sabores, aceitação sensorial e comercialização do produto (PENG et al., 2020).

Os compostos voláteis são desenvolvidos e/ou sofrem alterações nas espécies vegetais, como as frutas e hortaliças desde o seu crescimento até o momento em que são consumidos (SIEGMUND, 2015). E nesse contexto podem até ser classificados como compostos voláteis primários e secundários; o primeiro está relacionado ao processo de crescimento e amadurecimento do fruto, já o segundo está relacionado com as práticas adotadas para consumo efetivo como corte, cozimento e outras (DRAWERT et al., 1969; FELIPE e BICAS, 2017).

Normalmente existe uma gama muito rica e diversificada de compostos voláteis que podem ser identificados em uma fruta, no entanto, tem-se aquelas que mesmo em quantidade pequena em relação a presença dos demais compostos voláteis, causam um efeito enorme. Para descrever esse tipo de comportamento dos voláteis, de um ou mais se sobressaírem entre os demais, tem-se o limiar de detecção sensorial. Por meio dele pode-se inferir se o odor dominante presente no aroma (FELIPE e BICAS, 2017). Atrelado com o limiar de detecção, tem-se a atividade do odor, que corresponde à razão entre a quantidade do composto volátil encontrada na matriz (fruto nesse caso) e o limiar de detecção do composto volátil (JELEN et al., 2012). Na prática pode-se ter alta concentração de um composto volátil e sua atividade de odor igual ou menor que 1, nestes casos, o referido composto volátil não exibe efeito no aroma (JELEN et al., 2012).

Ainda relacionado com o limiar de detecção de odor e atividade do odor, está o sistema olfativo humano que pode perceber o odor por meio de quase 400 receptores olfativos que são ativados por moléculas odorizantes (MILANETI et al., 2019). Na Figura 5 pode-se verificar que a detecção de odor e de gosto estão altamente interligadas. Assim,

distintos sabores dependem dos seus respectivos aromas para estimulação dos quimiorreceptores olfatórios (FRIED, 2021).

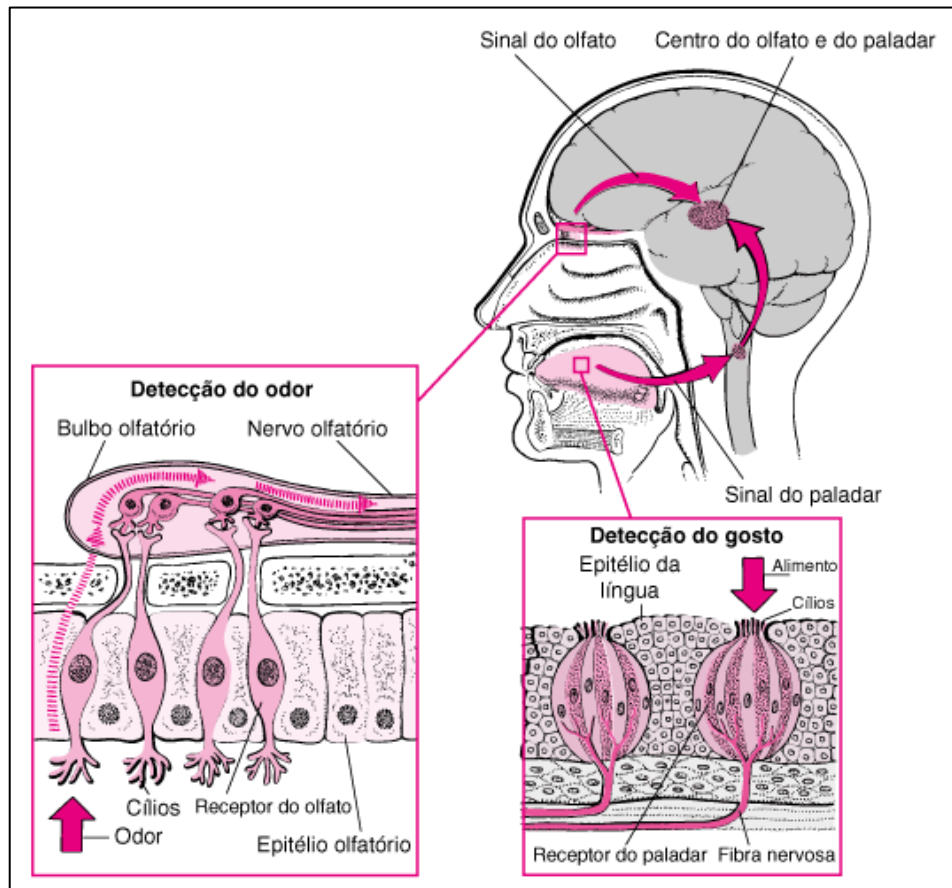


Figura 5 Como as pessoas sentem os sabores (FRIED, 2021).

### 3.5 Família Apocynaceae

A família Apocynaceae apresenta cerca de 424 gêneros e 4600 espécies vegetais, distribuídos nas Regiões tropicais e subtropicais, e ocasionalmente em Regiões temperadas. No Brasil, são encontrados 95 gêneros, 850 espécies, sendo 32 na Amazônia (ANAND et al., 2020; ENDRESS et al., 2018). Na Amazônia, muitas espécies desta família são utilizadas pela população local, indígenas e caboclas, devido suas propriedades medicinais, principalmente no tratamento de malária, lepra, dor de dente, fraturas, dor de estômago, entre outros (PEREIRA et al., 2007). Dentre os constituintes mais conhecidos e utilizados na fabricação de fármacos estão os alcaloides, relacionados ao metabolismo secundário de



muitas espécies de plantas, como a reserpina e ajimalicina (anti-hipertensivo), ajimalina (anti-arrítmico), vincristina e vimblastina (anticâncer), alstonina (antipsicótico), e cryptolepina (antimalárico) (RIBEIRO et al., 1999; DEY et al., 2017). Inúmeros estudos são feitos com espécies pertencentes a família Apocynaceae que comprovam atividades biológicas e químicas como: atividade antioxidante, anti-inflamatória, antifúngica, antibacteriana e antitumoral, além de evidências de ajuda no combate a doenças como pressão alta e infertilidade (ANAND et al., 2020).

A família Apocynaceae também composta de espécies vegetais que produzem frutos comestíveis encontradas no Brasil a tabela 4 apresenta algumas delas. Dentre estas espécies mencionadas na tabela, a que apresenta maior número de trabalhos relacionados a sua composição nutricional, química, aromáticos e outras características inerentes ao fruto, é a mangaba (*H. speciosa*) (BAILÃO et al., 2015; CARDOSO et al., 2013; LIMA, 2011; SANTOS et al., 2017; TORRES-REGO et al., 2016). Já para a sorvinha (*Couma utilis*) o número é reduzido (AGUIAR, 1996; BERTO et al., 2015).

Tabela 4 Algumas frutas comestíveis encontradas no Brasil pertencentes a família Apocynaceae (TEIXEIRA et al., 2019).

| Espécies                                   | Nome popular |
|--|--------------|
| <i>Araujia sericifera</i> Brot             | Cipó do mato |
| <i>Couma guianenses</i> Aubl.              | Sorveira     |
| <i>Couma macrocarpa</i> Barb. Rodri        | Sorva grande |
| <i>Couma rigida</i> Müll. Arg.             | Mucujá       |
| <i>Couma utili</i> Müll. Arg.              | Sorvinha     |
| <i>Lacmelba arborescens</i> (Müll. Arg.)   | Guajaraí     |
| <i>Parahancornia fasciculata</i> (Poir)    | -            |
| <i>Spongiosperma grandiflorum</i> (Huber.) | Molongo      |
| <i>Hancornia speciosa</i> G.               | Mangaba      |

### 3.6 Gênero *Ambelania*

O gênero *Ambelania* é encontrado na América do Sul em países como o Brasil, Peru, Colômbia e Venezuela (AYYAD et al, 2012; ZARUCCHI et al., 1987). Composto por três espécies vegetais aceitas, são elas: *A. duckei*, *A. acida* e *A. occidentalis* (THE PLANT LIST, 2013). Os frutos deste gênero apresentam-se como bagas (fruto carnudo) e indeiscentes (as sementes permanecem dentro do fruto) (ZARUCCHI, 1987).

*A. occidentalis* é muito usada para tratar problemas gastrointestinais, porém sem comprovação científica. Um estudo demonstrou que o uso desta planta poderia causar danos. No entanto, os resultados para uso de doses agudas de extratos hidroalcoólicos de folhas desta espécie foram negativos, isto é, não apresentaram citotoxicidade ao DNA celular de camundongos (CASTRO et al., 2009). Ainda sobre esta espécie, foram elucidados dois tipos de alcaloides indólicos identificados como vincamina 1 e 14-epi-vincamina 2 (Figura 6) em extratos provenientes das partes aéreas (AYYAD et al., 2012).

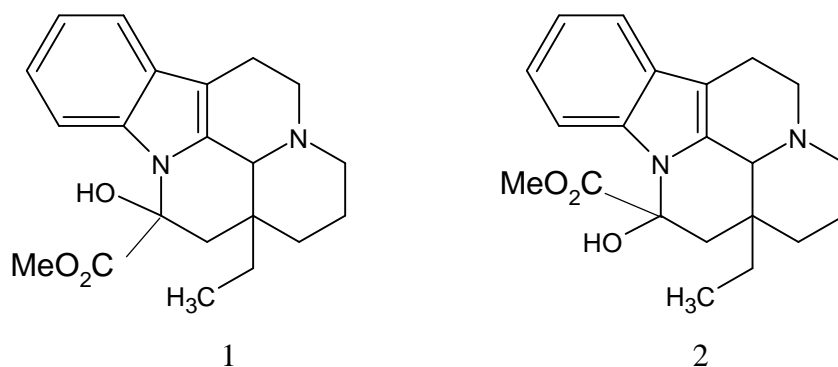


Figura 6 Alcaloides indólicos extraídos da *A. occidentalis* (AYYAD et al., 2012).

*A. duckei* está presente na Amazônia Central e Ocidental em solo arenoso ou arenoso-argiloso (Figura 7). Esta espécie distribuída na Região de Loreto (no Peru) e nos Estados do Amazonas, mais precisamente em Manaus, e de Rondônia (ZARUCCHI, 1987) (Figura 7).



Figura 7 Distribuição da espécie *A. duckei* (Zarucchi, (1987) adaptado). Pontos vermelhos, são lugares onde encontrou-se a espécie *A. duckei*.

Seus frutos são conhecidos como pepino verde do mato ou pepino bravo (Figura 8), com 15 cm de comprimento e frequentemente encontrados no chão, intactos, sob a planta mãe (RIBEIRO et al., 1999). Na Região do Peru também é chamado de auca-sanago (ZARUCCHI et al., 1987). São classificados ainda como latescentes, indeiscentes e bacáceos, possuem coloração verde e sementes de cor amarelo claro, e quando maduros os frutos e sementes aderem a coloração marrom.



Figura 8 Fruto da espécie *A. duckei* (SIMÕES, 2022).

O chá proveniente da casca desta espécie é popularmente usado no tratamento da malária. A análise qualitativa do extrato aquoso proveniente da casca do tronco da *A.*

*duckei*, indicou a presença de flavonoides e esteroides (ARIAS et al., 2021), enquanto, no extrato etanólico proveniente de folhas foi observada a presença de alcaloides (DA ROCHA et al., 1982). Já nos estudos de Hernández-Cardajal et al. (2022), o extrato etanólico proveniente do caule da planta, desta referida espécie, apresentou atividade antiplasmodico, além da presença de fenólicos, flavonoides e terpenoides. E somando a esses dados, o extrato aquoso da casca do tronco também apresentou atividade anti-tripanosoma *in vitro* frente ao protozoário *Tripanossoma cruzi* causador da Doença de Chagas (ARIAS et al., 2021).

Sobre a etimologia, vale destacar que parte do nome da espécie foi em homenagem ao coletor desta, estudante e amante da flora Amazônia Adolpho Ducke (1876-1959) e descrita por Markgraf no ano de 1935 (ZARUCCHI, 1987).

Conforme dados da literatura, o fruto desta espécie se assemelha a *A. acida* com diferenças no tamanho do mesmo, pois a *A. acida* apresenta formato cilíndrico e a *A. duckei* apresenta tamanho maior e com forma ovoide. Além da *A. acida* ser mais adocicada e o *A. duckei* apresenta gosto amargo e textura mais dura (MARKGRAF, 1935). Rocha et al. (1982), quando estudaram esta espécie identificou resultado positivo quanto a presença de alcaloides nas folhas.



Figura 9 Fruto da espécie *A. acida* (Fonte: Guia igapo).

Sobre a *A. acida*, sabe-se que seus frutos (Figura 9) são conhecidos como pepino-doce, pepino-do-mato, cacau de leite, papaia do veado possuem forma de baga elipsoide com base mais estreita, apresentam coloração da casca amarelo-esverdeado, com 10-16 cm de comprimento, contém sementes escuras e excretam látex. Deve-se fazer pequenos cortes na casca e aguardar a saída do “leite” – látex, ou “dar batidinhas com um pedaço de madeira

para retirada do leite (PAUL LE COINTE, 1934) Após a retirada deste, são consumidos *in natura* ou na forma de doces, sorvetes e sucos (KINUPP e LORENZI, 2014). Esta fruta é usada popularmente em infusões no tratamento de diarreia e seu látex é usado como expectorante (PAVI, 2022). Segundo a FAO, (1987) o consumo deste fruto também é usado para combater a tosse e bronquite (MATTA, 2003, PAUL LE COINTE, 1934).

A primeira descrição sobre *A. acida* Aublet, coletada na Região da Guiana Francesa foi feita pelo descritor Jean Baptiste Chistophe Fusée Aublet em 1775. O nome *Ambelania* está relacionada com a palavra “planta” e adicionou-se o nome *acida* por conta do sabor do fruto (ZARUCCHI, 1987). Conforme dados de Zarucchi (1987), a *A. acida* foi encontrada na Região da Amazonia do Brasil, Guiana Francesa, Suriname, Guiana, Venezuela, Colômbia e Peru (Figura 10).

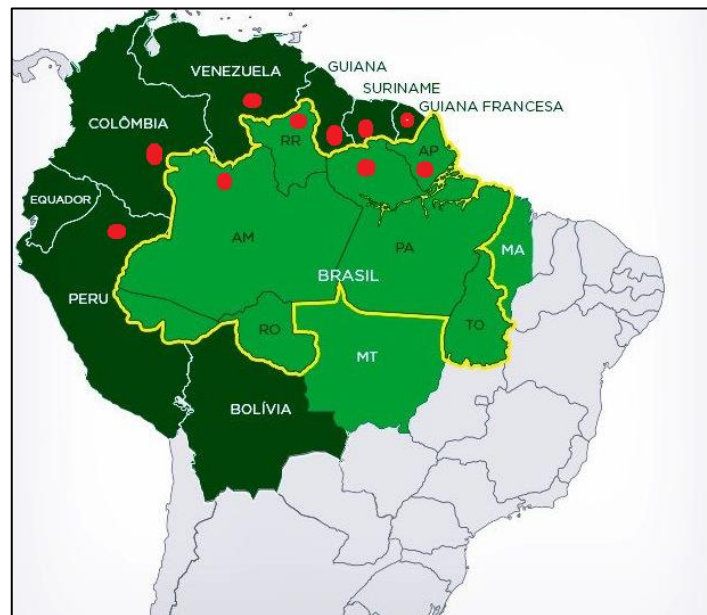


Figura 10 Distribuição da espécie *A. acida*. Adaptado de Zarucchi (1987). Pontos vermelhos, são lugares onde encontrou-se a espécie *A. acida*.

Estudos fitoquímicos em extratos etanólicos provenientes de folhas desta espécie, evidenciaram a presença de metabólitos secundários como fenóis, taninos, açúcares redutores, alcaloides, esteroides, triterpenos e resinas; estes compostos possuem importantes propriedades como a atividade química e biológica (OLIVEIRA e ALMEIDA, 2016).

Não há informações disponíveis, na literatura científica, sobre dados nutricionais e químicos do fruto de *A. acida*. Portanto, descrevemos dados da composição centesimal

dessa fruta amazônica pouco conhecida em relação aos seus valores de parâmetros físico-químicos, conteúdo mineral, ácidos graxos, atividades antioxidantes, compostos fenólicos e compostos orgânicos voláteis.

## REFERÊNCIAS

- AGUIAR, J. P. L. Tabela de composição de alimentos da Amazônia. **Acta Amazônica**, v. 26, p. 121-126, 1996.
- ALAM, M. W. et al. Electrochemical methodologies for investigating the antioxidant potential of plant and fruit extracts: A review. **Antioxidants**, v. 11, n. 6, p. 1205, 2022.
- ALEGBELEYE, O. et al. Microbial spoilage of vegetables, fruits and cereals. **Applied Food Research**, p. 100122, 2022.
- ALELUIA, R. L. Análise da composição química e das atividades biológicas de *Schinus terebinthifolia Raddi* (aroeira) submetida a diferentes tipos de adubação. UFES. 120f. 2020.
- ALTENDORF, Sabine. Minor tropical fruits. **Food Outlook**, v. 1, p. 67-75, 2018.
- ANAND, U. et al. A review on antimicrobial botanicals, phytochemicals and natural resistance modifying agents from Apocynaceae family: Possible therapeutic approaches against multidrug resistance in pathogenic microorganisms. **Drug Resistance Updates**, v. 51, p. 100695, 2020.
- ANDRADE, J. C. Composição nutricional de frutos não concencionais da familia Myrtaceae. Universidade Federal do Amazonas - UFAM. Manaus, p. 101. 2019
- ANUNCIACÃO, P. C. et al. Identification and quantification of the native carotenoid composition in fruits from the Brazilian Amazon by HPLC–DAD–APCI/MS. **Journal of Food Composition and Analysis**, 2019.
- ARAUJO, N. M. P. et al. Functional and nutritional properties of selected Amazon fruits: A review. **Food Research International**, v. 147, p. 110520, 2021.
- ARIAS, A.; FEIJOO, G.; MOREIRA, M. T. Exploring the potential of antioxidants from fruits and vegetables and strategies for their recovery. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, p. 102974, 2022.
- ARIAS, M.; VALLEJO, G. A.; GARAVITO, G. Trypanocidal activity of traditional antiparasitic medicinal plants from the Amazon. **Pharmacognosy Research**, v. 13, n. 4, 2021.
- ARIF, M.; USMANI, S.; HASAN, S. M. Bioactive Compounds of Karond (*Carissa carandas* L.). **Bioactive Compounds in Underutilized Fruits and Nuts**, p. 443-455, 2020.

AYYAD, S. N. et al. Vincamine and 14-epi-vincamine indole alkaloids from *Ambelania occidentalis*. **Journal of Saudi Chemical Society**, v. 16, n. 4, p. 419-422, 2012.

BAILÃO, E. F. L. C. et al. Bioactive Compounds Found in Brazilian Cerrado Fruits. **Int. J. Mol. Sci**, v. 16, p. 23760-23783, 2015.

BARRETT, A. H.; FARHADI, N. F.; SMITH, T. J. Slowing starch digestion and inhibiting digestive enzyme activity using plant flavanols/tannins—A review of efficacy and mechanisms. **Lwt**, v. 87, p. 394-399, 2018.

BERNI, P. et al. Non-conventional tropical fruits: Characterization, antioxidant potential and carotenoid bioaccessibility. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 74, p. 141-148, 2019.

BERRY, P. E. et al. Flora of the Venezuelan Guayana. Volume 2. Missouri botanical garden press. St. Louis. 1995.

BERTO, A. et al. Proximate compositions, mineral contents and fatty acid compositions of native Amazonian fruits. **Food Research International**, v. 77, p. 441-449, 2015.

BHADANE, B. S. et al. Ethnopharmacology, phytochemistry, and biotechnological advances of family Apocynaceae: A review. **Phytotherapy research**, v. 32, n. 7, p. 1181-1210, 2018.

BORGES, L. P., AMORIM, V. A. Metabólitos secundários de plantas. **Revista Agrotecnologia**, Ipameri, v. 11, n. 1, p. 54-67, 2020.

BRAMONT, W. B. et al. Comparação da composição centesimal, mineral e fitoquímica de polpas e cascas de dez diferentes frutas. **Rev. Virtual Quim**, v. 10, n. 4, 2018.

BRASIL, Ministério da Saúde. Saúde e Vigilância Sanitária. Frutas in natura são sempre a melhor opção. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-brasil/eu-que-ro-me-alimentar-melhor/noticias/2022/frutas-in-natura-sao-sempre-a-melhor-opcao>. Acessado em: Dez de 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 360, de 23 de dezembro de 2003: aprova regulamento técnico de porções de alimentos embalados para fins de rotulagem nutricional. Diário Oficial da União, Brasília, 26 dez. 2003b.

CARDOSO, L. M. et al. Mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes) from the Brazilian Cerrado: nutritional value, carotenoids and antioxidant vitamins. **EDP Sciences**, v. 69, 2013.



- CAROCHO, M.; MORALES, P.; FERREIRA, I. C. F. R. Antioxidants: Reviewing the chemistry, food applications, legislation and role as preservatives. **Trends in Food Science & Technology**, p. 107-120, 2018
- CASTRO, L. S.; PERAZZO, F. F.; MAISTRO, Edson Luis. Genotoxicity testing of *Ambelania occidentalis* (Apocynaceae) leaf extract in vivo. **Genetics and Molecular Research**, p. 440-447, 2009.
- CAVALCANTE, P. B. Frutas comestíveis na Amazônia. 7 ed. Rev. Belém: Museu Emilio Goeldi. 282p. 2010.
- CHAMBERS, E. S.; BYRNE, C. S.; FROST, G. Carbohydrate and human health: is it all about quality? **The Lancet**, v. 393, n. 10170, p. 384-386, 2019.
- CHAMORRO, F. et al. Valorization of kiwi agricultural waste and industry by-products by recovering bioactive compounds and applications as food additives: A circular economy model. **Food Chemistry**, v. 370, p. 131315, 2022.
- CHANDRA, P.; SHARMA, R. K.; ARORA, D. S. Antioxidant compounds from microbial sources: A review. **Food Research International**, v. 129, p. 108849, 2020.
- CHEN, B.; XU, M. Natural antioxidants in food. In: Varelis, P., Melton, L., & Shahidi, F. (2018). Encyclopedia of food chemistry. **Elsevier**. 180-188, 2018.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005.
- CSEPREGI, K.; HIDEG, É. Phenolic compound diversity explored in the context of photo-oxidative stress protection. **Phytochemical Analysis**, v. 29, n. 2, p. 129-136, 2018.
- CSERHATI, T. Chromatography of aroma compounds and fragrances. Budapest: Springer, 2010.
- CUBAS ALTAMIRANO, M.; MOQUILLAZA CÁCERES, S. J. Revisão sistemática de *Solanum sessiliflorum* dunal (cocona) uma solanácea de interesse científico. 2023.
- CUEVAS-GLORY, L. F. et al. Characterization of odor-active compounds in mango 'Ataulfo' (*Mangifera indica* L.) fruit. **Chemical Papers**, v. 74, p. 4025-4032, 2020.
- CZECH, A. et al. Mineral content of the pulp and peel of various citrus fruit cultivars. **Biological Trace Element Research**, v. 193, p. 555-563, 2020.
- DA ROCHA, A. I.; LUZ, A. I.; RODRIGUES, W./ A. A presença de alcalóides em espécies botânicas da Amazônia. VII-Apocynaceae. **Acta Amazonica**, v. 12, p. 381-387, 1982.

- DALLACUA, K. et al. Valorization of a Threatened by Extinction Species: Consumers' Perception, Expectation, and Sensorial Analysis of *Araucaria angustifolia* Seed (Pinhão) Flour. **Journal of Culinary Science & Technology**, p. 1-15, 2022.
- DE MELO BARROS, Dayane et al. A importância dos nutrientes na otimização do sistema imunológico The importance of nutrients in optimizing the immune system. **Brazilian Journal of Health Review**, v. 4, n. 5, p. 22180-22191, 2021.
- DE MELO, A. M. et al. Valorization of the agro-industrial by-products of bacupari (*Garcinia brasiliensis* (Mart.) through production of flour with bioactive properties. **Food Bioscience**, v. 45, p. 101343, 2022.
- DA SILVA, C. M. D. C.; JUNIOR, O. M. R. Os benefícios de uma alimentação saudável no período da pandemia da COVID-19. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 13, p. e462111335895-e462111335895, 2022.
- DE SOUZA BORBA, L. et al. A importância do ferro no organismo humano: uma revisão integrativa da literatura. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 17, p. e151111738965-e151111738965, 2022.
- DEY, A.; MUKHERJEE, A.; CHAUDHURY, M. Alkaloids from apocynaceae: origin, pharmacotherapeutic properties, and structure-activity studies. **Studies in Natural Products Chemistry**, v. 52, p. 373-488, 2017.
- DRAWERT, F. et al. Über die biogenese von aromastoffen ber Pflanzen und Fruchten., **ZLUF**, p. 65-78, 1969
- FACUNDO, H. V. V. et al. Influence of different banana cultivars on volatile compounds during ripening in cold storage. **Food Research International**, p. 626-633, 2012.
- FAO. Food and Fruit-Bearing Forest Species, 3: Examples from Latin America/F2911 (Fao Forestry Papers 44/3). 1987.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2021b. Disponível em: <https://www.fao.org/markets-and-trade/commodities/tropical-fruits/en/>
- FAO. World Food and Agriculture – Statistical Yearbook 2021. Rome. 2021a. Disponível em: <https://doi.org/10.4060/cb4477en>
- FELIPE, L. O.; BICAS, J. L. Terpenos, aromas e a química dos compostos naturais. **Química e Sociedade**, v. 39, n. 2, p. 120-130, maio 2017.
- FENNEMA, O. R. Food Chemistry. Madison, wisconsin, Marcel Dekker, n. 5, 2017.

FONSECA, L. A. B. V. Fruticultura Brasileira: Diversidade e sustentabilidade para alimentar o Brasil e o Mundo. Disponível em: < <https://cnabrasil.org.br/noticias/fruticultura-brasileira-diversidade-e-sustentabilidade-para-alimentar-o-brasil-e-o-mundo>>. 2022. Acesso em: 04 de fev de 2022.

FRIED, M. P. Distúrbios de olfato e paladar. 2021. Disponível em: <<https://www.msmanuals.com/pt/profissional/>> Acessado em: 06 de dezembro de 2022.

GARÓFOLO, A.; PETRILLI, A. S.. Omega-3 and 6 fatty acids balance in inflammatory response in patients with cancer and cachexia. **Revista de Nutricao**, v. 19, n. 5, p. 611-621, 2006.

GEORGE, S. A. S. S. S. Preparation of Pumpkin Pulp and Peel Flour and Study Their Impact in the Biscuit Industry. **Journal of Biology, Agriculture and Healthcare**, v. 10, n. 6, p. 25-33, 2020.

GHEBREYESUS, T. A.; FRIEDEN, T R. Replace: a roadmap to make the world trans fat free by 2023. **The Lancet**, v. 391, n. 10134, p. 1978-1980, 2018.

GIANNETTI, V. et al. Volatile fraction analysis by HS-SPME/GC-MS and chemometric modeling for traceability of apples cultivated in the Northeast Italy. **Food Control**, v. 78, p. 215-221, 2017

GRANATO, D. et al. Chemical perspective and criticism on selected analytical methods used to estimate the total content of phenolic compounds in food matrices. **TrAC Trends in Analytical Chemistry**, v. 80, p. 266-279, 2016.

GUIA IGAPÓ. Guia de plantas. Apocynaceae. Acesso em: < [http://web01.ib.usp.br/guiaigapo/familias/apocynaceae/ambelania\\_acida/ambelania\\_acida.html](http://web01.ib.usp.br/guiaigapo/familias/apocynaceae/ambelania_acida/ambelania_acida.html)>. Acessado em 2022.

HERNÁNDEZ-CARVAJAL, J. E. et al. Phytochemical and antiplasmodial evaluation of five Colombian plants with ethnopharmacological background of antimalarial use. **Pharmaceutical Sciences**, v. 29, n. 1, p. 123-132, 2022.

HEWAVITHARANA, G. G. et al. Extraction methods of fat from food samples and preparation of fatty acid methyl esters for gas chromatography: A review. **Arabian Journal of Chemistry**, v. 13, n. 8, p. 6865-6875, 2020.

HOU, J.; LIANG, L.; WANG, Y. Volatile composition changes in navel orange at different growth stages by HS-SPME-GC-MS. **Food Research International**, 2020.

- HOYOS-ARBELÁEZ, J. et al. Antioxidant capacity of mango fruit (*Mangifera indica*). An electrochemical study as an approach to the spectrophotometric methods. **Food chemistry**, v. 266, p. 435-440, 2018.
- IBGE. Pesquisa de Orcamentos familiares 2017-2018. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Rio de Janeiro, p. 72. 2019.
- ISLAM, M. A. et al. Trans fatty acids and lipid profile: A serious risk factor to cardiovascular disease, cancer and diabetes. *Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews*, v. 13, n. 2, p. 1643-1647, 2019.
- JELEŃ, H. H.; MAJCHER, M.; DZIADAS, M. Microextraction techniques in the analysis of food flavor compounds: A review. **Analytica chimica acta**, v. 738, p. 13-26, 2012.
- KINUPP, V. F.; LORENZI, H. Plantas Alimentícias Não-Convencionais (PANCs) no Brasil: guia de identificação, aspectos nutricionais e receitas ilustradas. São Paulo: Plantarum. 2014.
- KOVAČEVIĆ, D. B. et al. Strategies to achieve a healthy and balanced diet: Fruits and vegetables as a natural source of bioactive compounds. In: **Agri-Food industry strategies for healthy diets and sustainability**. Academic Press, 2020. p. 51-88.
- KUMAR, M. et al. Guava (*Psidium guajava* L.) seed: A low-volume, high-value byproduct for human health and the food industry. **Food Chemistry**, p. 132694, 2022.
- LASEKAN, O.; ABBAS, K. A. Distinctive exotic flavor and aroma compounds of some exotic tropical fruits and berries: a review. **Critical reviews in food science and nutrition**, v. 52, n. 8, p. 726-735, 2012
- LIANG, Y. et al. Curcumin-loaded HKUST-1@ carboxymethyl starch-based composites with moisture-responsive release properties and synergistic antibacterial effect for perishable fruits. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 214, p. 181-191, 2022.
- LIMA, J. P. Qualidade pós-colheita, atividade antioxidante "in vitro" e perfil volátil de mangaba (*Hancornia speciosa*) submetida à refrigeração e atmosfera modificada. Universidade Federal de Lavras. Lavras-MG, p. 194. 2011.
- LOPES, D. et al. Caracterização química dos frutos do mapati (*Pourouma cecropiifolia* Martius-Moraceae). 1999.
- LUNA-GUEVARA, M. L. et al. Phenolic compounds: A good choice against chronic degenerative diseases. **Studies in natural products chemistry**, v. 59, p. 79-108, 2018.

- MACIEL-SILVA, F. W. et al. Sustainable development in the Legal Amazon: energy recovery from açai seeds. **Biofuels, Bioproducts and Biorefining**, v. 15, n. 4, p. 1174-1189, 2021.
- MAHMOOD, M. W. et al. High intake of dietary fibre from fruit and vegetables reduces the risk of hospitalisation for diverticular disease. **European journal of nutrition**, v. 58, p. 2393-2400, 2019.
- MALTA, D. C.; DA SILVA JR, J. B. Brazilian strategic action plan to combat chronic non-communicable diseases and the global targets set to confront these diseases by 2025: a review. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 22, n. 1, p. 151-164, 2013.
- MARCILLO-PARRA, V. et al. Encapsulation of bioactive compounds from fruit and vegetable by-products for food application—A review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 116, p. 11-23, 2021.
- MARKGRAF, Fr. Neue. Apocynaceen aus Südamerika V. Notizblatt des Botanischen Gartens und Museums zu Berlin-Dahlem, p. 295-301, 1935.
- MATTA, A. A. Da Flora médica Brasileira. Org. Tenório Telles e apresentação por Otto R. Gottlieb. 3ª ed. Revista. Manaus: Editora Valer e Governo do Estado do Amazonas, 356p. 2003.
- MATTOS, J. R. Fruteiras Nativas do Brasil. Vol.4. Porto Alegre-RS-Brasil. 1990.
- MONTEIRO, S. S. Sapota-do-solimões (*Quararibea cordata*): Caracterização físico-química, estabilidade, compostos bioativos e voláteis. 2017. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Maria.
- MORAES, S. M. Ecologia Humana e Etnoecologia: memórias, saberes e fazeres na voz de três mulheres ribeirinhas no Lago Amanã-AM. 2022.
- MOURA, L. G. S. Caracterização do perfil nutricional, aromático e durabilidade dos frutos de *Ficus* sp. Dissertação de mestrado. Ufam. 114f. 2021.
- NAVA, Dori Edson. Perspectivas do sistema de manejo integrado de mosca das frutas: um caminho para o desenvolvimento sustentável da fruticultura no Brasil. 2019.
- NERI-NUMA, I. A. et al. Small Brazilian wild fruits: Nutrients, bioactive compounds, health-promotion properties and commercial interest. **Food Research International**, v. 103, p. 345-360, 2018.

- NEVES, L. C. et al. Post-harvest nutraceutical behaviour during ripening and senescence of 8 highly perishable fruit species from the Northern Brazilian Amazon region. **Food Chemistry**, p. 188-196, 2015.
- NOBRE, Camila B. et al. Antioxidative effect and phytochemical profile of natural products from the fruits of “babaçu”( *Orbignia speciosa*) and “buriti”( *Mauritia flexuosa*). **Food and Chemical Toxicology**, v. 121, p. 423-429, 2018.
- OJERINDE, O. S. et al. Nutritional composition, antioxidant assay and  $\alpha$ -glucosidase inhibitory flavonoids from the fruits of *Carissa edulis* Vahl (Apocynaceae). **Journal of Pharmacy & Bioresources**, v. 18, n. 2, p. 122-132, 2021.
- OLIVEIRA, N. T. et al. Análise fitoquímica, citotóxica e antimicrobiana do extrato bruto etanólico das folhas da espécie *Ambelania acida* Aublet (Apocynaceae). **Biota Amazônia (Biote Amazonie, Biota Amazonia, Amazonian Biota)**, v. 6, n. 1, p. 20-25, 2016.
- OLIVEIRA, S. C. Caracterização físico-química e química com ênfase nos compostos voláteis das polpas de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) e cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Schum.). 2011.
- OSWELL, N., J, AMAROWICZ, R., PEGG, R B. Reference Module in Chemistry, Molecular Sciences and Chemical Engineering. **Fruits and Fruit Products**. 2018.
- PAP, N. et al. Berry polyphenols and human health: Evidence of antioxidant, anti-inflammatory, microbiota modulation, and cell-protecting effects. **Current Opinion in Food Science**, v. 42, p. 167-186, 2021.
- PARDINI, A. et al. Efeito de diferentes condições de armazenamento pós-colheita e tratamento térmico no teor de tomate em variedades comerciais de tomate verde. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 96, p. 103735, 2021.
- PATHANIA, S.; KAUR, N. Utilization of fruits and vegetable by-products for isolation of dietary fibres and its potential application as functional ingredients. **Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre**, v. 27, p. 100295, 2022.
- PAUL LE COINTE. A Amazonia Brasileira (III) Árvores e Plantas Úteis. Ed. Livraria Clássica. Belém PA. 1934.
- PAVI, C. P. Potencial antiviral e virucida de plantas do bioma amazônico. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Biológicas, Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia e Biociências, Florianópolis, 2022.

PENG, Y. B. K. S. et al. Characterization of phenolic compounds and aroma active compounds in feijoa juice from four New Zealand grown cultivars by LC-MS and HS-SPMEGC-O-MS. **Food Research International**, v. 129, 2020.

PEREIRA, A. B. D. et al. Definition of chemical markers for *Hancornia speciosa* Gomes by chemometric analysis based on the chemical composition of extracts, their vasorelaxant effect and  $\alpha$ -glucosidase inhibition. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 299, p. 115692, 2022a.

PEREIRA, L. F. A.; FIRMO, W. C. A.; COUTINHO, D. F. A importância do reaproveitamento de resíduos da indústria alimentícia: o caso do processamento de frutas. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 12, 2022b.

PEREIRA, M. M. et al. Indole alkaloids from species of the Aspidosperma (Apocynaceae). **Quimica nova**, v. 30, p. 970-983, 2007.

PINO, J. A.; RONCAL, E.. Characterisation of odour-active compounds in cherimoya (*Annona cherimola* Mill.) fruit. *Flavour and Fragrance Journal*, v. 31, n. 2, p. 143-148, 2016.

RABELO, A. Frutos nativos da Amazônia: comercializados nas feiras de Manaus-AM. INPA, 390p. 2012.

RAIHANA, A. N. et al. A review on food values of selected tropical fruits' seeds. **International Journal of Food Properties**, v. 18, n. 11, p. 2380-2392, 2015.

REBOREDO-RODRIGUEZ, P. Potential roles of berries in the prevention of breast cancer progression. **Journal of Berry Research**, v. 8, n. 4, p. 307-323, 2018.

RIBEIRO, J.E.L.S. et al. Flora da Reserva Ducke: Guia de identificação das plantas vasculares de uma floresta de terra-firme na Amazônia Central. INPA-DFID. 1999.

RODRIGUES, F. et al. Evaluation of Amazon fruits: chemical and nutritional studies on *Borojoa sorbilis*. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 98, n. 10, p. 3943-3952, 2018.

ROMANI, V. P. et al. Amazon-sustainable-flour from açai seeds added to starch films to develop biopolymers for active food packaging. **Journal of Applied Polymer Science**, v. 139, n. 5, p. 51579, 2021.

RUFINO, M. S. M. et al. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, p. 996-1002, 2010.

SANTANA-GLAVEZ, J.; CISNEROS-ZEVALLOS, L. J.-V. D. A. A practical guide for designing effective nutraceutical combinations in the form of foods, beverages, and dietary

supplements against chronic degenerative diseases. **Trends in Food Science & Technology**, p. 179-193, 2019.

SANTOS, P. S. et al. Genetic diversity and the quality of Mangabeira tree fruits (*Hancornia speciosa* Gomes–Apocynaceae), a native species from Brazil. **Scientia Horticulturae**, v. 226, p. 372-378, 2017.

SANTOS, R. D. et al. I Diretriz sobre o consumo de gorduras e saúde cardiovascular. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, v. 100, p. 1-40, 2013.

SHANMUGAM, S. et al. Volatile profiling and UHPLC-QqQ-MS/MS polyphenol analysis of *Passiflora leschenaultii* DC. fruits and its anti-radical and anti-diabetic properties. **Food Research International**, v. 133, p. 109202, 2020.

SIEGMUND, B. Biogenesis of aroma compounds: flavour formation in fruits and vegetables. Elsevier, Chap, p. 127-149, 2015.

SILVA, J. S. et al. Efeito do estágio de maturação no perfil de compostos voláteis de carambola e seriguela cultivadas no Brasil. **Research, Society and Development**, v. 9, 2020.

SILVA, M. F. Nomes Vulgares de plantas amazônicas. Belém, INPA, 222p. 1977.

SIMÕES, A.O. *Ambelania* in Flora e Funga do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB33609>>. Acesso em: 17 nov. 2022.

SOKOLA-WYSOCZANSKA, E. et al. Polyunsaturated Fatty Acids and Their Potential therapeutic role in cardiovascular system disorders - A review. **Nutrients**, v. 10, 2018

SOSALAGERE, C.; KEHINDE, B. A.; SHARMA, P. Isolation and functionalities of bioactive peptides from fruits and vegetables: A reviews. **Food chemistry**, v. 366, p. 130494, 2022.

STATISTA. 2021. Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/1069912/fruit-production-brazil-type>. Acesso em: dez de 2022.

TEIXEIRA, N. et al. Edible fruits from Brazilian biodiversity: A review on their sensorial characteristics versus bioactivity as tool to select research. **Food Research International**, p. 325-348, 2019.

THE PLANT LIST. Publishing Web: <http://www.theplantlist.org/tpl1.1/search?q=Ambelania>. 2013. Accessed 22 fev de 2021.

TODOROV, F. D; PIERI, F. A. Tropical fruits: from cultivation to consumption and health benefits, fruits from the Amazon. **Food Science and Technology**. 2018



TORRES-RÊGO, M. et al. Anti-inflammatory activity of aqueous extract and bioactive compounds identified from the fruits of *Hancornia speciosa* Gomes (Apocynaceae). **BMC Complementary and Alternative Medicine**, v. 16, p. 1-10, 2016.

TRIRUCHELVAM, T.; LANDAHL, S.; TERRY, L. A. Temporal variation of volatile compounds from Sri Lankan mango (*Mangifera indica* L.) fruit during ripening. **Journal of Agriculture and Food Research**, 2020.

VELISEK, J. The chemistry of food. Chennai: Laserword Private Limited, 2014.

VELLA, F. M.; CALANDRELLI, R.; LARATTA, B. Influence of ripening on polyphenolic content, degradative, and browning enzymes in Cantaloupe varieties (*C. melo*, L.). **Horticulturae**, v. 7, n. 11, p. 421, 2021.

WAGHMARE, R. et al. Jackfruit seed: an accompaniment to functional foods. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 22, 2019.

WATRELOT, A. A., NORTON, E. L. Chemistry and reactivity of tannins in *Vitis* spp.: A review. **Molecules**, 25(9), 2110. 2020.

World Health Organization (WHO). Noncommunicable diseases. 2021. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/noncommunicable-diseases>. Acesso em: fevereiro de 2022.

World Health Organization; (WHO). Healthy diet. 2020. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/healthy-diet> Acesso em 22 de fev de 2021.

XIAO, X. et al. Battery-free wireless moisture sensor system for fruit monitoring. **Results in Engineering**, v. 14, p. 100420, 2022.

YAHIA, E. M. Postharvest physiology and biochemistry of fruits and vegetables contribution of fruits and vegetables to human nutrition and health. 19–45. 2019.

ZARUCCHI, J. L. A revision of the tribe *Ambelanieae* (Apocynaceae-Plumerioideae). *Agricultural University Wageningen Papers* 87(1): 1-105. 1987.

ZAYED, A.; BADAWY, M. T.; FARAG, M. A. Valorization and extraction optimization of citrus seeds for food and functional food applications. **Food Chemistry**, v. 355, p. 129609, 2021.

ZEB, A. Concept, mechanism, and applications of phenolic antioxidants in foods. **Journal of Food Biochemistry**, v. 44, n. 9, p. e13394, 2020.

ZIA, S. et al. An update on functional, nutraceutical and industrial applications of watermelon by-products: A comprehensive review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 114, p. 275-291, 2021.

## **CAPÍTULO 2**

### **Evaluation of the Amazonian fruit *Ambelania acida*: chemical and nutritional studies**

**<https://doi.org/10.1111/1750-3841.16455>**

## INTRODUÇÃO

Este artigo sobre o fruto da espécie *Ambelania acida* (Apocynaceae) apresenta os resultados alcançados durante o desenvolvimento da minha tese de doutorado, no Programa de Pós-graduação em Química da UFAM, sob a orientação do professor Dr. Jefferson Rocha de Andrade Silva.

O fruto de *A. acida* é nativo da Amazonia e conhecido por diversos nomes populares como pepino doce ou pepino do mato. Este primeiro nome foi adquirido porque possui formato semelhante, alongado e mais estreito nas extremidades, além disso é um fruto latescente, isto é, exsuda látex. De acordo com saberes populares deve-se dar “batidas” para retirada dessa substância de aspecto leitoso e após isso ser degustado na forma *in natura*, em saladas, doces e sorvetes (CAVALCANTE et al., 1979; KINUPP e LORENZI, 2014).

Conforme pode ser observado no artigo, o fruto possui polpa adocicada (6,3° Brix) e ácida (pH=4,57) e pode ser considerada nutritiva, destacando-se na quantidade de proteínas que comparadas com demais frutas foi superior, além de boas quantidades dos minerais cálcio, magnésio e potássio. A casca e polpa do fruto apresentam quantidades de compostos bioativos que lhe conferem boa atividade antioxidante. Seus ácidos graxos apresentam índices aterogênicos, trombogênicos, hipocolesterolêmico e hipercolesterolêmico bons que o qualificam como nutritivo. E em relação ao aroma, possuem compostos orgânicos voláteis em que os terpenos foram significativos, e notas aromáticas como amadeirado, frutado, herbal e floral podem ser percebidas no fruto.


Em virtude destes resultados, o fruto pode ser classificado como nutritivo e pode ser inserido numa dieta saudável, e suas partes como casca e sementes, podem ser aplicadas nas indústrias alimentícias como enriquecimento de farinhas para pães, bolos, e outros, pois se destacaram quanto às proporções de compostos bioativos, ácidos graxos, e minerais podendo contribuir com a saúde humana.

Este artigo aceito e publicado pela revista “Journal of Food Science” (Qualis A3; fator de impacto igual a 3.693), pode ser considerado pioneiro na literatura científica no que tange o fruto *Ambelania acida* e espera-se que muitos outros trabalhos continuem a estudá-lo e benefícios advindos sejam alcançados por mais pessoas.

ORIGINAL ARTICLE

Food Chemistry

## Evaluation of the Amazonian fruit *Ambelania acida*: Chemical and nutritional studies

Pollyane Gomes Corrêa<sup>1</sup> | Leonardo Gomes Sanders Moura<sup>1</sup> |  
Ana Claudia Fernandes Amaral<sup>2</sup> | Maira Martins H. de Almeida<sup>2</sup> |  
Francisca das Chagas do Amaral Souza<sup>3</sup> | Jaime Paiva Lopes Aguiar<sup>3</sup> |  
Renê Lemos Aleluia<sup>4</sup> | Jefferson Rocha de Andrade Silva<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Chromatography Laboratory, Chemistry Department, Federal University of Amazonas, Manaus, Amazonas, Brazil

<sup>2</sup>Laboratory of Medicinal Plants and Derivatives, Department of Chemistry of Natural Products, Farmanguinhos, Oswaldo Cruz Foundation, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brazil

<sup>3</sup>Brazilian National Institute for Research in the Amazon, Coordination Society of Environment and Health (COSAS) and Laboratory of Physical Chemistry of Food (LPQA), Manaus, Amazonas, Brazil

<sup>4</sup>Laboratory of Plant Genetics and Toxicology, Department of Biological Sciences Federal University of Espírito Santo, Vitória, Espírito Santo, Brazil

### Correspondence

Jefferson Rocha de Andrade Silva,  
Chromatography Laboratory, Chemistry  
Department, Federal University of  
Amazonas, Manaus, Amazonas, Brazil.  
Email: [jrocha\\_01@yahoo.com.br](mailto:jrocha_01@yahoo.com.br)

### Funding information

Fundação de Amparo à Pesquisa do  
Estado do Amazonas (FAPEAM) (Edital  
N. 006/2019—Universal Amazonas  
Program); PROEP CNPq Number  
440011-2022-1; Universidade Federal do  
Amazonas (UFAM) and Coordenação de  
Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível  
Superior (CAPES)

### Abstract

*Ambelania acida* is native to the Amazon region, with few published studies of its fruits. We examined the proximate composition of its fruits, including minerals, fatty acids, volatile organic compounds (VOCs), as well as its antioxidant capacity. The protein contents (2.61%) of the pulp and seeds (13.6%) were higher than observed in other taxa of the family or in other tropical fruits. Peel and pulp showed high contents of potassium, calcium, and magnesium, and the potassium content in the pulp was 1125 mg/100 g. The peel had higher contents of total phenolics, tannins, and ortho-diphenols than the pulp, as well as better antioxidant activity as evidenced by 2,2'-azino-bis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS), 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH), Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP), and Fe<sup>2+</sup> chelating activity assays. GC-MS analyses identified 42 VOCs in the peel and pulp, with more than 90% being classified as terpenes. Eleven types of fatty acids were identified in the lipid fractions of the peel, pulp, and seeds. Linoleic acid, an essential fatty acid for humans, was the principal fatty acid in the edible portion of the fruit, therefore, evidencing its nutritionally significant profile for the fruits when considering the relationship among polyunsaturated, saturated, and monounsaturated fatty acids. The information gathered here indicates that this native fruit is a healthy food source and its cultivation and consumption should be stimulated.

### KEYWORDS

antioxidant activity, Apocynaceae, chromatography, nutritional, phenolic compounds, volatile organic compounds

## **CAPÍTULO 3**

### **Chemical and Nutritional Characterization of *Ambelania duckei* (Apocynaceae) an unexplored fruit from the Amazon region**

**<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.112290>**

## INTRODUÇÃO GERAL

Este artigo sobre o fruto da espécie *Ambelania duckei* (Apocynaceae) apresenta os resultados obtidos durante o desenvolvimento de meu doutorado, orientado pelo professor Dr. Jefferson Rocha de Andrade, do Programa de Pós-Graduação em Química da Universidade Federal do Amazonas-UFAM.

Bem como o artigo anterior mostrado, este também é o primeiro estudo divulgado numa revista científica internacional, em que são abordados dados ligados aos aspectos químicos e nutricionais das três partes do fruto. O artigo foi publicado na Revista Food Research International (com fator de impacto igual a 7.425). Este fruto também apresenta superioridade de proteínas contidas na polpa. E quantidades relevantes dos minerais K, Ca e Mg presentes nas cascas e polpa. As aplicações das partes normalmente não consumíveis também podem ser as mesmas das mencionadas para o fruto da *A acida*.

Conforme dados iniciais sobre os frutos da *A. duckei* e *A. acida* demonstrada por Zarucchi (1987), elas apresentam muitas semelhanças sendo a polpa da *A. acida* (6,3° Brix) mais adocicada que a *A. duckei* (5,6° Brix) tal informação foi confirmada por esta pesquisa.

O fruto de *A. duckei* apresenta formato ovoide, e coloração da casca bem mais verde e mais lisa em comparação do com a *A acida*, e são maiores e mais pesados também. Pelo valor médio, o fruto da *A. acida* pesavam 150 g e da *A. duckei* 270 g.

O fruto da *A. duckei* (pepino bravo ou pepino verde do mato) é bem menos conhecido que o da *A. acida*. Mas, dados confirmam seu consumo na Amazônia peruana além de ser participante de um manejo sustentável de uma Reserva de Desenvolvimento Sustentável localizado no Estado do Amapá. Acredita-se que incentivos como este de uma população local juntamente com estudos e divulgação científica, esta fruta ganhará espaço no comércio regional. E outros futuros benefícios, espera-se que sejam alcançados.



Contents lists available at ScienceDirect

Food Research International

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/foodres](http://www.elsevier.com/locate/foodres)

## Chemical and nutritional characterization of *Ambelania duckei* (Apocynaceae) an unexplored fruit from the Amazon region

Pollyane Gomes Corrêa<sup>a</sup>, Leonardo Gomes Sanders Moura<sup>a</sup>, Ana Claudia Fernandes Amaral<sup>b</sup>, Francisca das Chagas do Amaral Souza<sup>c</sup>, Jaime Paiva Lopes Aguiar<sup>c</sup>, Renê Lemos Aleluia<sup>d</sup>, Jefferson Rocha de Andrade Silva<sup>a,\*</sup>

<sup>a</sup> Chromatography Laboratory, Chemistry Department, Federal University of Amazonas, Manaus, AM, Brazil

<sup>b</sup> Laboratory of Medicinal Plants and Derivatives, Department of Chemistry of Natural Products, Farmanguinhos, Oswaldo Cruz Foundation, Rio de Janeiro, RJ, Brazil

<sup>c</sup> Brazilian National Institute for Research in the Amazon, Coordination Society of Environment and Health (COSAS) and Laboratory of Physical Chemistry of Food (LPQA), Manaus, AM, Brazil

<sup>d</sup> Laboratory of Plant Genetics and Toxicology, Department of Biological Sciences Federal University of Espírito Santo, Vitória, Espírito Santo, Brazil

### ARTICLE INFO

#### Keywords:

Apocynaceae  
Nutritional  
Phenolic compounds  
Antioxidant activity  
Volatile organic compounds  
Chromatography

### ABSTRACT

*Ambelania duckei* Markgr is a species of the Apocynaceae family, native to the Amazon region that is unexplored from a nutritional point of view and studied in relation to its chemical constituents. This work presents an unprecedented study of the proximate composition, lipid profile, a chromatographic analysis, and the antioxidant activity of extracts obtained from the pulp, peel and seeds of the fruit. The results showed that potassium, calcium, and magnesium stood out as the most abundant key minerals in the fruit peel and pulp, with an emphasis on the potassium present in the fruit pulp at 1750.0 mg/100 g. The peel had the highest content of total phenolics (374.86 mg/g), flavonoids (15.54 mg/g), tannins (27.45 mg/g) and O-diphenols (379.36 mg/g; 645.71 mg/g). The antioxidant activity (AA) was highest in the peel compared to the pulp in the DPPH, ABTS, and ORAC tests showing: IC<sub>50</sub> of 29.82; 43.67; and 407.13 µg/mL, respectively but a lower activity for the Fe<sup>2+</sup> chelator. The analysis of the lipid fractions from the peel, pulp, and seeds of the *A. duckei* fruit resulted in 14 types of fatty acids. The major fatty acids found in the three parts of the fruit were oleic acid (peel, 22.52%), palmitic acid (pulp, 17.34%), and linoleic acid (seeds, 47.99%). The lipid profile and nutritional aspects had a PUFA/SFA ratio (0.4–1.8) in the different parts of the *A. duckei* fruit; the atherogenic and thrombogenic indexes were higher in the peel (1.23) and pulp (0.62), respectively. The ratio between the hypocholesterolemic and hypercholesterolemic fatty acids (0.5–3.8) calculated for the fruit are within the desirable range for a nutritious food. The chromatographic analysis of the volatile organic compounds (VOCs) from the peel and pulp of the fruit, identified 74 VOCs, of which 60.9% are related to terpenes, and emit notes such as cucumber, green, fatty, floral, and mint, due to the presence of substances with OAVs > 10, especially α-ionone, 1,β-cineole, 2,4-decadienal, and dodecanal. The analysis of the MS and MS/MS spectra of the chromatograms obtained by LC-QTOP-HRMS led to the identification of 26 compounds in the peel, seeds and pulp of *A. duckei*, such as fatty acids, phenolic acid, flavonoids, proanthocyanidins, alkaloids, and terpenoids. The results show that the pulp of *A. duckei* has potential as nourishing food and the nutritional and chemical aspects of the peel can be applied to commercial applications.



**Chemical and nutritional characterization of *Ambelania duckei* (Apocynaceae) an unexplored fruit from the Amazon region**

Pollyane Gomes Corrêa <sup>a</sup>, Leonardo Gomes Sanders Moura <sup>a</sup>, Ana Claudia Fernandes Amaral <sup>b</sup>, Francisca das Chagas do Amaral Souza <sup>c</sup>, Jaime Paiva Lopes Aguiar <sup>c</sup>, Renê Lemos Aleluia <sup>d</sup>, Jefferson Rocha de Andrade Silva <sup>a</sup>.

a Chromatography Laboratory, Chemistry Department, Federal University of Amazonas, Manaus, AM, Brazil

b Laboratory of Medicinal Plants and Derivatives, Department of Chemistry of Natural Products, Farmanguinhos, Oswaldo Cruz Foundation, Rio de Janeiro, RJ, Brazil

c Brazilian National Institute for Research in the Amazon, Coordination Society of Environment and Health (COSAS) and Laboratory of Physical Chemistry of Food (LFQA), Manaus, AM, Brazil

d Laboratory of Plant Genetics and Toxicology, Department of Biological Sciences Federal University of Espirito Santo, Vitoria, Espirito Santo, Brazil

Corresponding author.

E-mail address: jrocha\_01@yahoo.com.br (J.R. de Andrade Silva).

<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.112290>

Received 23 June 2022; Received in revised form 28 November 2022; Accepted 29 November 2022 0963-9969/© 20XX

<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.112290>

## ABSTRACT

*Ambelania duckei* Markgr is a species of the Apocynaceae family, native to the Amazon region that is unexplored from a nutritional point of view and studied in relation to its chemical constituents. This work presents an unprecedented study of the proximate composition, lipid profile, a chromatographic analysis, and the antioxidant activity of extracts obtained from the pulp, peel and seeds of the fruit. The results showed that potassium, calcium, and magnesium stood out as the most abundant key minerals in the fruit peel and pulp, with an emphasis on the potassium present in the fruit pulp at 1750.0 mg/100 g. The peel had the highest content of total phenolics (374.86 mg/g), flavonoids (15.54 mg/g), tannins (27.45 mg/g) and O-diphenols (379.36 mg/g; 645.71 mg/g). The antioxidant activity (AA) was highest in the peel compared to the pulp in the DPPH, ABTS, and Chelant Fe<sup>2+</sup> tests showing: IC<sub>50</sub> of 29.82; 43.67; and 407.13 µg/mL, respectively but a lower activity for the Fe<sup>2+</sup> chelator. The analysis of the lipid fractions from the peel, pulp, and seeds of the *A. duckei* fruit resulted in 14 types of fatty acids. The major fatty acids found in the three parts of the fruit were oleic acid (peel, 22.52 %), palmitic acid (pulp, 17.34 %), and linoleic acid (seeds, 47.99 %). The lipid profile and nutritional aspects had a PUFA/SFA ratio (0.4–1.8) in the different parts of the *A. duckei* fruit; the atherogenic and thrombogenic indexes were higher in the peel (1.23) and pulp (0.62), respectively. The ratio between the hypocholesterolemic and hypercholesterolemic fatty acids (0.5 – 3.8) calculated for the fruit are within the desirable range for a nutritious food. The chromatographic analysis of the volatile organic compounds (VOCs) from the peel and pulp of the fruit, identified 74 VOCs, of which 60.9 % are related to terpenes, and emit notes such as cucumber, green, fatty, floral, and mint, due to the presence of substances with OAVs > 10, especially  $\alpha$ -ionone, 1,8-cineole, 2,4-decadienal, and dodecanal. The analysis of the MS and MS/MS spectra of the chromatograms obtained by LC-QTOF-HRMS led to the identification of 26 compounds in the peel, seeds and pulp of *A. duckei*, such as fatty acids, phenolic acid, flavonoids, proanthocyanidins, alkaloids, and terpenoids. The results show that the pulp of *A. duckei* has potential as nourishing food and the nutritional and chemical aspects of the peel can be applied to commercial applications.

Keywords: Apocynaceae, Nutritional, Phenolic compounds, Antioxidant activity, Volatile organic compounds, Chromatography

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

É cada vez maior o número de pessoas adeptas de um estilo de vida mais saudável, neste estilo está presente uma alimentação mais voltada para o consumo de frutas e verduras principalmente na forma *in natura*. Tal fato também é percebido na economia pois dados da produção de frutas e verduras aumentou a nível mundial e nacional, principalmente nos últimos séculos.

O consumo de frutas e verduras contribui principalmente para a promoção da saúde humana visto que combate o aparecimento de doenças crônicas não transmissíveis como câncer, e doenças ligadas ao coração e ao trato respiratório. Tais doenças são as principais causas de mortes no mundo todo. E em virtude disto, a Organização Mundial de Saúde recomenda que sejam ingeridas pelo menos 400 g de frutas e verduras diariamente pelas pessoas.

A diversidade de frutas é vasta principalmente em território Amazônico, no entanto, muitas destas ainda são poucas conhecidas e/ou exploradas. Conforme dados, apenas uma pequena percentagem é estudada, e isto dificulta ou impede que muitos recursos financeiros sejam investidos em frutas desconhecidas que talvez possuam grande impacto econômico. Algumas frutas já possuem tal reconhecimento, como é o caso do açaí, castanha do Brasil, guaraná e cupuaçu dos quais já são alvos de diversos tipos de agroindústrias.

Frutos comestíveis da família Apocynaceae podem ser encontrados no Brasil, o mais conhecido e estudado é a mangaba (*Hancornia speciosa*), que já possui sua atividade econômica concentrada principalmente na região nordeste do Brasil. Outros podem ser encontrados na região amazônica brasileira como a sorvinha (*Couma utilis*), o pepino do mato (*Ambelania acida*), e o pepino verde do mato (*Ambelania duckei*).

Estes dois últimos frutos citados anteriormente, bem como suas partes (casca, polpa e semente) foram alvos de estudo deste trabalho. Desta maneira, foram determinados a composição centesimal, dados físico-químicos, minerais, compostos bioativos presentes utilizando quatro metodologias diferentes, atividade antioxidante usando quatro métodos diferenciados entre si, ácidos graxos, compostos orgânicos voláteis por meio de SPME-CGEM e identificação de compostos por meio de LC-MS. Os resultados obtidos foram publicados em dois artigos científicos.

O primeiro manuscrito enviado e aceito para publicação foi referente ao fruto da espécie *Ambelania duckei*. Neste, o fruto foi apresentado por imagem (mostrando casca, polpa e sementes) dados de tamanho, formato e de sólidos solúveis totais. Assim, o

respectivo fruto possui em torno de 6 cm de diâmetro, formato ovoide, pesam em média 230 g, sua polpa possui pH ácido e por meio do SST verificou-se que são pouco doces. Seus frutos normalmente são encontrados no chão intactos próximos a planta mãe.

Foram realizadas as análises, já descritas no parágrafo anterior, e foi verificado que a quantidade de proteínas presente na polpa do fruto foi superior quando comparado com demais frutos da família Apocynaceae e outros frutos tropicais. Os minerais K, Ca e Mg se destacaram pelas suas quantificações tanto na casca quanto na polpa do fruto. A quantidade de compostos bioativos bem como a atividade antioxidante foi maior nos extratos provenientes da casca do fruto. Os ácidos graxos presentes nas partes dos frutos demonstraram que o fruto é comparável a peixes e laticínios no que diz respeito a índices de IA, IT, e HH. O índice aterogênico e trombogênico (IA e IT) relacionam-se com o potencial de agregação plaquetária, assim, quanto menores forem estes valores, maior será a quantidade de ácidos graxos anti-aterogênicos presentes e como consequência, maior será o potencial de prevenção de doenças coronarianas. Desta maneira, quanto menor forem estes índices mencionados nos frutos, mais nutritivo ele pode ser classificado (MILANI et al., 2016). Os valores da razão de ácidos graxos hipocolesterolêmico/hipercolesterolêmico pode ser calculada e pode ser um outro indicador da qualidade nutricional do alimento criado por Santos-Silva et al., (2002). Um aumento do valor da relação H/H é consequência da elevação do percentual de ácidos graxos poli-insaturados e diminuição dos ácidos graxos saturados como o palmítico. Por isso, quanto menor foi o valor da razão mencionada, melhor é o teor nutricional.

Quanto ao aroma do fruto, verificou-se que terpeno foi a classe mais abrangente identificada e as notas aromáticas pepino, gorduroso, floral e menta foram as que possuíam maior atividade de odor relacionados de forma respectiva com os compostos orgânicos voláteis  $\alpha$ -ionona, 1,8-cineol, 2-4-decadienal e dodecanal. E por meio da análise dos espectros provenientes da LC-QTOF-HRMS foi possível a identificação de 26 compostos presentes na casca e polpa do fruto, dentre estes pertencentes a classes dos ácidos graxos, flavonoides, proantocianidinas, alcaloides e terpenos.

Diante de todo o exposto, concluiu-se que a polpa do fruto é nutritiva e por isso, pode ser uma boa alternativa para inserção na dieta alimentar das pessoas. E as suas partes normalmente não consumíveis (cascas e sementes) vem a ser uma ótima alternativa de aplicação no agronegócio como por exemplo em enriquecimento de farinhas ricas em fibras

e compostos bioativos para pães e bolos. Esta última, já é uma via de comércio utilizada por algumas indústrias, e já relatadas em artigos científicos.

O segundo manuscrito foi referente ao fruto da espécie *Ambelania acida*, e pela ordem cronológica, foi o segundo a ser aceito pela revista para publicação. Este tem diversas semelhanças com o primeiro artigo aceito e já descrito anteriormente. Isto é, foram realizadas as análises de composição centesimal, pH, SST, minerais, quatro tipos de análises de compostos bioativos, atividade antioxidante por quatro métodos diferentes, ácidos graxos e compostos orgânicos voláteis para avaliação do aroma presente no fruto. Neste, diferente do primeiro artigo, não houve identificação de compostos usando o LC-QTOF-HRMS nas partes do fruto de *A acida*.

Houve apresentação do fruto por meio de imagem, mostrando a casca, polpa e sementes do mesmo, e caracterizando-o com dados de formato, tamanho, peso e características físico-químicas. Assim, o fruto *A acida* possui casca amarelo-esverdeado, formato elipsoide, isto é, diâmetro maior no centro e menor nas extremidades, com comprimento e peso médio de 12 cm e 150 g respectivamente. O fruto é laticífero, isto é, exsuda látex, que após retirada do mesmo (com batidas, colocando imerso em água por alguns minutos, ou congelando) pode ser degustado *in natura*, ou na forma de sucos, doces ou sorvetes. A polpa, devido ao seu pH, foi classificada como ácida e pouco adocicada de acordo com a análise de SST.

A polpa deste fruto também se destacou pelo teor de proteínas quando comparado com outras frutas tropicais e de mesma família. Os minerais K, Ca e Mg também se destacaram pelas quantidades presentes na casca e polpa do pepino do mato. E foram nas cascas que houve maior quantidade de compostos bioativos bem como a atividade antioxidante, esta que foi testada por quatro métodos diferentes entre si (DPPH, ABTS, FRAP e Quelante de  $Fe^{2+}$ ). Destaca-se que estes métodos estão ligados a transferências de hidrogênio, transferência de elétrons e quelação de metais. Isto é, relacionados aos mecanismos primários e secundários de oxidação.

Com relação aos ácidos graxos, o ácido linoleico foi destaque em todas as frações testadas, isto é, provenientes das três diferentes partes do fruto. Este é considerado essencial, mas não é sintetizado pelo organismo humano, logo o mesmo deve ser inserido por dieta. Assim, esse juntamente com os demais SFA, MUFA e PUFA encontrados, e após

cálculos de AI, AT, e HH caracterizam este fruto como nutritivo e pode se assemelhar a alimentos como leite e peixe.

Quanto ao perfil aromático do fruto em questão, resultante das análises provenientes de análises de SPME-CGEM usando fibra de PDMS-PDV. Os principais compostos que apresentaram alta atividade de odor foram o alfa-cubebeno, beta-cubebeno, germacrene D, e linalol, sendo que estes dois últimos foram identificados apenas na casca do fruto. As notas aromáticas relacionados a estes compostos de forma respectiva são: amadeirado, frutado, herbal e floral. Ambos compostos destacados, pertencem a classe química dos terpenos, estes por sua vez, são sintetizados pelas vias metabólicas do ácido mevalônico, ácido pirúvico e 3-fosfoglicerato. Esta primeira rota biosintética é a mais viável nas matrizes vegetais do fruto estudado pois leva à formação de sesquiterpenos.

Vale destacar, que a atividade do odor é um dado interessante, visto que o composto volátil e-cariofileno foi um dos compostos majoritários encontrado em ambas as partes do fruto de *A. acida*, no entanto, apresentou atividade de odor menor do que o alfa e beta cubebeno por exemplo. Isso quer dizer, que mesmo em grande quantidade, as notas aromáticas relacionadas ao e-cariofileno, podem ser menos percebidas pelo olfato humano.

Diante de todo o exposto relata-se que os dois artigos publicados nas duas revistas científicas apresentam dados nutricionais e químicos dos dois frutos do gênero *Ambelania* (*A. acida* e *A. duckei*), esses dados são inéditos e certamente contribuirão para futuros trabalhos científicos; para a divulgação e comercialização destes frutos nutritivos principalmente em proteínas e minerais (haja vista que a venda destes nas feiras locais ainda é bastante tímida); e a aplicação de suas partes normalmente não consumíveis (como cascas e sementes) em farinhas enriquecidas por exemplo já que as mesmas apresentam quantidades boas de fibras, minerais, compostos bioativos e ácidos graxos benéficos para a saúde humana.