



UNIVERSIDADE DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS

**DÉBORA RAQUEL GOMES CASTRO**

**CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DE COMPOSTOS BIOATIVOS DE EXTRATOS  
DE FRUTOS DE BUXIXUS (*Clidemia hirta* (L.) D. Don e *Clidemia japurensis* DC) E  
UVA-DA-AMAZÔNIA (*Pourouma cecropiifolia* Mart)**

**CHEMICAL CHARACTERIZATION OF BIOACTIVE COMPOUNDS FROM  
BUXIXUS FRUITS EXTRACTS (*Clidemia hirta* (L.) D. Don and *Clidemia japurensis*  
DC) AND AMAZON GRAPE (*Pourouma cecropiifolia* Mart)**

CAMPINAS

2022

DÉBORA RAQUEL GOMES CASTRO

**CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DE COMPOSTOS BIOATIVOS DE EXTRATOS  
DE FRUTOS DE BUXIXUS (*Clidemia hirta* (L.) D. Don e *Clidemia japurensis* DC) E  
UVA-DA-AMAZÔNIA (*Pourouma cecropiifolia* Mart)**

**CHEMICAL CHARACTERIZATION OF BIOACTIVE COMPOUNDS FROM  
BUXIXUS FRUITS EXTRACTS (*Clidemia hirta* (L.) D. Don and *Clidemia japurensis*  
DC) AND AMAZON GRAPE (*Pourouma cecropiifolia* Mart)**

*Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de Mestra em Ciência de Alimentos.*

*Dissertation presented to the Faculty of Food Engineering at the State University of Campinas in partial compliance with the requirements for obtaining the title of Master in Food Science.*

**Orientadora:** Profa. Dra. Glaucia Maria Pastore

ESTE TRABALHO CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA DISSERTAÇÃO DEFENDIDA PELA ALUNA DÉBORA R. G. CASTRO E ORIENTADA PELA PROFA. DRA. GLAUCIA MARIA PASTORE.

CAMPINAS

2022

Ficha catalográfica  
Universidade Estadual de Campinas  
Biblioteca da Faculdade de Engenharia de Alimentos  
Claudia Aparecida Romano - CRB 8/5816

C279c Castro, Débora Raquel Gomes, 1993-  
Caracterização química de compostos bioativos de extratos de de frutos de buxixus (*Clidemia hirta* (L.) D. Don. e *Clidemia japurensis* DC) e uva-da-amazônia (*Pourouma cecropiifolia* Mart) / Débora Raquel Gomes Castro. – Campinas, SP : [s.n.], 2022.

Orientador: Glaucia Maria Pastore.  
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos.

1. *Clidemia hirta*. 2. *Clidemia japurensis*. 3. *Pourouma cecropiifolia*. 4. Compostos bioativos. I. Pastore, Glaucia Maria. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos. III. Título.

Informações Complementares

**Título em outro idioma:** Chemical cgaracterization of bioactive compouns from buxixus fruits extracts (*Clidemia hirta* (L.) D. Don and *Clidemia japurensis* DC) and amazon grape (*Pourouma cecropiifolia* Mart)

**Palavras-chave em inglês:**

*Clidemia hirta*

*Clidemia japurensis*

*Pourouma cecropiifolia*

Bioactive compounds

**Área de concentração:** Ciência de Alimentos

**Titulação:** Mestra em Ciência de Alimentos

**Banca examinadora:**

Glaucia Maria Pastore [Orientador]

Iramaia Angélica Neri Numa

Renan Campos Chisté

**Data de defesa:** 21-11-2022

**Programa de Pós-Graduação:** Ciência de Alimentos

**Identificação e informações acadêmicas do(a) aluno(a)**

- ORCID do autor: <https://orcid.org/0000-0002-0282-2759>

- Currículo Lattes do autor: <http://lattes.cnpq.br/5785979430185030>

COMISSÃO EXAMINADORA

Profa. Dra. Glaucia Maria Pastore  
Faculdade de Engenharia de Alimentos  
UNICAMP

Iramaia Angélica Neri Numa  
Faculdade de Engenharia de Alimentos  
UNICAMP

Renan Campos Chisté  
Instituto de Tecnologia/Faculdade de Engenharia de Alimentos  
UFPA

A Ata da defesa com as respectivas assinaturas dos membros encontra-se no SIGA/Sistema de Fluxo de Dissertação/Tese e na Secretaria do Programa de Pós-Graduação.

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço à Deus por todas as portas que foram abertas, por todo cuidado, pela graça, bondade, sabedoria e inteligência que Ele me deu ao longo dessa jornada.

Agradeço ao meu “tripé”, Roberto meu esposo, Edilene minha mãe e João Gabriel meu filho amado, não tenho palavras suficientes que descrevam o quanto sou grata pela vida de vocês, por todo amor, carinho, apoio e dedicação que me deram e me dão todos os dias. Vocês foram meu abrigo e meu combustível em vários momentos, amo vocês com todo meu coração.

Agradeço imensamente a UNICAMP pela oportunidade de estudar em uma das melhores universidades do Brasil e a minha orientadora Profa. Dra. Glaucia Pastore, pela oportunidade de trabalhar com uma mulher de referência em Alimentos no Brasil e no mundo, deixo aqui registrado o meu muito obrigada.

Agradeço também à minha coorientadora Profa. Dra. Jaqueline Bezerra, por todo conhecimento compartilhado no dia a dia, por todo suporte nas análises experimentais realizadas no IFAM, lugar que se tornou minha segunda casa e onde tive momentos de trabalho, realizações profissionais, mas também onde pude crescer mais, conhecer novas pessoas e fazer novos laços de amizade.

Aos amigos que fiz durante o mestrado Danyelly Amorim, Augusto César e Gisele Marcondes agradeço por todo companheirismo nas aulas, cada trabalho realizado e os momentos engraçados e cheios de alegrias que tivemos mesmo com a distância que a pandemia nos trouxe. Um agradecimento especial a Danyelly pela nossa conexão “nortista” ter me dado sua amizade como refrigerio em vários momentos.

Agradeço aos integrantes do grupo de pesquisa NECTAM, sempre vou lembrar dos momentos de trabalho, engraçados e cheio de comida que tivemos. Com vocês os meus dias eram mais leves, obrigada pela ajuda de todos. Agradeço em especial ao Josias Martins, meu “irmãozinho”, você é uma das pessoas mais raras que eu tive o privilégio de conhecer, e à Zilanir Pereira, você é incrível, obrigada pelas vezes que rimos muito e por todas as trocas que tivemos.

Por fim, agradeço a mim mesma por nunca ter desistido, pela resiliência em momentos difíceis, por nunca ter dado ouvidos às falas negativas, por ter ido em frente todos os dias, por acreditar que posso realizar os meus sonhos mesmo duvidando da minha capacidade em alguns momentos. Agradeço por ter acreditado nos estudos desde criança e agradeço por acreditar que a Pesquisa e a Ciência são o caminho na vida e da minha vida.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

## RESUMO

A busca por alimentos mais saudáveis, com maior valor nutricional e conseqüentemente maiores benefícios à saúde a longo prazo é o que impulsionam os consumidores a adotarem um novo estilo de vida e mudanças de hábitos, principalmente na alimentação. Estudos apontam que alimentos ricos em compostos bioativos têm gerado grande interesse de consumo por terem um elevado teor de compostos antioxidantes, polifenóis, antocianinas etc. Sendo estes, agentes fisiológicos como nos mecanismos de ação, diminuindo o surgimento de doenças crônicas não transmissíveis (como câncer e doenças cardiovasculares), atuando também na estimulação do sistema imune, reduzindo o surgimento de diversas comorbidades. Os frutos amazônicos apresentam um alto teor desses compostos em sua composição nutricional, gerando assim um aumento na procura destes para uma dieta mais saudável que poderiam fazer parte do consumo diário, porém a maioria são poucos conhecidos e explorados economicamente na região. Neste sentido, as plantas alimentícias não convencionais (PANC) representam uma importante alternativa para uma alimentação mais equilibrada e mais saudável além de fornecer compostos bioativos que atuam na prevenção e no tratamento de diversas doenças. Portanto, esta pesquisa teve como objetivo a caracterização química de extratos hidrometanólicos das espécies *Clidemia hirta* e *Clidemia japorensis*, conhecidos popularmente na região amazônica como buxixus, e a *Pourouma cecropiifolia* Mart, a uva-da-amazônia. Foram analisadas a composição centesimal e as propriedades físico-química dos frutos, bem como a avaliação das propriedades antioxidantes e a identificação dos compostos fenólicos e oligossacarídeos presentes nos extratos hidrometanólicos. Os resultados obtidos permitiram concluir a caracterização físico-químicas dos frutos, a caracterização química dos extratos hidrometanólicos dos frutos, bem como, suas propriedades antioxidantes e a identificação de compostos fenólicos, flavonoides, antocianinas, e a presença de açúcares redutores e não redutores. Com este estudo espera-se disseminar informações que aumentem a valorização da biodiversidade de PANC brasileiras para o conhecimento do seu potencial tecnológico assim também, o seu consumo como uma fonte nutricional mais adequada para incrementar o cardápio alimentar diário e para fornecer subsídios a pesquisas futuras que visem a sua aplicação como ingrediente funcional em produtos alimentícios.

Palavras-chave: *Clidemia hirta*, *Clidemia japorensis*, *Pourouma cecropiifolia*, caracterização química, compostos bioativos, PANC.

## ABSTRACT

The search for healthier foods, with greater nutritional value and, consequently, greater long-term health benefits is what drives consumers to adopt a new lifestyle and changes in habits, especially in food. Studies indicate that foods rich in bioactive compounds have generated great interest in consumption because they have a high content of antioxidant compounds, polyphenols, anthocyanins etc. These are physiological agents as well as mechanisms of action, reducing the emergence of non-communicable chronic diseases (such as cancer and cardiovascular diseases), also acting in the stimulation of the immune system, reducing the emergence of several comorbidities. Amazonian fruits have a high content of these compounds in their nutritional composition, thus generating an increase in the demand for these for a healthier diet that could be part of daily consumption, but most are little known and economically exploited in the region. In this sense, unconventional food plants (PANC) represent an important alternative for a more balanced and healthier diet, in addition to providing bioactive compounds that act in the prevention and treatment of various diseases. Therefore, this research aimed at the chemical characterization of hydromethanolic extracts of the species *Clidemia hirta* and *Clidemia japurensis*, popularly known in the Amazon region as buxixus, and *Pourouma cecropiifolia* Mart, the Amazonian grape. The proximate composition and the physicochemical properties of the fruits were analyzed, as well as the evaluation of the antioxidant properties and the identification of the phenolic compounds and oligosaccharides present in the hydromethanolic extracts. The results obtained allowed concluding the physicochemical characterization of the fruits, the chemical characterization of the methanolic extracts of the fruits, as well as their antioxidant properties and the identification of phenolic compounds, flavonoids, anthocyanins, and the presence of reducing and non-reducing sugars. With this study it is expected to disseminate information that increases the appreciation of the biodiversity of Brazilian PANC for the knowledge of its technological potential as well as its consumption as a more adequate nutritional source to increase the daily food menu and to provide subsidies for future research that aimed at its application as a functional ingredient in food products.

Keywords: *Clidemia hirta*, *Clidemia japurensis*, *Pourouma cecropiifolia*, chemical characterization, bioactive compounds, PANC.

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
2 OBJETIVOS.....	12
2.1 Geral.....	12
2.2 Específicos .....	12
3 REVISÃO DE LITERATURA .....	13
3.1 Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANC).....	13
3.2 Buxixus ( <i>Clidemia hirta</i> e <i>Clidemia japurensis</i> ).....	14
3.3 Mapati, a uva-da-amazônia ( <i>Pourouma cecropiifolia Mart</i> ).....	15
4 PRINCIPAIS COMPOSTOS BIOATIVOS DE FRUTOS AMAZÔNICOS .....	17
4.1 Carotenoides .....	17
4.2 Compostos Fenólicos .....	17
4.3 Flavonoides .....	18
4.4 Antocianinas .....	18
4.5 Ácido Ascórbico .....	19
5 MATERIAIS E MÉTODOS.....	21
5.1 Coleta do material botânico .....	21
5.2 Análises físico-químicas e composição centesimal .....	21
5.2.1 Análises de pH, sólidos solúveis e acidez total titulável.....	21
5.2.2 Composição centesimal.....	22
5.3 Análise de cor .....	23
5.4 Obtenção de extratos.....	23
5.5 Avaliação do potencial antioxidante <i>in vitro</i> .....	24
5.5.1 Capacidade antioxidante equivalente a Trolox (TEAC)- captura do radical 2,2-azino-bis(3-etilbezotiazolina)-6-ácido sulfônico (ABTS <sup>+</sup> ) .....	24
5.5.2 DPPH <sup>•</sup> (Atividade sequestradora do radical 2,2-difenil-1-picrilhidrazila) .....	25
5.5.3 ORAC (Oxygen Radical Absorbance Capacity).....	25
5.6 Perfil de compostos bioativos .....	26
5.6.1 Determinação do teor de fenóis totais pelo método de Folin-Ciocalteau .....	26
5.6.2 Determinação de flavonoides totais .....	27
5.6.3 Determinação das antocianinas monoméricas .....	28
5.6.4 Análise cromatográfica de açúcares.....	28
5.6.5 Análise estatística.....	29
5.6.6 Obtenção dos Perfis químicos por RMN .....	29

5.6.7 Análise por UFLC-Q-TOF-MS/MS.....	30
5.6.8 Análise por HPLC-DAD.....	30
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	32
6.1 Análises físico-químicas e obtenção de extratos .....	32
6.2 Capacidade Antioxidante, Compostos Fenólicos e Antocianinas.....	34
6.3 Identificação de mono, di e oligossacarídeos .....	37
6.4 Perfis químicos dos extratos por RMN <sup>1</sup> H.....	38
6.5 Perfis químicos dos extratos por HRMS.....	39
6.6 Perfis químicos por HPLC-DAD .....	42
7 CONCLUSÃO.....	47
REFERÊNCIAS .....	48

## 1 INTRODUÇÃO

As frutas brasileiras têm despertado grande interesse na comunidade científica por serem consideradas boas fontes de compostos bioativos e poderem contribuir para a manutenção da saúde (ARAÚJO; ALVARENGA, 2011). No Brasil, diversas frutas ricas em compostos fenólicos podem ser uma fonte promissora para a descoberta de extratos ricos em compostos bioativos. No entanto, algumas dessas plantas e seu potencial de bioatividade permanecem desconhecidos e, portanto, raramente são incluídas na dieta diária (INFANTE et al., 2016).

A região amazônica é conhecida pela rica biodiversidade de espécies frutíferas contendo grandes quantidades de compostos bioativos. As propriedades antioxidantes das frutas tropicais dependem da concentração de vitaminas C e E, além de carotenoides, flavonoides e outros polifenóis (BATAGLION et al., 2015; UEKANE et al., 2017).

As Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANC) são muitas vezes chamadas de matos, ervas daninhas (inços), ou plantas invasoras. Muitas crescem em áreas de produção agrícola comercial, podendo causar competição com as espécies cultivadas. Muitas possuem potencial alimentício ainda desconhecido pela maior parte da população (KINUPP; BARROS, 2010; KINUPP; LORENZI, 2014).

A *Clidemia hirta* (L.) D. Don e *Clidemia jaturensis* DC. (popularmente conhecidas como buxixus no Brasil) são arbustos da família Melastomataceae com bagas ovais de tamanho de 4-5 mm (KINUPP; LORENZI, 2014). Os frutos maduros da família Melastomataceae são ricos em antocianinas, importantes compostos nutracêuticos. E, ainda, é rica em vitamina A, C, B1, B2, E e K, além de cobre, cromo, manganês, zinco e ferro (CAMARGO, 2008).

Entre os 12 compostos identificados em *Clidemia hirta* e *C. jaturensis* destacam-se a presença de ácidos orgânicos, açúcares, flavanoides e antocianinas (MAR et al., 2020).

O mapati (*Pourouma cecropiifolia* Mart), é também conhecido como cucurã, purumã e uva-da-Amazônia, trata-se de uma árvore pertencente à família Urticaceae (antiga Cecropiaceae) que apresenta frutos de 2 a 4 cm de diâmetro, com polpa suco-mucilaginosa, doce ou acidulada. É cultivada na região amazônica para produção de frutos consumidos in natura (KINUPP; LORENZI, 2014).

A avaliação do conteúdo fenólico de diferentes frutas consumidas no Brasil tem sido objeto de diversos trabalhos nos últimos anos (SILVA et al., 2014). Tais estudos empregam metodologias tradicionais baseadas em abordagens colorimétricas suportadas por medições espectroscópicas (ALOTHMAN; BHAT; KARIM, 2009; LIM; LIM; TEE, 2007).

Caracterização adicional de quais compostos estão possivelmente respondendo para as atividades registradas são alcançadas principalmente usando técnicas de cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) (BYSTROM et al., 2008; MERTZ et al., 2009).

E as técnicas analíticas modernas, como Ressonância Magnética Nuclear (RMN) e Espectrometria de Massa (MS), têm sido empregadas para avaliar perfis químicos qualitativos e quantitativos de amostras complexas (por exemplo, sucos e vinhos). Além disso, essas técnicas têm sido utilizadas para monitorar o processo de fermentação (MARSHALL; POWERS, 2017).

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Geral

O objetivo principal deste trabalho é a caracterização química de extratos hidrometanólicos de buxixu (*Clidemia hirta*, *Clidemia japurensis*) e mapati (*Pourouma cecropiifolia* Mart).

### 2.2 Específicos

Analisar a composição centesimal e as propriedades físico-química dos frutos.

Avaliar as propriedades antioxidantes dos extratos hidrometanólicos.

Identificação e quantificação dos compostos fenólicos e oligossacarídeos presentes nos extratos.

Caracterizar a química de *Clidemia hirta*, *C. japurensis* e *Pourouma cecropiifolia* Mart, por RMN, HRMS e HPLC.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANC)

A diversidade vegetal colabora na diversidade alimentar, sendo fonte de vitaminas, sais minerais, diversos açúcares e fibras, composto fenólicos, nutrientes essenciais para a manutenção da saúde do organismo. Assim, valorizar aquelas espécies vegetais que estão próximas das residências e propriedades, bem ao seu alcance, é uma ótima alternativa alimentar (BIONDO et al., 2018). A definição de alimentação muda de acordo com o conhecimento da população sobre alimentação saudável e seus benefícios. A procura por um estilo de vida saudável tende a levar as pessoas a buscarem diferentes formas de alimentação, levando em consideração a funcionalidade e sustentabilidade. Diante disso, são perceptíveis mudanças profundas nas últimas décadas, levando o indivíduo ao retorno a vida natural (FERREIRA et al., 2012). Neste contexto inclui-se as plantas alimentícias não convencionais (PANC), recursos alimentares não convencionais que, quando presentes na alimentação, contribuem para a autonomia das famílias e garantem soberania e segurança alimentar e nutricional (DE OLIVEIRA; LUDWIG, 2021).

O termo PANC (Planta Alimentícia Não Convencional) foi criado em 2008 pelo Biólogo e Professor Valdely Ferreira Kinupp (KELEN, 2015). As plantas alimentícias não convencionais (PANC) são plantas típicas de determinadas regiões, com crescimento espontâneo, habitualmente cultivadas na agricultura familiar de povos mais tradicionais, para consumo próprio, na maioria das vezes, sem fins comerciais (DA SILVA LIBERATO; DE LIMA; DA SILVA, 2019). Entre as PANC também se encontram as hortaliças e legumes, algum cultivo que é tido como comum em uma região pode não ser em outra, isso significa que o termo PANC pode ser utilizado para o que é tido como não convencional em uma região (KINUPP; LORENZI, 2014).

As PANCs poderiam fazer parte do cardápio de consumo diário. Porém, a falta de conhecimento dos populares leva a caracterização dessas plantas como ervas daninhas, podendo ser facilmente encontradas na natureza, tidas como mato e ignoradas (DA SILVA LIBERATO; DE LIMA; DA SILVA, 2019).

Por isso, o aumento do consumo das PANC pode favorecer a melhora da condição nutricional de indivíduos desfavorecidos economicamente nas áreas urbanas e rurais, em diferentes regiões do Brasil (JESUS et al., 2020). Os agricultores podem utilizar as PANC para aproveitamento de áreas consideradas improdutivas, por terem condições sazonais diferentes,

o que irá aumentar a oferta de alimento durante todo o ano. Essas plantas são mais resistentes às condições ambientais locais, como excesso de chuvas e ondas de calor ou frio (LUCIANA et al., 2017; TERRA; VIERA, 2019).

Estudos apontam o possível desenvolvimento de tecnologias para o consumo de PANC, como uma forma de desenvolvimento sustentável, reduzindo o desperdício de alimentos, aumentando o combate à fome e ampliando a obtenção de produtos funcionais (KINUPP; BARROS, 2010; KINUPP; LORENZI, 2014).

### **3.2 Buxixus (*Clidemia hirta* e *Clidemia japurensis*)**

O atual mercado consumidor tem buscado alimentos que contenham quantidade significativa de compostos antioxidantes. Frutos com alto teor de substâncias bioativas são amplamente encontrados na floresta amazônica, e a maioria deles é pouco estudada.

*Clidemia hirta* e *Clidemia japurensis* são arbustos da família Melastomataceae com bagas ovais de cerca de 4-5 mm e seus frutos de coloração roxa com polpa suculenta adocicada são comestíveis *in natura* (ALARA; ABDURAHMAN; UKAEGBU, 2021)(KINUPP; LORENZI, 2014). As espécies de Melastomataceae possuem uma variedade de compostos bioativos que incluem compostos fenólicos e polifenóis (OCAMPO SERNA; ISAZA MARTÍNEZ, 2015). *C. hirta* forma um arbusto perene densamente ramificado com até 5 m de altura, mas normalmente entre 0,5 e 3 m. Em áreas ventosas, ele é escalonado e tem menos de 1 m de altura. As folhas opostas (até 15 cm de comprimento e 8 cm de largura) têm nervuras proeminentes e são verdes escuras. A maioria das partes das plantas, incluindo caules, folhas e cálice, são peludas. As flores, com 0,5-1 cm de diâmetro, têm pétalas brancas ou rosa e nascem em pedicelos curtos em cimas axilares ou terminais de 6-20 flores. Os frutos (bagas) nascem em cachos e mudam de verde para preto-azulado ou púrpura profundo à medida que amadurecem (COLLEN; WICKENS; DANIELE, 1975; FRANCIS, 2004; MUNE; PARHAM, 1967). Foram confirmadas em *C. hirta* e *C. japurensis* a presença de ácidos orgânicos, açúcares, flavanol, flavan-3-ols e derivados de antocianinas, como o ácido gálico, a quercitrina, delfinidina-3-O-rutinosídeo-5-pentosídeo e cianidina-3-O-rutinosídeo-5-glucosídeo (MAR et al., 2020).



Figura 1. *Clidemia hirta*, fonte: Débora Castro (Arquivo pessoal)



Figura 2. *Clidemia japurensis*, fonte: Débora Castro (Arquivo pessoal)

### 3.3 Mapati, a uva-da-amazônia (*Pourouma cecropiifolia* Mart)

O mapati é a única espécie do gênero *Pourouma* (Moraceae) cultivada em larga escala, em diversos países, para uso dos frutos como alimento.

Trata-se de uma fruteira muito cultivada pelos habitantes da Amazônia Ocidental, nos Estados do Amazonas (Manaus, Benjamim Constante e São Gabriel da Cachoeira) e Acre, nas fronteiras com a Colômbia (Letícia) e o Peru, sendo muito abundante nos arredores de Iquitos. Os frutos podem ser encontrados também no sul da Bahia (Ilhéus, Itabuna, Mucuri) onde são vendidos em feiras livres como uva-da-mata. De rápido crescimento, essa fruteira inicia a produção de frutos com cerca de 3 anos. Em Manaus, é encontrada nas feiras, nos primeiros meses do ano, sob a designação popular de mapati. É também comumente cultivada em aldeias indígenas e são vários os nomes populares empregados para esta espécie: uva-de-monte e uvilla na parte amazônica da Colômbia e Peru; uva-caimaron na área do Putumayo, na Colômbia; caimarón e caimurro, nos planaltos da Colômbia e Venezuela; cucura, imbaúba-mansa,

imbaúba-de-vinho, puruma e mapati, na Amazônia brasileira (BERG; AKKERMANS; VAN HEUSDEN, 1990; FALCÃO; LLERAS, 1980; SCHULTES, 1977).

O extrato dos frutos de *P. cecropiifolia* é rico em antocianinas glicopiranosídeo como delfinidina-3-O- $\beta$ -glicopiranosídeo, cianidina-3-O- $\beta$ -glicopiranosídeo e cianidina-3-O-(6'' - malonil) bem como derivados de quercetina (BARRIOS et al., 2010). A polpa dos frutos apresentou glicose e frutose como açúcares predominantes, pH 4,87 e SST de 10° Brix. Dentre os constituintes voláteis do fruto do mapati, destacam-se salicilato de metila (6,01%) e monoterpenos oxigenados (LOPES et al., 1999). O conteúdo de polifenóis totais foi maior na casca do que na polpa, sendo que na polpa foi encontrado principalmente o ácido 5-O-cafeoilquínico e como flavonol principal, a rutina. O mapati é uma espécie pioneira de crescimento rápido e que mesmo plantada a partir de semente começa a produzir cerca de apenas dois após o plantio a campo (LOPES-LUTZ et al., 2010).



Figura 3. *Pourouma cecropiifolia* (em estágios diferentes de maturação), fonte: Débora Castro (Arquivo pessoal)

## 4 PRINCIPAIS COMPOSTOS BIOATIVOS DE FRUTOS AMAZÔNICOS

### 4.1 Carotenoides

Os carotenoides são pigmentos naturais com características bioativas, encontrados principalmente na forma de uma cadeia principal de hidrocarbonetos C40. Um total de 850 compostos foram descritos como ocorrendo naturalmente até 2018. Os carotenoides costumavam ser categorizados em apenas dois grupos principais com base em suas estruturas químicas, carotenos ou carotenoides de hidrocarbonetos puros (ou seja, licopeno,  $\alpha$ -caroteno e  $\beta$ -caroteno) e xantofilas ou carotenoides oxigenados, como neoxantina, anteraxantina, zeaxantina, luteína e violaxantina (NGAMWONGLUMLERT et al., 2020).

Os carotenoides consistem basicamente em um C40-esqueleto de hidrocarbonetos. Embora mais de 750 formas de carotenoides tenham sido encontradas e isoladas de várias fontes naturais, os compostos foram divididos em apenas dois grupos principais com base em suas estruturas: (a) carotenos ou carotenoides de hidrocarbonetos puros, por exemplo, licopeno,  $\alpha$ -caroteno e  $\beta$ -caroteno e (b) xantofilas ou carotenoides oxigenados, por exemplo, anteraxantina, luteína, neoxantina, violaxantina e zeaxantina (BRAZAITYTĖ et al., 2015; NGAMWONGLUMLERT; DEVAHASTIN; CHIEWCHAN, 2017). Licopeno-caroteno, luteína e zeaxantina são os principais carotenoides que são encontrados principalmente nos alimentos. Em alguns países, os carotenoides extraídos de fontes vegetais também são usados nas indústrias alimentícia, nutracêutica e farmacológica como corantes naturais (NGAMWONGLUMLERT; DEVAHASTIN; CHIEWCHAN, 2017).

Os carotenoides são pigmentos tetraterpênicos naturais com características lipofílicas, compreendendo mais de 750 compostos responsáveis principalmente pela cor laranja, amarela e/ou vermelha das plantas, mas também podem ser bioacumulados em animais e sintetizados por microrganismos e alguns artrópodes como hemípteros (pulgões, adelgids, filosxerídeos) (MAOKA, 2020; RODRIGUEZ-CONCEPCION et al., 2018).

### 4.2 Compostos Fenólicos

Os compostos fenólicos são antioxidantes naturais que compreendem uma classe complexa de mais de 8.000 compostos (DA SILVA; DIAS; KOBLITZ, 2021). O consumo de compostos fenólicos tem sido associado a vários benefícios para a saúde humana, ou seja, melhora do sistema inflamatório, menor risco de desenvolver doenças cardiovasculares,

incluindo doença cardíaca coronária, ataques cardíacos, derrames, hipertensão, diabetes, obesidade e menores riscos de câncer (DURAZZO et al., 2019).

Os compostos fenólicos são metabólitos secundários de plantas produzidos a partir da via do fenil propanoide ou do chiquimato (SIM et al., 2019). São compostos constituídos por um único ou mais anéis aromáticos acoplados a um ou mais grupos hidroxila, conforme apresentado em (ALARA; ABDURAHMAN; UKAEGBU, 2021).

### 4.3 Flavonoides

O flavonoide vegetal é uma das subclasses de fenólicos na regulação das funções fisiológicas das plantas. Os flavonoides compreendem um grande grupo de polifenóis caracterizados por uma estrutura benzo-y-pirona, e são amplamente encontrados em vegetais e frutas. Por exemplo, os flavonoides são comumente encontrados em frutas como bagas, repolho roxo, chá, chocolate amargo e outros. Os flavonoides vegetais são os principais responsáveis pela cor, sabor, prevenção da oxidação da gordura, proteção enzimática e propriedades fisiológicas antiestresse (KOPUSTINSKIENE et al., 2020). A propriedade química dos flavonoides depende em grande parte de suas estruturas e do grau de polimerização. A distribuição de flavonoides nas plantas depende de vários fatores, incluindo variação e grau de exposição à luz. Existem mais de 5.000 flavonoides identificados até o momento (BAKOYIANNIS et al., 2019). Os flavonoides são encontrados em abundância nas plantas e categorizados como fitocompostos de baixo peso molecular (RENGARAJAN; MELANATHURU; GOVINDASAMY, 2020). Os flavonoides também são os principais fitoquímicos consumidos como suplemento para a saúde humana (ALARA; ABDURAHMAN; UKAEGBU, 2021). Os flavonoides são frequentemente relatados em estudos *in vivo* e *in vitro* por exibirem atividades de promoção à saúde. Atividades como antioxidantes (DONG et al., 2021; NURCHOLIS; NUR; HUSNAWATI, 2021), anti-inflamatório (SILVA et al., 2021) e atividades antimicrobianas (OTHMAN et al., 2021).

### 4.4 Antocianinas

As antocianinas, de origem grega *anthos*, uma flor e *kyanos*, azul escuro, é um conhecido grupo de corantes vegetais, sendo o mais importante após a clorofila (BRIDLE; TIMBERLAKE, 1997). As antocianinas são consideradas o maior grupo de pigmentos solúveis em água do reino vegetal (TEXEIRA; STRINGHETA; OLIVEIRA, 2008).

As antocianinas são pigmentos instáveis, por tratar-se de um cátion *flavinium* muito reativo, com maior estabilidade em condições ácidas e capazes de se complexarem com íons metálicos. Dessa forma, as antocianinas conseguem se aderir a macromoléculas, como as proteínas e os polissacarídeos, e atuar como antioxidante (ARCE SAAVEDRA et al., 2016; FENNEMA; DAMODARAN; PARKIN, 2010)

As antocianinas são polifenóis que fazem parte do grupo dos flavonoides, constituídas por duas ou três frações: uma aglicona (antocianidina), uma parte glicosídica e, com certa frequência, um ácido orgânico. Antocianidinas livres são raramente encontradas nos vegetais, estando comumente glicosilada, o que estabiliza a molécula, o açúcar pode estar ligado em diferentes posições da molécula (EREDIA; ORALES; SORIO, 2010).

Outra característica química importante das antocianinas é a sensibilidade ao pH do meio, que afeta a cor e a estabilidade das antocianinas (FAVARO, 2008). Em meio ácido, as antocianinas apresentam coloração vermelho intenso, que diminui com o aumento do pH. Em pH neutro apresenta-se incolor, devido a estrutura carbinol. Em meio alcalino, a coloração varia de violeta (pH 6,5-8) a azul (pH 9-12), porém são estruturas com menor estabilidade. Em meios fortemente alcalinos (pH 13-14), as antocianinas assumem a coloração amarela, resultante da ruptura do anel heterocíclico e formação das chalconas, sendo um processo irreversível (TERCI; ROSSI, 2002).

#### **4.5 Ácido Ascórbico**

A vitamina C é uma substância com alta atividade antioxidante que induz a inativação de radicais livres e outras espécies reativas de oxigênio e nitrogênio que causam danos oxidativos a moléculas como lipídios e DNA (SILVEIRA, 2019).

A vitamina C é um dos compostos mais importantes presentes nos alimentos. Ambos, o ácido ascórbico (L-AA) que são antioxidantes solúveis em água e seu produto de oxidação, o ácido desidroascórbico (DHAA), possuem atividade de vitamina C (EITENMILLER; YE; LANDEN JR, 2008; JOHNSTON; STEINBERG; RUCKER, 2007). Como nutriente, a vitamina C promove o desenvolvimento e manutenção do organismo, atuando na produção de colágeno, cicatrização de feridas, absorção de ferro, redução da suscetibilidade a infecções. As principais fontes de vitamina C são frutas e vegetais (CUNHA et al., 2014).

Além disso, participa de muitas funções bioquímicas, como a absorção de ferro, a síntese de colágeno e hormônios (DA FONSECA ANTUNES et al., 2017). Concebe-se que o ácido ascórbico possui um papel significativo no sistema imunológico e na dieta na prevenção de doenças degenerativas comuns, incluindo câncer, doenças cardiovasculares, catarata

(CARVALHO et al., 2015), arteriosclerose e a aparência do envelhecimento (DA FONSECA ANTUNES et al., 2017). O corpo humano não pode sintetizar o ácido ascórbico, portanto, faz-se necessário obtê-lo a partir de alimentos que o possuem (HANAMURA; UCHIDA; AOKI, 2008; MARIANO-NASSER et al., 2017). Por ser encontrado em frutas apresenta melhor absorção pelo organismo em relação ao comparado com sua forma sintética (DE ASSIS; FORATO; BRITTO, 2008).

## **5 MATERIAIS E MÉTODOS**

### **5.1 Coleta do material botânico**

As amostras de buxixus e de mapati foram adquiridas no Sítio PANC localizado em: Estrada do Brasileirinho, nº 4960, km 6, bairro: Distrito Industrial II, CEP- 69075848, no município de Manaus-Am.

Identificação dos frutos no SISGEN: *Pourouma cecropiifolia* - EAFM 5967, *Clidemia hirta* – EAFM 6557, *Clidemia japurensis* – EAFM 235.

### **5.2 Análises físico-químicas e composição centesimal**

#### **5.2.1 Análises de pH, sólidos solúveis e acidez total titulável**

##### **pH**

Foram pesados cerca de 3 g da amostra em um béquer e diluídos com auxílio de 100 mL de água. O conteúdo foi agitado até as partículas ficarem uniformemente suspensas. O pH foi determinado com um aparelho previamente calibrado e operado conforme as instruções do manual do fabricante (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

##### **Sólidos solúveis**

Os sólidos solúveis foram determinados por um refratômetro digital utilizando 5 gotas do sumo dos frutos. Essa análise foi realizada em triplicata e seu resultado expresso em °Brix (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

##### **Acidez titulável**

Cerca de 3 g da amostra foram pesadas e diluídas em frasco Erlenmeyer com 100 mL de água, em seguida foram adicionadas 3 gotas de solução de fenolftaleína. A solução foi titulada com hidróxido de sódio 0,1 M sob agitação constante, até atingir coloração rósea persistente por 30 segundos (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

$$\text{acidez em mL de solução M por cento} = \frac{V \cdot f \cdot M \cdot 100}{P}$$

V = n° de mL da solução de hidróxido de sódio gasto na titulação; f = fator de correção da solução de hidróxido de sódio; P = massa da amostra em g ou volume pipetado em mL; M = molaridade da solução de hidróxido de sódio.

### **5.2.2 Composição centesimal**

#### **Umidade**

Pesou-se cerca de 2 g da amostra fresca em cápsula de porcelana, previamente tarada. Aqueceu-se em estufa a 105°C por 3 horas. Resfriou-se em dessecador até a temperatura ambiente. Pesou-se e repetiu-se a operação de aquecimento e resfriamento até obtenção de peso constante (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

#### **Cinzas por incineração**

Pesou-se 5 g da amostra em uma cápsula, previamente aquecida em mufla a 550°C, resfriada em dessecador até a temperatura ambiente e pesada. Adicionou-se a amostra na mufla a 550°C para incineração até obtenção de cinzas. Resfriou-se em dessecador até a temperatura ambiente e foi pesada. Repetiu-se as operações de aquecimento e resfriamento até peso constante (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

#### **Proteínas (Método de Kjeldahl clássico)**

Foram pesados cerca de 0,2 g da amostra em vidro de relógio. A amostra foi transferida para o balão de Kjeldahl e adicionados 5 mL de ácido sulfúrico e cerca de 1,2 g de mistura catalítica. A solução foi digerida na capela, após a solução se tornar azul-esverdeada e livre de material não digerido aqueceu-se por mais uma hora e em seguida esfriou-se. O material foi transferido quantitativamente para um frasco de destilação. Foram adicionadas 2 gotas de fenolftaleína e 0,2 g de zinco em pó. O frasco foi ligado imediatamente ao sistema destilador de nitrogênio. A extremidade afilada do condensador foi mergulhada em 5 mL de ácido sulfúrico 0,05 M, contido em frasco Erlenmeyer com 1 gota de vermelho de metila. Foram

adicionados ao frasco que contém a amostra digerida 5 mL de solução de hidróxido de sódio a 30%. A destilação prosseguiu até obtenção de 50 mL do destilado. O excesso de ácido sulfúrico 0,05 M foi titulado com solução de hidróxido de sódio 0,1 M (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

### **Lipídeos**

Pesou-se 2 g da amostra em papel de filtro que posteriormente foi amarrado com fio de lã desengordurado. Transferiu-se o papel de filtro amarrado para o aparelho extrator tipo Soxhlet, acoplado ao balão de fundo chato previamente tarado a 105°C. Adicionado hexano em quantidade suficiente para um Soxhlet. O sistema foi mantido sob aquecimento em chapa elétrica à extração contínua por 8 h (quatro a cinco gotas por segundo). Após este tempo, o papel de filtro amarrado foi retirado e o hexano destilado. Transferiu-se o balão com o resíduo extraído para uma estufa a 105°C, e mantido por cerca de uma hora. Em seguida foi resfriado em dessecador até a temperatura ambiente. Realizou-se a pesagem. As operações de aquecimento por 30 minutos na estufa e resfriamento foram repetidas até peso constante (no máximo 2 h) (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

### **Carboidratos**

Os carboidratos totais foram determinados por diferença: Carboidratos = 100 – (% Umidade + % Cinzas + % Proteínas + % Lipídeos).

As análises foram realizadas em triplicata.

### **5.3 Análise de cor**

A análise de cor foi realizada pela leitura direta das coordenadas L\*, a\* e b\* através da utilização do espectrofotômetro DeltaVista (DeltaColor) usando a escala CIELAB (CASTRO et al., 2020). As análises foram realizadas em triplicata.

### **5.4 Obtenção de extratos**

Os extratos foram obtidos de acordo com o método descrito por Arruda et al. (2018) com modificações.



A amostra foi preparada em etanol na concentração de 50 mg/mL e homogeneizada em agitador de tubos por 30 segundos, seguido de ultrassonicação a 10°C durante 10 minutos. Posteriormente, foram diluídas em diferentes concentrações até chegar na concentração de 60%. A leitura da absorbância ocorreu com a mistura de reação (300µL) contendo 50µL de amostra e 250µL de solução ABTS<sup>•+</sup> em microplaca, contra o branco 734nm em leitor de microplacas, sem adição de amostra.

### **5.5.2 DPPH<sup>•</sup> (Atividade sequestradora do radical 2,2-difenil-1-picrilhidrazila)**

Uma solução de DPPH<sup>•</sup> (0,004% m/v), com intervalo de absorbância entre 0,8 e 1,2 a 517 nm, foi preparada e estocada em frasco âmbar até o momento do ensaio.

A amostra foi preparada em etanol na concentração de 50 mg/mL, homogeneizada em agitador de tubos por 30 segundos, seguido de ultrassonificação a 10°C durante 30 minutos. Posteriormente, são diluídas em diferentes concentrações até chegar na concentração de 60%. A leitura da absorbância ocorreu com a mistura de reação (300µL) contendo 50µL de amostra e 250µL de solução DPPH<sup>•</sup>, contra o branco 734nm em leitor de microplacas, sem adição de amostra.

O etanol foi utilizado para zerar o equipamento. A capacidade de sequestrar radicais livres é calculada com base no decréscimo da absorbância observada. A leitura da absorbância foi feita a 517nm. Tanto a amostra quanto a curva do padrão são incubadas durante 30 minutos ao abrigo da luz e à temperatura ambiente. O padrão utilizado é o Trolox.

### **5.5.3 ORAC (Oxygen Radical Absorbance Capacity)**

O método ORAC verifica a capacidade sequestradora das frações hidrofílica e lipofílica proporcional de um antioxidante frente à formação de uma radical peroxila induzido pelo AAPH (2,2'-azobis(2'-amidinopropano) dihidroclorato) a 37°C, onde o radical peroxila reage com a fluoresceína formando um produto não fluorescente (DÁVALOS; GÓMEZ-CORDOVÉS; BARTOLOMÉ, 2004; PRIOR et al., 2003).

A amostra antioxidante reage rapidamente com os radicais, doando átomos de hidrogênio e inibindo a perda da intensidade da fluorescência, sendo, portanto, um método competitivo. A fluoresceína demonstra uma excelente fotoestabilidade, além de não interagir com os antioxidantes (Figura 5) (DÁVALOS; GÓMEZ-CORDOVÉS; BARTOLOMÉ, 2004; PRIOR et al., 2003; WU et al., 2004).

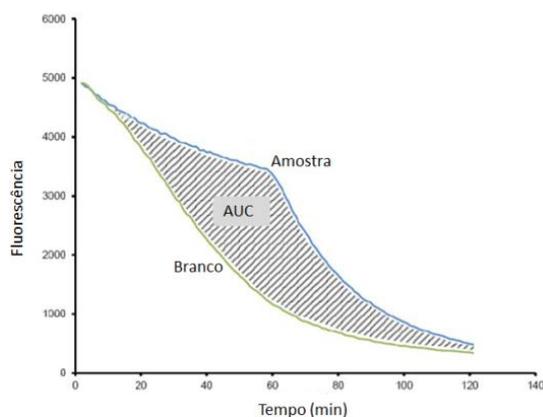


Figura 5. Ilustração da determinação da capacidade antioxidante expressa como área de decaimento sob a curva (AUC). Fonte: <http://blog.biotek.com>

As reações contendo antioxidantes (padrão ou amostra) e branco devem obrigatoriamente acontecer de forma simultânea, usando a mesma concentração do agente oxidante AAPH e da fluoresceína (Figura 7).

As reações ocorrem em microplacas de poliestireno, específicas para reações de fluorescência, contendo 96 compartimentos. Para cada leitura foi preparada uma curva padrão de Trolox. As leituras foram feitas em fluorímetro.

O padrão Trolox 800  $\mu\text{M}$  foi diluído em tampão fosfato de potássio 75 mM, pH 7,4 em diferentes concentrações, para a construção da curva padrão do ensaio, já a solução de fluoresceína foi preparada em tampão fosfato de potássio 75 mM, pH 7,4, na concentração de 0,00378 mg/mL e mantido ao abrigo da luz até o momento de uso. O AAPH [2,2'-azobis(2'-metilpropionamidine) dihidroclorato] foi dissolvido em tampão fosfato de potássio 75 mM, pH 7,4, momentos antes do início da leitura da microplaca.

O sistema de reação em cada poço da microplaca conteve: 20  $\mu\text{L}$  de amostra, 120  $\mu\text{L}$  de solução de fluoresceína e 60  $\mu\text{L}$  de AAPH a uma temperatura constante de 37°C, durante 80 minutos. O branco da reação é preparado conforme descrito acima.

Todas as análises foram realizadas em triplicata.

## 5.6 Perfil de compostos bioativos

### 5.6.1 Determinação do teor de fenóis totais pelo método de Folin-Ciocalteu

A determinação dos compostos fenólicos totais pelo método de Folin-Ciocalteu é bem aceita, simples e reprodutiva. Apesar de não ser um ensaio de avaliação de atividade

antioxidante, é um preditivo da quantidade de compostos que podem apresentar ação antioxidante. No entanto, como ele não é específico para compostos fenólicos, existe a possibilidade de ser reduzido por outros compostos não-fenólicos, como açúcares redutores e o ácido ascórbico, superestimando os resultados (MAGALHÃES et al., 2008).

O método baseia-se na transferência de elétrons, em meio alcalino, dos compostos fenólicos para complexos fosfotúngsticos/fosfomolibdênicos, formando complexos azuis que podem ser facilmente identificados por espectrofotometria numa faixa de 750 à 765nm (Figura 7) (AINSWORTH; GILLESPIE, 2007; MAGALHÃES et al., 2008).

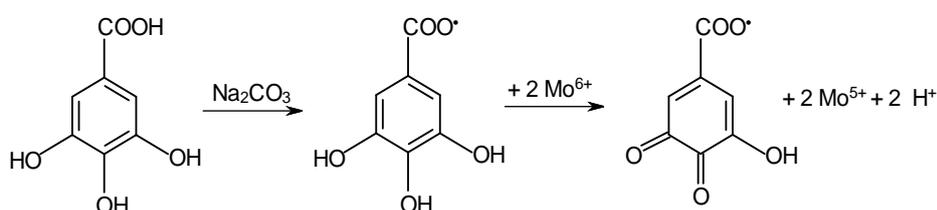


Figura 6. Reação do ácido gálico com o reagente de Folin-Ciocalteau.

Foram adicionados 30 $\mu$ L da solução etanólica dos extratos (dissolvida em etanol P.A., concentração 50 mg sólidos/mL) mais 150mL de solução aquosa do reagente de Folin-Ciocalteau a 10% e 120 mL de carbonato de sódio a 7,5% na microplaca. Então a mistura é incubada durante 6 minutos em banho-maria a 45°C para desenvolvimento de cor.

As leituras de absorvância são realizadas em espectrofotômetro ou leitora de microplacas a 760 nm, utilizando-se o branco da amostra como referência. A quantificação de fenóis totais da amostra é realizada por meio de uma curva padrão preparada com ácido gálico e expressa como equivalentes de ácido gálico (EAG).

### 5.6.2 Determinação de flavonoides totais

O teor de flavonoides totais é determinado de acordo com o método proposto por Zhishen et al. (1999), através de reações das amostras com NaNO<sub>2</sub>, AlCl<sub>3</sub> e NaOH, seguidas de leitura de absorvância em leitora de microplacas a 510 nm.

Em uma microplaca foram adicionados 30 $\mu$ L da amostra diluída em etanol P.A., 8 $\mu$ L de NaNO<sub>2</sub> após 5 minutos foram adicionados mais 8 $\mu$ L de AlCl<sub>3</sub> após 6 minutos foram adicionados mais 50 $\mu$ L NaOH e por último 70  $\mu$ L de água destilada.

A quantificação de flavonoides totais da amostra é realizada por meio de curva padrão preparada com catequina e expressa como equivalentes de catequina. O resultado final é expresso em mg de equivalente de catequina por 100 g de amostra.

### 5.6.3 Determinação das antocianinas monoméricas

A quantificação das antocianinas monoméricas é realizada de acordo com o método proposto por Giusti e Wrolstad (2001).

Inicialmente, foi determinado o fator de diluição adequado, através da diluição da amostra em tampão cloreto de potássio (pH 1,0) de forma a se obter absorvância próxima de 0,8 a 520 nm. Em seguida, foram preparadas duas diluições de cada extrato a ser analisado, uma em tampão cloreto de potássio (pH 1,0) e outra em tampão acetato de sódio (pH 4,5). Após incubação de 15 minutos ao abrigo da luz, realizaram-se as leituras em espectrofotômetro a 520 e 700 nm. Para a quantificação utiliza-se a equação 1. Os resultados são expressos em mg de equivalente de cianidina 3-glicosídeo/g de extrato (GIUSTI; WROLSTAD, 2001).

$$AM (mg/L) = \frac{[(A_{520} - A_{700})_{pH1} - (A_{520} - A_{700})] \times PM \times FD \times 10^3}{\epsilon \times l}$$

Equação 1.

Onde:

A<sub>520</sub> e A<sub>700</sub> = absorvâncias a 520 e 700 nm, respectivamente,

PM = peso molecular = 449,2 g/mol (cianidina 3-glicosídeo),

FD = fator de diluição,

$\epsilon$  = coeficiente de absorvidade molar de 26,900 L/mol.cm (Jurd & Asen, 1966),

l = caminho ótico em cm.

Cálculo do fator de diluição: Dividir o volume final da amostra pelo volume inicial.

Todas as análises foram realizadas em triplicata.

### 5.6.4 Análise cromatográfica de açúcares

Polpas de frutas frescas foram misturadas com água ultrapura (1:20, p/v) com o auxílio de um misturador de alta velocidade (IKA T 25 digital ULTRA-TURRAX®, Staufen, Alemanha) a 15000rpm por 30s em temperatura ambiente. Em seguida, as amostras foram extraídas por 10min à temperatura ambiente em banho de ultrassom (UNIQUE, modelo UCS-2850, 25kHz, 120W, Brasil). Após a centrifugação (4000g, 25 min, 5°C), os sobrenadantes

foram filtrados através de unidades de membranas de filtro de 0,22  $\mu\text{m}$ . A análise dos açúcares e oligossacarídeos foi realizada por Cromatografia de Troca Aniônica de Alta Eficiência acoplada ao sistema de Detecção Amperométrica Pulsada (HPAEC-PAD) modelo DIONEX ICS-5000 (Thermo Fisher Scientific, Waltham, EUA) conforme Pereira et al. (2018) com algumas modificações. A quantificação de açúcares (xilitol, manitol, sorbitol, arabinose, ramnose, glicose, frutose e sacarose) foi separada em uma coluna CarboPac PA1 (250  $\times$  4 mm i.d., tamanho de partícula de 10  $\mu\text{m}$ , Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, EUA) usando uma fase móvel isocrática (0,12 mol/L NaOH). Os frutooligossacarídeos (GF2, GF3 e GF4) e maltooligossacarídeos (G2, G3, G4, G5, G6 e G7) foram separados em uma coluna CarboPac PA100 (250  $\times$  4 mm i.d., tamanho de partícula de 8,5  $\mu\text{m}$ , Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, EUA) utilizando três fases móveis: NaOH 0,2 mol/L (eluente A), água ultrapura (eluente B) e acetato de sódio 0,5 mol/L contendo NaOH 0,2 mol/L (eluente C). O gradiente de eluição foi realizado da seguinte forma: 0-2 min, 47% A, 50% B e 3% C; 2-18 min, 47-10% A, 50% B e 3-40% C; 18-23 min, 100% C; 23-28 min, 47% A, 50% B e 3% C. Em ambas as análises, a taxa de fluxo foi de 1,0 mL/min, a temperatura da coluna foi mantida a 30°C e o volume de injeção foi de 25  $\mu\text{L}$ . Açúcares e oligossacarídeos foram identificados nas amostras comparando os tempos de retenção dos padrões e das amostras. As curvas de calibração foram construídas com padrões comerciais (0,25–12,50  $\mu\text{g/mL}$ ) para quantificar os açúcares e oligossacarídeos nas amostras. O teor de compostos individuais foi expresso em mg/g de polpa fresca (PEREIRA et al., 2018).

### 5.6.5 Análise estatística

Os dados foram submetidos à ANOVA one-way seguida do teste HSD de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Todas as determinações foram realizadas em triplicata, e os valores foram relatados como média  $\pm$  desvio padrão. Todas as análises estatísticas foram realizadas no software Minitab versão 18.0 (Minitab Inc.®, State College, PA, EUA).

### 5.6.6 Obtenção dos Perfis químicos por RMN

Os perfis químicos das matrizes vegetais e dos produtos foram obtidos com o auxílio das técnicas de RMN 1D ( $^1\text{H}$ ) 2D (HSQC e HMBC) registrados em espectrômetro de 500 MHz. As amostras foram solubilizadas com solventes deuterados ( $\text{CD}_3\text{OD}$  ou  $\text{D}_2\text{O}$ ) e analisadas por RMN.

### 5.6.7 Análise por UFLC-Q-TOF-MS/MS

As bagas liofilizadas (2 mg) foram submetidas a extração ultrassônica usando acetonitrila/ água (1:2, v/v) por 5 min. O sobrenadante foi filtrado por membrana e submetido ao UFLC-Q-TOF-MS/MS para análise. O sistema LC-MS/MS consistiu em um UFLC (Shimadzu®) acoplado a um espectrômetro de massa MicroTOF-QII (Bruker Daltonik GmbH®). Um equipamento UFLC foi utilizado como sistema de separação, que foi constituído por uma bomba binária (LC-20AD), injetor automático (SIL-20A HT), forno para coluna (CTO-20AC) e detector DAD (SPD-M20A). Uma Coluna analítica Kinetex C18 (100 mm × 2,1 mm, partícula de 2,6 µm, 30°C). Água (eluente A) e acetonitrila (eluente B) foram usados como fases móveis, ambas contendo 0,1% de ácido fórmico. O gradiente programado consistiu em 2 min (em 3% do eluente B), aumentado linearmente para 100% em 28 min e mantida por 3 min. Em seguida, a coluna foi recondicionada por 3 min. O volume de injeção e a taxa de fluxo foram de 6 µL e 0,2 mL min<sup>-1</sup>, respectivamente. O sistema MS/MS consistia em um ESI fonte de ionização (nos modos positivo e negativo) operando sobre uma faixa de massa de 100-1000 m/z. Os seguintes parâmetros de aquisição foram empregados: nebulizador a 4,0 bar, calor seco de 200°C, tensão de 2,6 kV para ESI<sup>-</sup> e 4,5 kV para ESI<sup>+</sup>, e vazão de gás de 9,0 L min<sup>-1</sup>. Os dados foram adquiridos no modo AUTOMSMS e 4 precursores por ciclo foram selecionados usando um ciclo total de 3,0 s. Sódio formiato (10 mM) foi usado para calibração interna. Os programas OTOF Control 3.4 e Data Analysis 4.1 foram empregados para adquirir análises e processamento, respectivamente (MAR et al., 2020).

### 5.6.8 Análise por HPLC-DAD

Os padrões para as quantificações: ácido gálico (≥99%), ácido protocatecuico (97%), ácido cafeico (≥98%), cianidina-3-*O*-glicosídeo (≥98%), cloreto de cianidina (≥90%), vitexina (95%), quercitrina (≥95%), miricetina (96%), quercetina (≥95%), também foram adquiridos da Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, EUA). Ácido fosforico (AF) e metanol grau HPLC foram obtidos da Tedia e Chromasolv (Fairfield, OH, EUA) e a água foi purificada usando um sistema de gradiente Milli-Q (Millipore, Milford, MA, EUA).

Um aparelho de HPLC Shimadzu (Kyoto, Japão) conectado em série a um detector DAD (SPD-M20A) foi usado para identificar e quantificar os compostos fenólicos. Foi realizado um gradiente exploratório dos extratos, em seguida, foi desenvolvido um método em gradiente para separação dos analitos. Após obtenção do melhor gradiente para separação dos

picos presentes nas amostras, o mesmo método foi utilizado para a análise dos padrões analíticos. Os picos observados nas amostras foram comparados com os picos dos padrões analíticos de acordo com os tempos de retenção e com o perfil das bandas de absorção de cada analito observados no UV-vis.

Uma curva de calibração foi preparada utilizando padrões para quantificação das substâncias fenólicas simples e dos polifenóis como flavonoides. As soluções padrão foram preparadas nas seguintes concentrações: 0.0156, 0.0312, 0.0625, 0.125, 0.25 e 0.5, mg/mL. Todas as soluções de calibração e amostras foram analisadas em triplicado. O limite de detecção (LD) e o limite de quantificação (LQ) foram calculados de acordo com as equações  $LD = 3S/b$  e  $LQ = 10S/b$ , onde 's' significa Desvio Padrão do nível de menor concentração, e 'b' é a inclinação da curva de calibração ( $y=ax + b$ ,  $0,91 < R < 0,99$ ) conforme Ramos et al. (2015).

A exatidão e a precisão foram determinadas utilizando-se o método de adição de padrão: uma solução controle foi preparada com um padrão analítico presente na amostra, em uma concentração de 50 ng/mL. Outra amostra controle foi preparada com a amostra real em uma concentração determinada fortificada com a adição de padrão analítico, também em uma concentração conhecida. A terceira solução continha apenas o extrato. As concentrações dos analitos nas amostras fortificadas e não-fortificadas foram comparadas a partir do cálculo de diferença de área dos picos (área do pico na amostra fortificada-área do pico na amostra real não fortificada deve ser igual a área do pico do padrão). O parâmetro que avalia a proximidade entre várias medidas efetuadas na mesma amostra é a precisão do processo analítico. Usualmente, é expressa como o desvio-padrão, variância ou coeficiente de variação (CV) de diversas medidas. O CV é dado pela seguinte equação:  $CV\% = (s/M) \times 100$ ; Na qual: s = desvio-padrão das recuperações e M = média das recuperações.

As concentrações foram expressas em  $\mu\text{g}$  por g de massa de frutas frescas ( $\mu\text{g/g}$  f.f.) (RAMOS et al., 2015).

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1 Análises físico-químicas e obtenção de extratos

As polpas foram analisadas quanto a propriedades físicas e composição centesimal, conforme apresentado na Tabela 1. D<sup>3</sup>

Os valores de pH, °Brix e Acidez titulável como importantes indicadores da qualidade sensorial das bagas de *Clidemia japurensis* (CJ) e *Clidemia hirta* (CH), são mostrados na Tabela 1. O valor em °Brix que reflete o teor de sólidos solúveis totais nos frutos, foi de 6,50% para CJ e 6,33% para CH. A acidez titulável apresentou 0,03% e 0,02% para CH e CJ respectivamente. Já os valores médios de pH foram de 4,83–5,13, com a maior acidez observada para a CJ. Caracterizando-se frutos adocicados, com baixo teor de acidez e uma quantidade elevada de sólidos solúveis. Resultados semelhantes foram observados em mirtilos da espécie *Lycium barbarum* L. e *L. ruthenicum*, onde foram identificados alto teor de açúcar em sua composição (ILIC<sup>1</sup> et al., 2020).

**Tabela 1.** Análise das propriedades físico-químicas e químicas dos frutos de buxixus (CH e CJ) e das polpas de mapati verde e maduro (MM e MV) e o rendimento dos extratos hidrometanólicos.

Parâmetros	CH	CJ	MV	MM
<b>pH</b>	4,83 ± 0,37	5,13 ± 0,11	3,50 ± 0,32	4,1 ± 0,10
<b>°Brix</b>	6,50 ± 0,17	6,33 ± 0,05	5,53 ± 0,15	7,67 ± 0,15
<b>AT (% Ácido cítrico)</b>	0,03 ± 0,01	0,02 ± 0,00	0,16 ± 0,01	0,13 ± 0,00
<b>Umidade (%)</b>	86,1 ± 0,5	85,9 ± 1,3	92,0 ± 0,2	90,4 ± 0,0
<b>Cinzas (%)</b>	0,02 ± 0,00	0,02 ± 0,00	0,03 ± 0,00	0,02 ± 0,00
<b>Lipídios (%)</b>	0,10 ± 0,02	0,21 ± 0,01	0,18 ± 0,01	0,19 ± 0,02
<b>Proteínas (%)</b>	ND	1,35 ± 0,04	1,03 ± 0,06	4,60 ± 0,57
<b>Carboidratos (%)</b>	17,37	9,27	6,66	4,74
<b>L*</b>	8,47 ± 0,07	7,75 ± 0,22	31,18 ± 0,38	28,30 ± 0,26
<b>a*</b>	2,21 ± 0,10	0,55 ± 0,02	15,01 ± 0,03	14,78 ± 0,23

<b>b*</b>	2,73 ± 0,07	-0,76 ± 0,01	26,12 ± 0,54	-0,75 ± 0,02
<b>Rendimento do extrato (%)</b>	29,5 ± 0,1	29,1 ± 1,4	4,9 ± 0,1	7,8 ± 0,1

---

Para o teor de umidade CJ e CH apresentaram 86,1% e 85,9% (Tabela 1) respectivamente, demonstrando que são compostas principalmente por água, mesmo comportamento observado em outros mirtilos pertencentes ao mesmo gênero, como *Clidemia rubra*, *Clidemia capitellata* e *Clidemia pustulata*, onde o teor de umidade variou de 82-88% (RODRIGUES et al., 2022).

Em relação ao teor de cinzas, as polpas dos frutos de CJ e CH obtiveram um percentual de 0,02% (Tabela 1), resultado que demonstra que as bagas possuem baixa quantidade de minerais em sua composição. Quando comparadas com bagas do mesmo gênero *Clidemia's* apresentam valores semelhantes (RODRIGUES et al., 2022).

As polpas de CH e CJ obtiveram um baixo teor de lipídios com apenas 0,10% e 0,21% respectivamente (Tabela 1). Se comparados com bagas da mesma espécie demonstram valores ainda menores do que encontrados para *C. rubra*, *C. capitellata* e *C. pustulata* (RODRIGUES et al., 2022) e valores semelhantes observados para outras bagas como *Lycium barbarum* L. e *L. ruthenicum* que também apresentam baixo teor lipídico (ILIC' et al., 2020). Assim, o baixo teor de lipídios encontrado nessas espécies, aponta que os mirtilos amazônicos podem ter concentrações elevadas de fibra alimentar em sua composição, o que deve ser investigado futuramente.

A polpa de CH não apresentou teor detectável de proteínas, já CJ apresentou apenas 1,35% (Tabela 1), caracterizando-se frutos de baixo valor proteico, o que é esperado em frutos pequenos (bagas) (HIRSCH et al., 2012), resultados semelhantes encontrados em bagas de *Clidemia hirta*, *C. rubra*, *C. capitellata*, *C. japuresnsis*, e *C. pustulata* (RODRIGUES et al., 2022) e em outros mirtilos como framboesa, amora e groselha (YOUSEFI; SHADNOUSH, 2020).

O teor de carboidratos para CH foi de 17,3% e para CJ foi de 9,2% (Tabela 1), sendo estes os macronutrientes mais encontrados em bagas. Os valores encontrados quando comparados aos de amoras-pretas do tipo BRS Xingu cultivadas com exposição a umidades diferentes, revelam que os frutos que receberam um período de insolação maior, aumentaram a quantidade de carboidratos devido à maior taxa de insolação e os frutos com maior teor de umidade apresentaram menores quantidades de carboidratos (MORAES et al., 2020).

Já os frutos de mapati verde (MV) e mapati maduro (MM) trazem informações relevantes (Tabela 1), já que o gênero não fora estudado nos últimos 5 anos para as análises aqui realizadas. O pH dos frutos variou de 3,51-4,1 entre os estágios de maturação. Com um total de sólidos solúveis de 5,53% e 7,67% e uma acidez titulável de 0,16% e 0,13% para MV e MM respectivamente, indicando frutos com baixa acidez e adocicados. Para umidade os teores chegam a 90% para MM e 92% para MV. O conteúdo de cinzas para MV foi de apenas 0,03% e para MM de 0,02%. O fruto também demonstrou ser baixo em teor de proteínas e lipídios, com apenas um valor relevante para MM que possui 4,6% de proteínas em sua composição. O conteúdo de carboidratos totais variou de 4,76-6,66%, é possível notar que o fruto no estágio verde contém um nível maior de carboidratos do que no estágio maduro. Comportamento semelhante identificado em análises realizadas na polpa do mapati, apresentaram 10°Brix e pH 4,87, com umidade de 90%, também é possível evidenciar a predominância da fração de carboidratos nas amostras. Assim como, observam-se baixos teores de cinzas, proteínas e lipídios (SOUZA; CASTRO, 1999). Esses resultados corroboram com frutos de mapati analisados (KINUPP; LORENZI, 2014) e apresentam semelhança com outras espécies da família Moraceae (ID et al., 2021), caracterizando assim, frutos de polpa suculenta e adocicada quando maduros, prontos para serem consumidos *in natura*.

A análise de cor das amostras foi realizada através do sistema de cores CIELab, representados pelos parâmetros L\*, a\* e b\* (Luminosidade, eixo vermelho-verde e eixo amarelo-azul, respectivamente).

As polpas de CH e CJ apresentaram coloração arroxeada-azulada, os valores de L\* estão relacionados ao eixo da luz, quanto mais baixo indica que os mirtilos possuem tons mais escuros o que possivelmente está ligado ao alto teor de antocianinas, que são compostos responsáveis pelas cores vermelha e roxa de muitos frutos (MORAES et al., 2020).

Já as polpas de MV e MM demonstraram uma leve tendência ao amarelo, mas se mantiveram translúcidas com pequenas partículas amareladas. Sendo assim, correspondente com a coloração transparente e límpido característica da família Moraceae (DE MENEZES FILHO; DE OLIVEIRA FILHO; DE SOUZA CASTRO, 2021).

Os extratos hidrometanólicos de CH e CJ tiveram um rendimento de 29,5% e 29,1% respectivamente, já os extratos hidrometanólicos de MV e MM tiveram um rendimento de 4,9% e 7,8% respectivamente. Os extratos foram submetidos as análises de caracterização química.

## **6.2 Capacidade Antioxidante, Compostos Fenólicos e Antocianinas**

Para avaliar a capacidade de sequestro de radicais livres dos mirtilos da Amazônia, foram utilizados DPPH, ABTS e ORAC como determinação da Capacidade antioxidante (CA), também foram identificados os teores de fenóis e flavonoides totais dos extratos dos frutos.

Os extratos de CJ e CH apresentaram potencial antioxidante (Tabela 2), sendo CH o extrato com maior CA, com 162,25µg/mL e 17,47µg/mL para DPPH e ABTS respectivamente. Anteriormente, os sucos encapsulados já haviam apresentado boa atividade antioxidante, com valor de DPPH de 943±15 µM TE para *C. japurensis* e 994±14 µM TE para *C. hirta*. Os valores de ABTS foram encontrados em torno de 1119 ± 24 µM TE para *C. japurensis* e 1273±18 µM TE para *C. hirta* (MAR et al., 2020). Comportamento semelhante observado em bagas de *goji berries* pretas (*Lício ruthenicum*) cultivadas na Sérvia, que foram analisadas em relação ao seu potencial antioxidante onde, o extrato hidrometanólico apresentou maior atividade antioxidante para os ensaios de eliminação de radicais (DPPH, ABTS), sendo 1,7 vezes maior do que as *goji berries* vermelhas e amarelas (*L. barbarum*) estudadas (ILIC' et al., 2020).

Em relação ao valor de fenóis e flavonoides totais, o extrato de CH também apresentou o maior percentual com 6,77 µg/mL para fenóis, em contrapartida o teor de flavonoides se apresentou baixo, o que pode indicar que os extratos de CH e CJ possuem flavonoides em sua composição, porém estão abaixo do limite de quantificação. Segundo Domínguez et al. (2020), a diferença entre o TPC das bagas peruanas de sabugueiro (*Sambucus peruviana* K.) e mirtilo (*Vaccinium floribundum* K.) pode ser devido a vários fatores, um deles é a extração, que pode causar degradação de compostos fenólicos. Esses resultados mostram que os extratos possuem uma significativa CA que pode estar ligada ao teor de polifenóis totais, sugerindo uma ligação entre a ação antioxidante e a presença desses compostos nas bagas.

**Tabela 2.** Quantificação de Fenóis e flavonoides totais, antocianinas e determinação do potencial antioxidante.

Amostra	Fenóis totais	Flavonoides totais	Antocianinas	DPPH	ABTS	ORAC <sub>H</sub>
	µg Equivalente de amostra	Ácido gálico /mL de amostra		µg Equivalente Trolox /mL de amostra		
CJ	4,98	2,67	ND	94,68	8,50	208,57
CH	6,77	2,30	ND	162,25	17,47	104,80
MM	0,51	0,14	ND	1,81	1,82	48,74
MV	0,52	0,62	ND	5,56	0,55	51,44

O ensaio ORAC corrobora com os resultados apresentados por DPPH e ABTS, onde também é possível observar uma alta CA, por ser um ensaio que mimetiza as condições celular, é possível indicar que os extratos de CJ e CH possuem propriedades de neutralizar os radicais livres, inibindo a oxidação celular.

As frutas vermelhas como Açaí (*Euterpe oleracea* Mart.), Morango (*Fragaria x ananassa*), Amora (*Rubus fruticosus*), Framboesa (*Rubus ideaus*), Jaboticaba (*Plinia cauliflora*) e Mirtilo (*Vaccinium myrtillus*) são ricas em ácidos fenólicos e esses são subdivididos em ácidos hidroxicinâmico e hidroxibenzóico, enquanto os flavonoides são agrupados como flavan-3-ols, flavonóis, flavanonas, isoflavonas e antocianinas. Esses compostos são os principais responsáveis pela atividade antioxidante *in vitro* dessas bagas (MANNINO et al., 2020; MARTÍN-GÓMEZ et al., 2020; STAFUSSA et al., 2018) e, conseqüentemente, o consumo regular de frutas ricas em compostos antioxidantes pode beneficiar a saúde humana de diversas formas, devido à inibição do estresse oxidativo, o que reduz o desenvolvimento de doenças cardiovasculares, metabólicas e cancerígenas (LAMAS et al., 2018; LEITE-LEGATTI et al., 2012).

Não foi possível identificar a presença de antocianinas nos extratos dos frutos. Porém, em outros trabalhos é possível identificar a presença de antocianinas de forma isolada nas polpas de *Clidemia hirta* e *Clidemia japurensis* (MAR et al., 2020). Assim, sugere-se que as antocianinas presentes nos extratos dos frutos de CH e CJ estiveram abaixo da faixa de detecção na metodologia utilizada.

Já os extratos de MV e MM (Tabela 2) apresentaram informações reveladoras da espécie, não obtiveram valores significativos, indicando que os extratos possuem fenóis e flavonoides em sua composição química, porém estão abaixo do limite para quantificação, mesmo comportamento observado em extratos metanólicos de *Pourouma cecropiifolia*, onde a fração 2 obtida através fracionamento do extrato rico em antocianinas, era constituída principalmente por flavonóis, com os dados de espectrometria de massa indicaram que dois compostos identificados nessa fração continham quercetina ligada a uma porção de ramnose (m/z465) e uma fração de hexose (m/z303) (EREDIA; ORALES; SORIO, 2010). Não foi possível identificar CA pelos métodos de DPPH e ABTS nos extratos de mapati, independente do seu estágio de maturação.

Os extratos também não apresentaram CA pelo método de ORAC, caracterizando assim um fruto sem CA. Não há registros sobre a CA dos frutos de *Pourouma cecropiifolia*, portanto os dados aqui apresentados trazem informações reveladoras sobre o gênero.

### 6.3 Identificação de mono, di e oligossacarídeos

Para a análise dos açúcares e oligossacarídeos, foi realizada uma Cromatografia de Troca Aniônica de Alta Eficiência acoplada ao sistema de Detecção Amperométrica Pulsada (HPAEC-PAD) nas polpas dos frutos.

Na polpa de CJ foi possível identificar apenas a presença de açúcares redutores, como os monossacarídeos glicose e frutose (Tabela 3), com um total de 52,75 mg/g e não detectado para açúcares não redutores (sacarose).

Nas polpas de MM e MV também foram identificados a presença de açúcares redutores (Tabela 3) sendo que para MM foi registrada a maior quantidade de glicose e frutose. Apenas em MM foi identificado a presença de sacarose, o que pode estar relacionado com o estágio de maturação do fruto, isso porque alguns frutos ainda verdes apresentam uma grande quantidade de amido que são degradados durante o amadurecimento, após a colheita, resultando em quantidades significativas de sacarose no fruto maduro (SIEBENEICHLER et al., 2019). Para os açúcares que apresentaram apenas traços, indicam que podem estar na linha de detecção, mas não na faixa de quantificação.

A frutose, glicose e a sacarose são os principais açúcares responsáveis pelo sabor doce dos frutos, porém, a frutose e a glicose são originadas da degradação da sacarose e dos polissacarídeos de reserva, devido a esse fato há uma redução dos açúcares totais e o aumento dos redutores (CERQUEIRA et al., 2007; TIMONI et al., 2015). A glicose é a molécula universal de transporte de energia dentro do corpo. É fundamental para a manutenção da vida e, conseqüentemente, é impactada por muitos mecanismos de controle que regulam sua absorção, armazenamento e utilização. A glicose é armazenada de forma compacta no corpo (especialmente no fígado) como glicogênio em grânulos discretos. A frutose (ao contrário da glicose) em humanos é metabolizada quase completamente no fígado. Além disso, pode ser convertida em glicogênio hepático e usado para a síntese de triglicerídeos (QI; TESTER, 2019).

**Tabela 3.** Composição do açúcar (mg/g peso fresco).

<b>Açúcar</b>	<b>CJ</b>	<b>MM</b>	<b>MV</b>
Xilitol	n.d.	n.d.	n.d.
Manitol	n.d.	n.d.	n.d.
Sorbitol	n.d.	n.d.	n.d.
Ramnose	n.d.	n.d.	n.d.

Arabinose	n.d.	n.d.	t.r.
Glicose	28.96 ± 0.51 <sup>c</sup>	30.81 ± 0.35 <sup>b</sup>	13.88 ± 0.23 <sup>e</sup>
Frutose	23.79 ± 0.49 <sup>c</sup>	35.01 ± 0.33 <sup>b</sup>	0.06 ± 0.00 <sup>e</sup>
Sacarose	n.d.	2.54 ± 0.03 <sup>b</sup>	n.d.
Maltose (G2)	n.d.	n.d.	t.r.
<i>Monossacarídeos e disccarídeos totais</i>	52.75 ± 1.00 <sup>c</sup>	68.36 ± 0.67 <sup>b</sup>	13.94 ± 0.23 <sup>d</sup>
1-cetose (GF2)	t.r.	t.r.	t.r.
Nistose (GF3)	n.d.	n.d.	n.d.
1-frutofuranosil nistose (GF4)	n.d.	n.d.	n.d.
Maltotriose (G3)	n.d.	t.r.	t.r.
Maltotetraose (G4)	t.r.	t.r.	t.r.
Maltopentose (G5)	t.r.	n.d.	t.r.
Maltohexaose (G6)	n.d.	n.d.	n.d.
Maltoheptaose (G7)	n.d.	n.d.	n.d.
<i>Oligossacarídeos Totais</i>	-	-	-
<b>Açúcares totais</b>	52.75 ± 1.00 <sup>c</sup>	68.36 ± 0.67 <sup>b</sup>	13.94 ± 0.23 <sup>d</sup>

t.r.: Traços; n.d: não detectado.

A negatividade associada ao consumo de açúcar, é devido ao custo relativamente baixo dos açúcares e da atratividade sensorial, categorias de produtos inteiros, como confeitaria e bebidas, aumentaram a demanda de seu consumo, podendo trazer questões negativas relacionadas aos dentes, obesidade, diabetes e deficiência de outros nutrientes em alimentos e bebidas ricos em açúcar. (AZAÏS-BRAESCO et al., 2017).

Os açúcares fornecem energia/calorias, que representam que representam uma necessidade nutricional para o corpo. O teor de açúcar nos alimentos está relacionado ao valor nutricional, propriedades organolépticas e aceitação do consumidor, entre outros. O alto teor de açúcares nas polpas pode também conferir um potencial energético aos frutos.

#### 6.4 Perfis químicos dos extratos por RMN <sup>1</sup>H

Os espectros de RMN <sup>1</sup>H dos extratos hidrometanólicos dos frutos de buxixus [*C. japorensis* (CJ) e *C. hirta* (CH)] e da polpa de mapati verde (MV) e maduro (MM) mostraram perfis químicos semelhantes quanto aos compostos majoritários identificados por HPAEC-PAD e foram observados os sinais característicos dos açúcares: α-glucose [ $\delta_H$  5,13

ppm (d,  $J = 3,7$  Hz)],  $\beta$ -glucose [ $\delta_H$  4,50 ppm (d,  $J = 7,8$  Hz)] e frutose [ $\delta_H$  4,05 ( $J = 1,2$  Hz)] (Figura 8).

Os extratos de MV e MM apresentaram o sinal de sacarose [ $\delta_H$  5,41 ppm (d,  $J = 3,8$  Hz)] e os extratos CJ e CH sinais referentes ao ácido chiquímico em  $\delta_H$  6,73 (m) e ácido gálico em  $\delta_H$  7,00 (s) (Figura 8).

Os resultados obtidos pela análise de RMN  $^1H$ , corroboram com os dados obtidos pela análise de HPAEC-PAD. Ressaltando assim, que os extratos de buxixus amazônicos e uva-da-Amazônia, são ricos em açúcares e alguns compostos fenólicos.

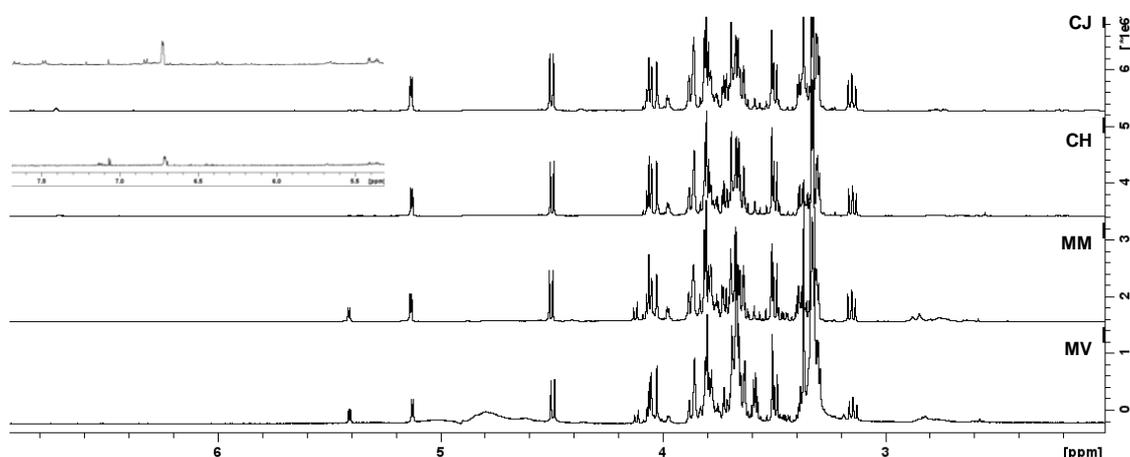


Figura 7. Espectro de RMN  $^1H$  (CD<sub>3</sub>OD, 500 MHz) dos extratos hidrometanólicos e ampliação da região de olefínicos e aromáticos (5,3 a 7,7 ppm)

### 6.5 Perfis químicos dos extratos por HRMS

Visando identificar com maior precisão os compostos presentes nos extratos hidrometanólicos dos frutos foi realizada por meio de Espectrometria de Massas de Alta Resolução (HRMS). Os sinais aceitáveis estão acima de 10% em intensidade de sinal e o erro aceitável para a calibração deste equipamento é de 10ppm.

Em CJ foi possível identificar a presença de ácido gálico e ácido quínico no modo negativo, já no modo positivo foram identificados os compostos cianidina-3-*O*-rutinosídeo-5-pentosídeo, delfinidina-3-*O*-rutinosídeo-5-pentosídeo e delfinidina-3-*O*-rutinosídeo-5-glicosídeo (Tabela 4).

Em CH, no modo negativo foram identificados o ácido protocatecuico, ácido gálico, ácido quínico, ácido elágico, 4-glucosil-4-hidroxicinâmico e a quercitrina, para o modo positivo

a cianidina-3-*O*-glicosídeo, delphinidina-3-*O*-glicosídeo e delphinidina-3-*O*-rutinosídeo-5-glicosídeo foram identificados (Tabela 4).

Alguns desses compostos, como os ácidos gálico e quínico, cianidina-3-*O*-rutinosídeo-5-pentosídeo, delphinidina-3-*O*-rutinosídeo-5-pentosídeo, delphinidina-3-*O*-rutinosídeo-5-glicosídeo e a quercitrina já haviam sido identificados em sucos de polpas de *Clidemia hirta* e *Clidemia japurensis* por Mar, et al., em 2020, usando a mesma metodologia.

Para os extratos de MM e MV, a intensidade dos sinais de HRMS para essas moléculas ficaram muito abaixo do limite de detecção, por isso não foi possível a identificação de compostos por esta análise.

Dando destaque para alguns dos compostos identificados em CJ e CH, o ácido gálico e o ácido elágico, ambos possuem alto potencial antioxidante. Além disso, o ácido gálico está envolvido em várias vias de sinalização que regulam a ampla gama de funções biológicas (KOBAYASHI et al., 2020) também possui efeitos anticancerígenos, antimutagênicos, anti-inflamatórios e antioxidante sendo capazes de eliminar radicais livres (KIM et al., 2006), atuando contra o estresse oxidativo (OYAGBEMI et al., 2015). Já o ácido elágico demonstrou ter benefícios convincentes para a saúde humana, prevenindo certas doenças crônicas e tratando doenças malignas ou condições do organismo humano, como câncer, diabetes, inflamação crônica dos tecidos, síndrome metabólica, complicações metabólicas mediadas pela obesidade, doenças cardiovasculares, distúrbios gastrointestinais, doença de Alzheimer e outras doenças neurodegenerativas (MUTHUKUMARAN et al., 2018).

Ácido protocatecuico é um ácido diidroxibenzoico, um tipo de ácido fenólico, que possui efeitos sobre células normais e cancerígenas em estudo *in vitro* e *in vivo*. A presença do alto teor de ácido protocatecuico juntamente com outros ácidos pode contribuir para o efeito citotóxico, contra cânceres de diferentes origens (ANANTHARAJU et al., 2016). Um estudo realizado para realizar a quantificação de ácidos fenólicos em *Ixora brachiata* revelou a presença de 4 ácidos hidroxicinâmicos que juntos somam uma quantidade total de ~37,6 mg/g de ácidos fenólicos e 20,19 mg/g de ácido p-hidroxibenzóico – ácido protocatecuico. Portanto, pode-se atribuir que os efeitos citotóxicos da amostra podem ser devidos aos compostos que estão em maiores concentrações, sendo este o ácido protocatecuico (BHAGYA; CHANDRASHEKAR, 2020).

**Tabela 4.** Compostos identificados por HRMS em extratos de *Clidemia hirta* e *Clidemia japurensis*.

Compostos	Íon Molecular Padrão	[M-H] <sup>-</sup> m/z Padrão	CJ	CH
			[M-H] <sup>-</sup> m/z (Erro em ppm)	
Ácido protocatecuico	C <sub>7</sub> H <sub>5</sub> O <sub>4</sub>	153,0193	-	153,0193 (0,0)
Ácido gálico	C <sub>7</sub> H <sub>5</sub> O <sub>5</sub>	169,0142	169,0138 (2,9)	169,0147 (-2,7)
Ácido quínico	C <sub>7</sub> H <sub>11</sub> O <sub>6</sub>	191,0561	191,0543 (-9,4)	191,0570 (4,5)
Ácido elágico	C <sub>14</sub> H <sub>5</sub> O <sub>8</sub>	300,9990	-	300,9995 (-1,8)
4-glucosil-4-hidroxicinâmico	C <sub>15</sub> H <sub>17</sub> O <sub>8</sub>	325,0929	-	325,0926 (1,0)
Quercitrina	C <sub>21</sub> H <sub>19</sub> O <sub>11</sub>	447,0933	-	447,0899 (7,7)
	Íon Molecular Padrão	[M+H] <sup>+</sup> m/z	[M+H] <sup>+</sup> m/z (Erro em ppm)	
Cianidina-3- <i>O</i> -glicosídeo	C <sub>21</sub> H <sub>21</sub> O <sub>11</sub>	449,1078	-	449,1060 (-4,1)
Delfinidina-3- <i>O</i> -glicosídeo	C <sub>21</sub> H <sub>21</sub> O <sub>12</sub>	465,1028	-	465,1020 (1,6)
Cianidina-3- <i>O</i> -rutinosídeo-5-pentosídeo	C <sub>35</sub> H <sub>35</sub> O <sub>17</sub>	727,1869	727,1835 (3,3)	-
Delfinidina-3- <i>O</i> -rutinosídeo-5-pentosídeo	C <sub>35</sub> H <sub>35</sub> O <sub>18</sub>	743,1818	743,1809 (-1,2)	-
Delfinidina-3- <i>O</i> -rutinosídeo-5-glicosídeo	C <sub>36</sub> H <sub>37</sub> O <sub>19</sub>	773,1924	773,1926 (-0,3)	773,1920 (-0,5)

A quercitrina é conhecida por exibir efeitos biológicos como atividades antioxidantes, anti-inflamatórias e antiapoptóticas (MA et al., 2015; ZHI et al., 2016). Foi demonstrado que a quercitrina inibe a formação de trombos *in vivo* e *in vitro*, inibe especificamente a ativação e agregação plaquetária induzida pelo peptídeo relacionado ao colágeno (CRP) e, posteriormente, suprimiu a ativação do sinalossomo mediado por GPVI (glicoproteína VI) (OH et al., 2021).

A cor das bagas de CH e CJ está relacionada ao perfil de antocianinas presentes nesses frutos, assim as cianidinas e delfinidinas são responsáveis pelas cores roxo-escuro em CH e

roxo-azulado em CJ. Outras bagas, como as amoras possuem glicosídeos de cianidinas (responsáveis pela cor vermelha) e pelargonidinas (laranja), as framboesas também possuem glicosídeos de delphinidinas (roxo), que modificam a cor dos frutos (LIMA et al., 2017). Outro exemplo é a jabuticaba (*Plinia cauliflora*), onde sua cor pode variar do verde ao roxo escuro, devido ao acúmulo de antocianinas (DANTAS et al., 2019; MANNINO et al., 2020). Os compostos de antocianinas têm funções essenciais, incluindo proteção contra radiação UV excessiva, antioxidante, quelação de metais e ação contra estressores abióticos. Além disso, as antocianinas podem retardar o processo de senescência em plantas que apresentam deficiência mineral (LANDI; TATTINI; GOULD, 2015). Há relatos de vários estudos extensivos em relação as antocianinas, devido à sua influência na atividade antioxidante e na coloração intensa, o que melhora as propriedades sensoriais e tecnológicas dessas frutas na agroindústria (ALBUQUERQUE et al., 2020; GIUSTI; WROLSTAD, 2001; SANTOS et al., 2019).

## 6.6 Perfis químicos por HPLC-DAD

A análise qualitativa dos extratos hidrometanólico de frutos de CH, CJ, MM e MV foi testada por HPLC-DAD e seu perfil cromatográfico foi comparado com os tempos de retenção e espectro de absorção de padrões de referência (ácido gálico, ácido protocatecuico, ácido cafeico, quercitrina e miricetina).

A partir de HPLC-DAD observou-se que os extratos hidrometanólicos apresentaram a presença de cinco grandes picos em 254 nm. Os picos foram identificados como três ácidos fenólicos pertencentes ao ácido hidroxibenzóico e classes de ácido hidroxicinâmico e, dois flavonoides pertencentes a classe dos flavonóis.

Os ácidos fenólicos testados nos extratos foram representados como ácido gálico (1), ácido protocatecuico (2) e o ácido cafeico (3), e os flavonoides foram a quercitrina (4) e a miricetina (5).

Os compostos 2, 3, 4 e 5 estiveram presentes em todos os extratos. No entanto, o composto 1 esteve ausente nos extratos de CJ e MV (<LOQ), mas esteve presente nos extratos de CH e MM em 105,0 µg/g f.l e 247,0 µg/g f.l, respectivamente. O ácido protocatecuico representou o ácido fenólico primário nos extratos de buxixus com 86,0 µg/g f.l para CJ e 100,0 µg/g f.l para CH, já o ácido gálico apresentou o nível mais alto no extrato de MM com 247,0 µg/g f.l e os flavonoides quercitrina e miricetina representaram maiores níveis no extrato de CH com 99,0 µg/g f.l e 89,0 µg/g f.l, respectivamente.

Assim também, é possível visualizar as bandas de absorção, dos compostos em seus tempos de retenção, nos cromatogramas de cada amostra. Sendo o pico 1 o ácido gálico, pico 2 o ácido protocatecuico, pico 3 o ácido cafeico, pico 4 a quercitrina e o pico 5 a miricetina (Figuras 8-11).

**Tabela 5.** Identificação dos fenóis e flavonoides ( $\mu\text{g/g f.l}$ ) em frutos amazônicos. <LOQ: abaixo do limite de quantificação.

Tempo de retenção (min)	Compostos	CJ	CH	MM	MV	Equação de Regressão	R	R <sup>2</sup>	%RSD
1 6,22	Ácido gálico	<LOQ	105,0	247,0	<LOQ	-	-	-	-
2 8,03	Ácido protocatecuico	86,0	100,0	11,0	8,0	$Y = 1,8561 x 106X + 778.6$	0,996	0,992	33,49
3 9,73	Ácido cafeico	26,0	5,0	3,0	3,0	$Y = 1,40982 x 10^6X + 1763.75$	0,996	0,992	45,38
4 12,20	Quercitrina	6,0	99,0	11,0	3,0	$Y = 419896X + (-1743.5)$	0,996	0,993	43,23
5 13,35	Miricetina	9,0	89,0	28,0	23,0	$Y = 3,68782 x 10^6 + (-6346.55)$	0,996	0,994	43,41

Dando destaque para os compostos que não haviam sido identificados anteriormente pelas outras análises aqui realizadas, temos o ácido cafeico e a miricetina.

O ácido cafeico pertence ao grupo dos compostos fenólicos simples, sendo também designado de ácido 3,4-dihidrohidroxicinâmico (CIZMAROVA et al., 2020). O ácido cafeico é constituído por um anel aromático 3,4-hidroxilado ligado a um ácido carboxílico por um *trans*-etileno, produzido a partir do metabolismo secundário dos vegetais e frutas (ESPÍNDOLA et al., 2019). Constitui o principal ácido hidroxicinâmico encontrado na dieta humana, estando presente na alimentação em frutas e bebidas de café, mirtilos, maçãs, ameixa, sidra e em vários medicamentos (ARAÚJO, 2017). Possui atividade anticancerígena, que apresenta associação com a sua atividade antioxidante, atuando na inibição de formação de espécies reativas de oxigênio e a indução da oxidação do DNA de células cancerígenas (ASIF; IMRAN, 2019; ESPÍNDOLA et al., 2019; HASLINGER; PRATHER, 2020; MAGNANI et al., 2014; TENG et al., 2020). Outras atividades relacionadas a este ácido fenólico é a antiviral

(HASLINGER; PRATHER, 2020), a capacidade de aumentar a secreção de insulina e diminuir a produção de glicose hepática e atuando também no combate ao stress oxidativo, retardando ou prevenindo o aparecimento de Diabetes e respectivas complicações (ESPÍNDOLA et al., 2019; JUNG et al., 2006).

A miricetina é um composto flavonoide originalmente isolado da casca da miricetina, sua fórmula molecular é  $C_{15}H_{10}O_8$ . A miricetina desempenha um papel importante nas doenças metabólicas devido às suas funções anti-inflamatórias, antioxidantes e redutoras do conteúdo lipídico. Sendo eficaz na redução de peso, do apetite, a resistência à insulina e o teor de lipídios no sangue. A miricetina também regula a composição da flora intestinal, promove o crescimento de microrganismos benéficos intestinais e tem um efeito benéfico na saúde (MIAO et al., 2021; NALLAPPAN et al., 2021; SONG et al., 2021). A miricetina também tem a capacidade de fortalecer os ossos e melhorar a resistência ao exercício, um efeito protetor contra a osteoporose diabética (YING et al., 2020) e efeito protetor contra danos no fígado (LV et al., 2020). Também foi relatada como em composto abundante em frutas e alimentos, como frutas vermelhas, vegetais, mel, chá e vinho tinto (ROSS; KASUM, 2002; SEMWAL et al., 2016; SONG et al., 2021).

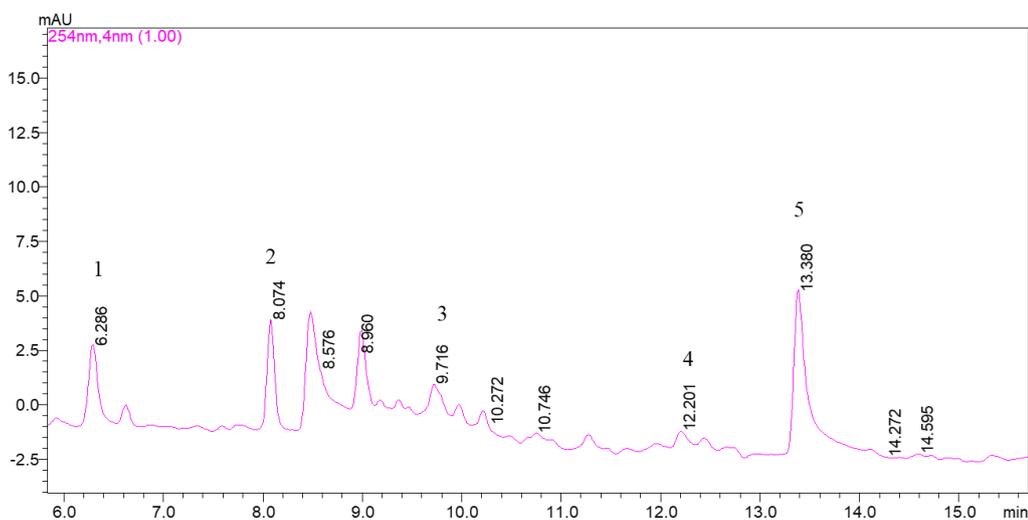


Figura 8. Cromatograma da amostra CH obtido por HPLC-DAD, utilizando uma coluna ODS C18.

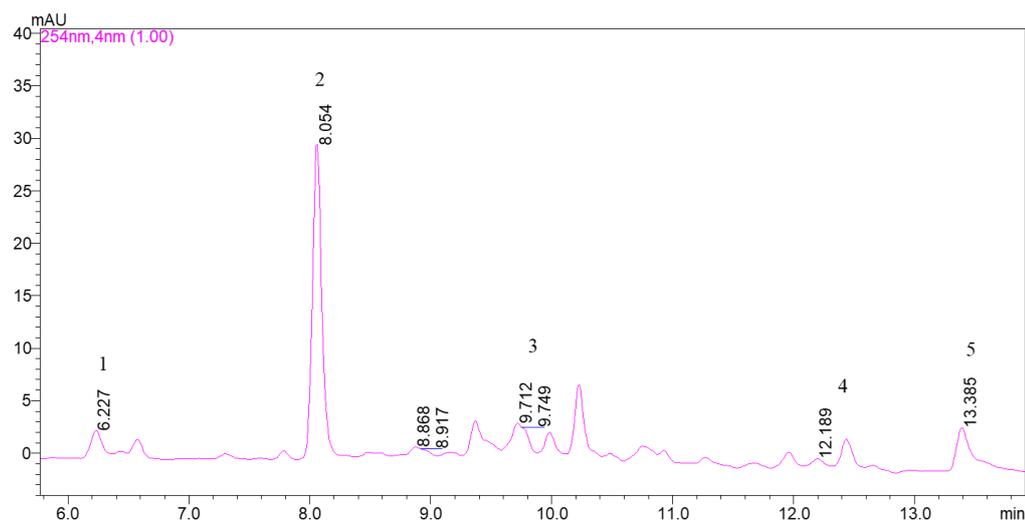


Figura 9. Cromatograma da amostra CJ obtido por HPLC-DAD, utilizando uma coluna ODS C18.

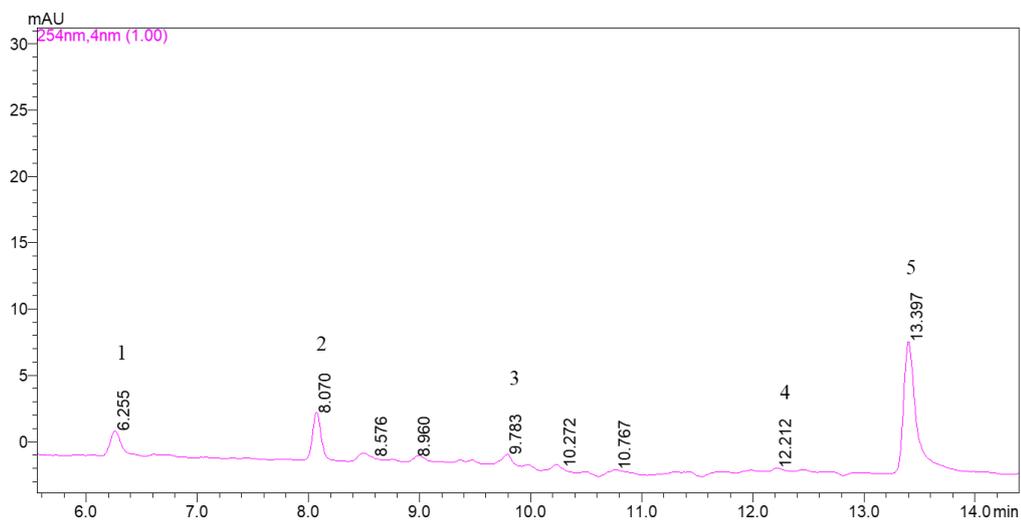


Figura 10. Cromatograma da amostra MM obtido por HPLC-DAD, utilizando uma coluna ODS C18.

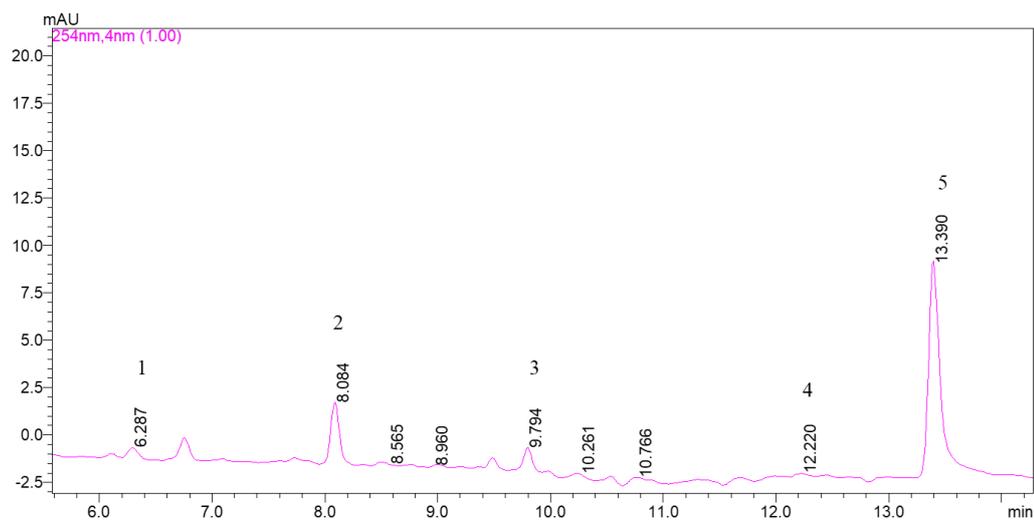


Figura 11. Cromatograma da amostra MV obtido por HPLC-DAD, utilizando uma coluna ODS C18.

## 7 CONCLUSÃO

O trabalho experimental realizado teve como objetivo a caracterização de propriedades físicas, químicas e antioxidantes das polpas e dos extratos hidrometanólicos dos frutos de *Clidemia hirta*, *Clidemia japurensis* e *Pourouma cecropiifolia*.

Os resultados obtidos permitiram concluir que os frutos de buxixus amazônicos e a uva-da-amazônia são frutos adocicados e de baixa acidez, possuem uma alta taxa de umidade, porém possuem baixo teor de cinzas, proteínas, lipídios e carboidratos.

As bagas de buxixus possuem coloração que varia do roxo-escuro ao roxo-azulado, já as polpas de uva-da-amazônia são límpidas e transparentes.

Os extratos dos buxixus possuem em sua composição compostos fenólicos e flavonoides, como o ácido protocatecuico, ácido gálico, ácido quínico, ácido elágico e o ácido cafeico, a quercitrina e miricetina, que podem estar ligados diretamente ao potencial antioxidante destes frutos, onde os melhores ensaios para detecção desta capacidade foram DPPH e ORAC. Também nos extratos foi possível identificar antocianinas cianidinas e delphinidinas que conferem as cores características dos frutos.

Já nos extratos de uva-da-amazônia também foi identificado a presença do ácido gálico (apenas nos extratos dos frutos em estágio maduro), ácido protocatecuico, ácido cafeico, a quercitrina e miricetina. Porém, são frutos com baixos teores de fenóis e flavonoides, o que sugere que apesar de terem em sua composição esses compostos, esses estão em baixas concentrações, também se demonstraram frutos com baixa capacidade antioxidante pelos três métodos utilizados, sendo estes DPPH, ABTS E ORAC.

Os açúcares redutores (glicose e frutose) e a sacarose foram identificadas como os compostos majoritários nos extratos de buxixus e uva-da-amazônia, conferindo o sabor adocicado dos frutos, o que os tornam altamente palatáveis e de fácil consumo *in natura*.

Este estudo trouxe novas e reveladoras informações sobre os gêneros de buxixus amazônicos e uva-da-amazônia, aumentando assim, a valorização da biodiversidade de PANC's brasileiras, o conhecimento de sua composição química e nutricional tornando assim, o seu consumo como uma fonte adequada para ser inserida no cardápio alimentar e para fornecer subsídios a pesquisas futuras que visem a utilização desses frutos com um alto potencial tecnológico, análises como a correlação de Pearson, análises de carotenoides e de pigmentos são algumas das análises que podem ser realizadas futuramente.

## REFERÊNCIAS

- AINSWORTH, E. A.; GILLESPIE, K. M. Estimation of total phenolic content and other oxidation substrates in plant tissues using Folin–Ciocalteu reagent. **Nature protocols**, v. 2, n. 4, p. 875–877, 2007.
- ALARA, O. R.; ABDURAHMAN, N. H.; UKAEGBU, C. I. Extraction of phenolic compounds: A review. **Current Research in Food Science**, v. 4, p. 200–214, 2021.
- ALBUQUERQUE, B. R. et al. Anthocyanin-rich extract of jabuticaba epicarp as a natural colorant: Optimization of heat-and ultrasound-assisted extractions and application in a bakery product. **Food Chemistry**, v. 316, p. 126364, 2020.
- ALOTHMAN, M.; BHAT, R.; KARIM, A. A. Antioxidant capacity and phenolic content of selected tropical fruits from Malaysia, extracted with different solvents. **Food chemistry**, v. 115, n. 3, p. 785–788, 2009.
- ANANTHARAJU, P. G. et al. An overview on the role of dietary phenolics for the treatment of cancers. **Nutrition journal**, v. 15, n. 1, p. 1–16, 2016.
- ARAÚJO, M. O. DE. Preparação de derivados do ácido caféico e avaliação das suas atividades antimicrobianas. 2017.
- ARAÚJO, R. F.; ALVARENGA, L. A bibliometria na pesquisa científica da pós-graduação brasileira de 1987 a 2007. **Encontros Bibli: revista eletrônica de biblioteconomia e ciência da informação**, v. 16, n. 31, p. 51–70, 2011.
- ARCE SAAVEDRA, T. et al. Cinética de degradación de la antocianina y estudio reológico de jugo concentrado de uva Isabella (*Vitis labrusca*). 2016.
- ARRUDA, H. S. et al. Determination of free, esterified, glycosylated and insoluble-bound phenolics composition in the edible part of araticum fruit (*Annona crassiflora* Mart.) and its by-products by HPLC-ESI-MS/MS. **Food Chemistry**, v. 245, n. November 2017, p. 738–749, 2018.
- ASIF, M.; IMRAN, M. Progress in Chemical and Biochemical Research Synthetic methods and pharmacological potential of some cinnamic acid analogues particularly against convulsions Department of Pharmaceutical Chemistry , Faculty of Pharmacy , Northern Border University , Rafha. v. 2, n. 4, p. 192–210, 2019.
- AZAÏS-BRAESCO, V. et al. A review of total & added sugar intakes and dietary sources in Europe. **Nutrition Journal**, v. 16, n. 1, p. 1–15, 2017.
- BAKOYIANNIS, I. et al. Biomedicine & Pharmacotherapy Phytochemicals and cognitive health : Are flavonoids doing the trick ? **Biomedicine & Pharmacotherapy**, v. 109, n. July 2018, p. 1488–1497, 2019.
- BARRIOS, J. et al. Chemical analysis and screening as anticancer agent of anthocyanin-rich extract from uva caimaron ( *Pourouma cecropiifolia* Mart.) fruit. **Journal of agricultural and**

**food chemistry**, v. 58, n. 4, p. 2100–2110, 2010.

BATAGLION, G. A. et al. Determination of the phenolic composition from Brazilian tropical fruits by UHPLC–MS/MS. **Food chemistry**, v. 180, p. 280–287, 2015.

BERG, C. C.; AKKERMANS, R.; VAN HEUSDEN, E. C. H. Cecropiaceae: Coussapoa and Pourouma, with an introduction to the family. **Flora Neotropica**, p. 1–208, 1990.

BHAGYA, N.; CHANDRASHEKAR, K. R. International Journal of Mass Spectrometry Identification and quantification of cytotoxic phenolic acids and flavonoids in *Ixora brachiata* by UHPLC-DAD and UHPLC-ESI-MS / MS. v. 450, 2020.

BIONDO, E. et al. Diversidade e potencial de utilização de plantas alimentícias não convencionais no Vale do Taquari, RS. **Revista Eletrônica Científica da UERGS**, v. 4, n. 1, p. 61–90, 2018.

BRAZAITYTĖ, A. et al. The effects of LED illumination spectra and intensity on carotenoid content in Brassicaceae microgreens. **Food chemistry**, v. 173, p. 600–606, 2015.

BRIDLE, P.; TIMBERLAKE, C. F. Anthocyanins as natural food colours—selected aspects. **Food chemistry**, v. 58, n. 1–2, p. 103–109, 1997.

BYSTROM, L. M. et al. Characterisation of phenolics by LC–UV/Vis, LC–MS/MS and sugars by GC in *Melicoccus bijugatus* Jacq. ‘Montgomery’ fruits. **Food chemistry**, v. 111, n. 4, p. 1017–1024, 2008.

CAMARGO, E. A. DE. O gênero *Leandra*, seções *Carassanae*, *Niangae* e *Secundiflorae* (Melastomataceae) no Paraná. 2008.

CARVALHO, C. A. DE et al. Associação entre fatores de risco cardiovascular e indicadores antropométricos de obesidade em universitários de São Luís, Maranhão, Brasil. **Ciência & saúde coletiva**, v. 20, p. 479–490, 2015.

CASTRO, D. R. G. DE et al. Dielectric barrier atmospheric cold plasma applied on camu-camu juice processing: Effect of the excitation frequency. **Food Research International**, v. 131, n. January, p. 109044, 2020.

CERQUEIRA, F. M. et al. *Divulgação*. v. 30, n. 2, p. 441–449, 2007.

CIZMAROVA, B. et al. Caffeic acid: a brief overview of its presence, metabolism, and bioactivity. v. 3, n. 4, p. 74–81, 2020.

COLLEN, A.; WICKENS, D. D.; DANIELE, L. The interrelationship of taxonomic categories. **Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory**, v. 1, n. 5, p. 629, 1975.

CUNHA, K. D. et al. Estabilidade de ácido ascórbico em sucos de frutas frescos sob diferentes formas de armazenamento. **Brazilian Journal of food technology**, v. 17, p. 139–145, 2014.

DA FONSECA ANTUNES, B. et al. Determinação de Vitamina C e Atividade Antioxidante de Frutas Nativas do Brasil. **Revista da Jornada de Pós-Graduação e Pesquisa-Congrega**

**Urcamp**, p. 1300–1310, 2017.

DA SILVA LIBERATO, P.; DE LIMA, D. V. T.; DA SILVA, G. M. B. PANCs-plantas alimentícias não convencionais e seus benefícios nutricionais. **Environmental smoke**, v. 2, n. 2, p. 102–111, 2019.

DA SILVA, R. N. P.; DIAS, J. F.; KOBLITZ, M. G. B. Cervejas: relação entre estilos; compostos fenólicos e capacidade antioxidante. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 3, p. e42210313471–e42210313471, 2021.

DANTAS, A. M. et al. Bioaccessibility of phenolic compounds in native and exotic frozen pulps explored in Brazil using a digestion model coupled with a simulated intestinal barrier. **Food Chemistry**, v. 274, p. 202–214, 2019.

DÁVALOS, A.; GÓMEZ-CORDOVÉS, C.; BARTOLOMÉ, B. Extending applicability of the oxygen radical absorbance capacity (ORAC– fluorescein) assay. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 52, n. 1, p. 48–54, 2004.

DE ASSIS, O. B. G.; FORATO, L. A.; BRITTO, D. DE. Revestimentos comestíveis protetores em frutos minimamente processados. **Embrapa Instrumentação-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2008.

DE MENEZES FILHO, A. C. P.; DE OLIVEIRA FILHO, J. G.; DE SOUZA CASTRO, C. F. Estudo físico-químico, fitoquímico e atividades biológicas do extrato do fruto maduro de (*Brosimum gaudichaudii* Tréc.)(Moraceae). **Scientific Electronic Archives**, v. 14, n. 7, p. 74–83, 2021.

DE OLIVEIRA, R. F.; LUDWIG, F. Promoção do consumo de Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANC) com crianças em situação de vulnerabilidade social em Santa Cruz do Sul (RS). **Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA)**, v. 16, n. 3, p. 256–271, 2021.

DONG, W. et al. Antioxidant capacity differences between the major flavonoids in cherry (*Prunus pseudocerasus*) in vitro and in vivo models. **LWT**, v. 141, n. January, p. 110938, 2021.

DURAZZO, A. et al. Polyphenols : A concise overview on the chemistry , occurrence , and human health. n. May, p. 2221–2243, 2019.

EITENMILLER, R. R.; YE, L.; LANDEN JR, W. O. Ascorbic acid: vitamin C. **Vitamin analysis for the health and food sciences**, v. 2, 2008.

EREDIA, H.; ORALES, A. L. L. U. C. I. A. M.; SORIO, C. O. O. Chemical Analysis and Screening as Anticancer Agent of Anthocyanin-Rich Extract from Uva Caimarona (*Pourouma cecropiifolia* Mart . ) Fruit. p. 2100–2110, 2010.

ESPÍNDOLA, K. M. M. et al. Chemical and pharmacological aspects of caffeic acid and its activity in hepatocarcinoma. **Frontiers in oncology**, p. 541, 2019.

FALCÃO, M. DE A.; LLERAS, E. Aspectos fenológicos, ecológicos e de produtividade do Mapati (*Pourouma cecropiifolia* Mart.). **Acta amazônica**, v. 10, p. 711–724, 1980.

- FAVARO, M. M. A. Extração, estabilidade e quantificação de antocianinas de frutas típicas brasileiras para aplicação industrial como corantes. 2008.
- FENNEMA, O. R.; DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L. Química de alimentos de Fennema. **Porto Alegre: Artmed**, v. 4, p. 366–374, 2010.
- FERREIRA, O. G. L. et al. Envelhecimento ativo e sua relação com a independência funcional. **Texto & Contexto-Enfermagem**, v. 21, p. 513–518, 2012.
- FRANCIS, J. K. *Clidemia hirta* (L.) D. **Don-Koster's curse-Melastomataceae**, 2004.
- GIUSTI, M. M.; WROLSTAD, R. E. Characterization and measurement of anthocyanins by UV-visible spectroscopy. **Current protocols in food analytical chemistry**, n. 1, p. F1-2, 2001.
- HANAMURA, T.; UCHIDA, E.; AOKI, H. Skin-lightening effect of a polyphenol extract from Acerola (*Malpighia emarginata* DC.) fruit on UV-induced pigmentation. **Bioscience, biotechnology, and biochemistry**, v. 72, n. 12, p. 3211–3218, 2008.
- HASLINGER, K.; PRATHER, K. L. J. Heterologous caffeic acid biosynthesis in *Escherichia coli* is affected by choice of tyrosine ammonia lyase and redox partners for bacterial Cytochrome P450. **Microbial cell factories**, v. 19, n. 1, p. 1–12, 2020.
- HIRSCH, G. E. et al. Caracterização físico-química de variedades de amora-preta da região sul do Brasil. **Ciência Rural**, v. 42, p. 942–947, 2012.
- ID, I. et al. Estudo físico-químico , fitoquímico e atividades biológicas do extrato do fruto maduro de *Brosimum gaudichaudii* Tréc . ( Moraceae ) Physicochemical , phytochemical , and biological activities of the extract of the ripe fruit of *Brosimum gaudichaudii* Tréc . ( Moraceae ) Corresponding author. v. 14, n. Id, 2021.
- ILIĆ, T. et al. Chemical characterization, antioxidant and antimicrobial properties of goji berries cultivated in Serbia. **Foods**, v. 9, n. 11, p. 1614, 2020.
- INFANTE, J. et al. Antioxidant and anti-inflammatory activities of unexplored Brazilian native fruits. **PLoS One**, v. 11, n. 4, p. e0152974, 2016.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. 2008.
- JESUS, B. et al. PANCs-Plantas Alimentícias Não Convencionais, Benefícios Nutricionais, Potencial Economico E Resgate Da Cultura: Uma Revisão Sistemática. **Enciclopédia Biosfera**, v. 17, n. 33, 2020.
- JOHNSTON, C. S.; STEINBERG, F. M.; RUCKER, R. B. Ascorbic acid. **Handbook of vitamins**, v. 4, p. 489–520, 2007.
- JUNG, U. J. et al. Antihyperglycemic and Antioxidant Properties of Caffeic Acid in db / db Mice. v. 318, n. 2, p. 476–483, 2006.
- KELEN, M. E. B. Plantas alimentícias não convencionais em diferentes culturas agroecológicas, em uma propriedade do Litoral Norte do RS. 2015.
- KIM, S.-H. et al. Gallic acid inhibits histamine release and pro-inflammatory cytokine

- production in mast cells. **Toxicological Sciences**, v. 91, n. 1, p. 123–131, 2006.
- KINUPP, V. F.; BARROS, I. B. I. Agrobiodiversidade nativa, uma riqueza negligenciada: Diversidade de plantas alimentícias não-convencionais (PANCs) na região metropolitana de Porto Alegre. **Agrobiodiversidade no Brasil: Experiências e caminhos da pesquisa**, p. 163–181, 2010.
- KINUPP, V. F.; LORENZI, H. J. **Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANC) no Brasil: guia de identificação, aspectos nutricionais e receitas ilustradas**. [s.l: s.n.].
- KOBAYASHI, H. et al. **Polyphenols with Anti-Amyloid  $\beta$  Aggregation Show Potential Risk of Toxicity Via Pro-Oxidant Properties** *International Journal of Molecular Sciences*, 2020.
- KOPUSTINSKIENE, D. M. et al. Flavonoids as Anticancer Agents. n. C, p. 1–24, 2020.
- LAMAS, C. A. et al. Jaboticaba extract prevents prediabetes and liver steatosis in high-fat-fed aging mice. **Journal of functional foods**, v. 47, p. 434–446, 2018.
- LANDI, M.; TATTINI, M.; GOULD, K. S. Multiple functional roles of anthocyanins in plant-environment interactions. **Environmental and Experimental Botany**, v. 119, p. 4–17, 2015.
- LEITE-LEGATTI, A. V. et al. Jaboticaba peel: Antioxidant compounds, antiproliferative and antimutagenic activities. **Food Research International**, v. 49, n. 1, p. 596–603, 2012.
- LEITE, A. V. et al. Antioxidant potential of rat plasma by administration of freeze-dried jaboticaba peel (*Myrciaria jaboticaba* Vell Berg). **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 59, n. 6, p. 2277–2283, 2011.
- LI, Y. et al. De Novo Biosynthesis of Caffeic Acid from Glucose by Engineered *Saccharomyces cerevisiae*. 2020.
- LIM, Y. Y.; LIM, T. T.; TEE, J. J. Antioxidant properties of several tropical fruits: A comparative study. **Food chemistry**, v. 103, n. 3, p. 1003–1008, 2007.
- LIMA, Á. S. et al. Extraction and consecutive purification of anthocyanins from grape pomace using ionic liquid solutions. **Fluid Phase Equilibria**, v. 451, p. 68–78, 2017.
- LOPES-LUTZ, D. et al. Characterization and quantification of polyphenols in Amazon grape (*Pourouma cecropiifolia* Martius). **Molecules**, v. 15, n. 12, p. 8543–8552, 2010.
- LOPES, D. et al. Caracterização química dos frutos do mapati (*Pourouma cecropiifolia* Martius-Moraceae). 1999.
- LUCIANA, M. et al. 530 2017. n. October 2019, p. 530–543, 2017.
- LV, H. et al. The hepatoprotective effect of myricetin against lipopolysaccharide and D-galactosamine-induced fulminant hepatitis. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 155, p. 1092–1104, 2020.
- MA, J. et al. Function in mice by inhibiting oxidative stress and. 2015.
- MAGALHÃES, L. M. et al. Methodological aspects about in vitro evaluation of antioxidant

- properties. **Analytica chimica acta**, v. 613, n. 1, p. 1–19, 2008.
- MAGNANI, C. et al. Caffeic acid: a review of its potential use in medications and cosmetics. **Analytical Methods**, v. 6, n. 10, p. 3203–3210, 2014.
- MANNINO, G. et al. Phytochemical profile and antioxidative properties of *Plinia trunciflora* fruits: A new source of nutraceuticals. **Food chemistry**, v. 307, p. 125515, 2020.
- MAOKA, T. Carotenoids as natural functional pigments. **Journal of Natural Medicines**, v. 74, n. 1, p. 1–16, 2020.
- MAR, J. M. et al. Encapsulation of Amazonian Blueberry juices: Evaluation of bioactive compounds and stability. **Lwt**, v. 124, n. January, p. 109152, 2020.
- MARIANO-NASSER, F. A. DE C. et al. Bioactive compounds in different acerola fruit cultivares. **Semina: Ciências Agrárias (Londrina)**, v. 38, n. 4 Suppl. 1, p. 2505–2514, 2017.
- MARSHALL, D. D.; POWERS, R. Beyond the paradigm: Combining mass spectrometry and nuclear magnetic resonance for metabolomics. **Progress in nuclear magnetic resonance spectroscopy**, v. 100, p. 1–16, 2017.
- MARTÍN-GÓMEZ, J. et al. Influence of drying processes on anthocyanin profiles, total phenolic compounds and antioxidant activities of blueberry (*Vaccinium corymbosum*). **LWT**, v. 120, p. 108931, 2020.
- MERTZ, C. et al. Phenolic compounds, carotenoids and antioxidant activity of three tropical fruits. **Journal of food composition and analysis**, v. 22, n. 5, p. 381–387, 2009.
- MIAO, R.-R. et al. Myricetin and M10, a myricetin-3-O- $\beta$ -D-lactose sodium salt, modify composition of gut microbiota in mice with ulcerative colitis. **Toxicology letters**, v. 346, p. 7–15, 2021.
- MORAES, D. P. et al. Characterization of a new blackberry cultivar BRS Xingu: Chemical composition, phenolic compounds, and antioxidant capacity in vitro and in vivo. **Food Chemistry**, v. 322, p. 126783, 2020.
- MUNE, T. L.; PARHAM, J. W. The declared noxious weeds of Fiji and their control. **Bull. Dep. Agric. Fiji**, v. 48, 1967.
- MUTHUKUMARAN, S. et al. Ellagic acid in strawberry (*Fragaria* spp.): Biological, technological, stability, and human health aspects. v. 1, n. February, p. 227–252, 2018.
- NALLAPPAN, D. et al. Amelioration of high-fat diet-induced obesity and its associated complications by a myricetin derivative-rich fraction from *Syzygium malaccense* in C57BL/6J mice. **Food & function**, v. 12, n. 13, p. 5876–5891, 2021.
- NGAMWONGLUMLERT, L. et al. Plant carotenoids evolution during cultivation, postharvest storage, and food processing: A review. n. April, p. 1–44, 2020.
- NGAMWONGLUMLERT, L.; DEVAHASTIN, S.; CHIEWCHAN, N. Natural colorants: Pigment stability and extraction yield enhancement via utilization of appropriate pretreatment

and extraction methods. **Critical reviews in food science and nutrition**, v. 57, n. 15, p. 3243–3259, 2017.

NURCHOLIS, W.; NUR, D.; HUSNAWATI, H. Annals of Agricultural Sciences Total flavonoid content and antioxidant activity of ethanol and ethyl acetate extracts from accessions of *Amomum compactum* fruits. **Annals of Agricultural Sciences**, v. 66, n. 1, p. 58–62, 2021.

OCAMPO SERNA, D. M.; ISAZA MARTÍNEZ, J. H. Phenolics and polyphenolics from Melastomataceae species. **Molecules**, v. 20, n. 10, p. 17818–17847, 2015.

OH, T. W. et al. Quercitrin inhibits platelet activation in arterial thrombosis. **Phytomedicine**, v. 80, p. 153363, 2021.

OTHMAN, M. S. et al. Biomedicine & Pharmacotherapy Hepatorenal protective efficacy of flavonoids from *Ocimum basilicum* extract in diabetic albino rats : A focus on hypoglycemic , antioxidant , anti-inflammatory and anti-apoptotic activities. **Biomedicine & Pharmacotherapy**, v. 144, p. 112287, 2021.

OYAGBEMI, A. A. et al. Gallic Acid Ameliorates Cyclophosphamide- Induced Neurotoxicity in Wistar Rats Through Free Radical Scavenging Activity and Improvement in Antioxidant Defense System Gallic Acid Ameliorates Cyclophosphamide-Induced Neurotoxicity in Wistar Rats Through Free Radical Scavenging Activity and Improvement in Antioxidant Defense System. v. 0211, n. January 2016, 2015.

PEREIRA, G. A. et al. Carbohydrates, volatile and phenolic compounds composition, and antioxidant activity of calabura (*Muntingia calabura* L.) fruit. **Food research international**, v. 108, p. 264–273, 2018.

PRIOR, R. L. et al. Assays for hydrophilic and lipophilic antioxidant capacity (oxygen radical absorbance capacity (ORACFL)) of plasma and other biological and food samples. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 51, n. 11, p. 3273–3279, 2003.

QI, X.; TESTER, R. F. Clinical Nutrition ESPEN Fructose , galactose and glucose e In health and disease. **Clinical Nutrition ESPEN**, v. 33, p. 18–28, 2019.

RAMOS, A. S. et al. Chemical characterization and antioxidant capacity of the araçá-pera (*Psidium acutangulum*): An exotic Amazon fruit. **Food Research International**, v. 75, p. 315–327, 2015.

RENGARAJAN, S.; MELANATHURU, V.; GOVINDASAMY, C. Journal of King Saud University – Science Antioxidant activity of flavonoid compounds isolated from the petals of *Hibiscus rosa sinensis*. **Journal of King Saud University - Science**, v. 32, n. 3, p. 2236–2242, 2020.

RODRIGUES, L. S. I. et al. Amazonian Melastomataceae blueberries : Determination of phenolic content , nutritional composition , and antioxidant and anti-glycation activities. v. 158, n. June, 2022.

RODRIGUEZ-CONCEPCION, M. et al. A global perspective on carotenoids: Metabolism, biotechnology, and benefits for nutrition and health. **Progress in lipid research**, v. 70, p. 62–

93, 2018.

ROESLER, R. et al. Atividade antioxidante de frutas do cerrado. **Food Science and Technology**, v. 27, p. 53–60, 2007.

ROSS, J. A.; KASUM, C. M. Dietary flavonoids: bioavailability, metabolic effects, and safety. **Annual review of Nutrition**, v. 22, p. 19, 2002.

SANTOS, S. S. et al. Antioxidant compounds from blackberry (*Rubus fruticosus*) pomace: Microencapsulation by spray-dryer and pH stability evaluation. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 20, p. 100177, 2019.

SCHULTES, R. E. Diversas plantas comestíveis nativas do noroeste da Amazônia. **Acta Amazonica**, v. 7, p. 317–327, 1977.

SEMWAL, D. K. et al. Dietary flavonoids: bioavailability, metabolic effects, and safety. **Nutrients**, v. 8, n. 2, p. 90, 2016.

SIEBENEICHLER, T. J. et al. APLICAÇÃO PÓS-COLHEITA DE SACAROSE EM FRUTOS DE MORANGO (*FRAGARIA X ANANASSA*) IMATUROS. [s.d.].

SILVA, B. et al. In vitro anti-inflammatory properties of honey flavonoids: A review. **Food Research International**, v. 141, n. July 2020, p. 110086, 2021.

SILVA, L. M. et al. Delivery of phytochemicals of tropical fruit by-products using poly (DL-lactide-co-glycolide)(PLGA) nanoparticles: synthesis, characterization, and antimicrobial activity. **Food Chemistry**, v. 165, p. 362–370, 2014.

SILVEIRA, K. G. Caracterização físico-química e bioacessibilidade de compostos fenólicos de sucos e cascas de laranja e limão. 2019.

SIM, Y. Y. et al. Industrial Crops & Products Effect of various solvents on the pulsed ultrasonic assisted extraction of phenolic compounds from *Hibiscus cannabinus* L. leaves. **Industrial Crops & Products**, v. 140, n. 1, p. 111708, 2019.

SONG, X. et al. Myricetin: A review of the most recent research. **Biomedicine & Pharmacotherapy**, v. 134, p. 111017, 2021.

SOUZA, M. D. L. M.; CASTRO, I. M. Caracterização Química dos Fati ( *Pourouma cecropiifolia* Martius - Moraceae ) Chemical Characterization of Mapati Fruits ( *Pourouma cecropiifolia* Martius - Moraceae ). v. 2, p. 45–50, 1999.

STAFUSSA, A. P. et al. Bioactive compounds of 44 traditional and exotic Brazilian fruit pulps: phenolic compounds and antioxidant activity. **International Journal of Food Properties**, v. 21, n. 1, p. 106–118, 2018.

TENG, Y.-N. et al. Caffeic Acid Attenuates Multi-Drug Resistance in Cancer Cells by Inhibiting Efflux Function of Human P-glycoprotein. **Molecules (Basel, Switzerland)**, v. 25, n. 2, jan. 2020.

TERCI, D. B. L.; ROSSI, A. V. Indicadores naturais de pH: usar papel ou solução? **Química**

**Nova**, v. 25, p. 684–688, 2002.

TERRA, S. B.; VIERA, C. T. R. Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANCs): levantamento em zonas urbanas de Santana do Livramento, RS. **AMBIÊNCIA**, v. 15, n. 1, p. 112–130, 2019.

TEXEIRA, L. N.; STRINGHETA, P. C.; OLIVEIRA, F. A. DE. Comparação de métodos para quantificação de antocianinas. **Revista Ceres**, v. 55, n. 4, p. 297–304, 2008.

TIMONI, L. et al. QUALIDADE DE FRUTOS PROCESSADOS ARTESANALMENTE DE AÇAÍ ( *Euterpe oleracea* MART .). p. 729–738, 2015.

UEKANE, T. M. et al. Studies on the volatile fraction composition of three native Amazonian-Brazilian fruits: Murici (*Byrsonima crassifolia* L., Malpighiaceae), bacuri (*Platonia insignis* M., Clusiaceae), and sapodilla (*Manilkara sapota* L., Sapotaceae). **Food chemistry**, v. 219, p. 13–22, 2017.

WU, X. et al. Lipophilic and hydrophilic antioxidant capacities of common foods in the United States. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 52, n. 12, p. 4026–4037, 2004.

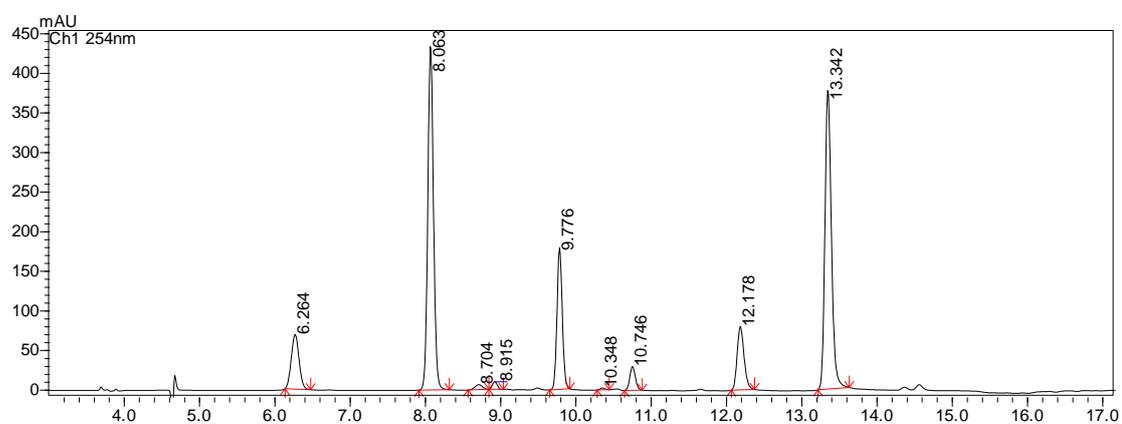
YING, X. et al. Possible osteoprotective effects of myricetin in STZ induced diabetic osteoporosis in rats. **European Journal of Pharmacology**, v. 866, p. 172805, 2020.

YOUSEFI, M.; SHADNOUSH, M. Insights to potential antihypertensive activity of berry fruits. n. April, p. 1–18, 2020.

ZHI, K. et al. Quercitrin treatment protects endothelial progenitor cells from oxidative damage via inducing autophagy through extracellular signal-regulated kinase. **Angiogenesis**, 2016.

## MATERIAL SUPLEMENTAR

- Cromatograma dos Padrões analisados

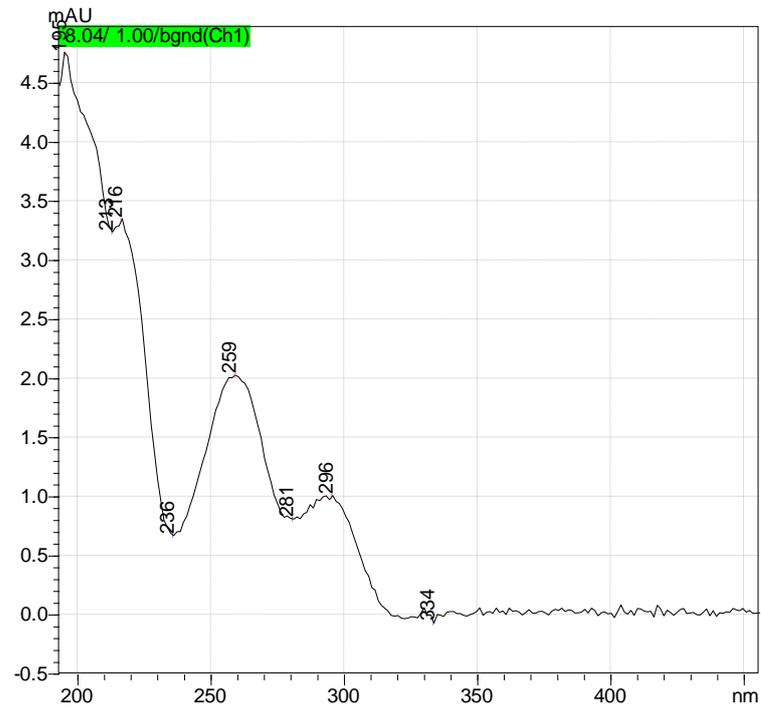


- Tempos de retenção de cada Padrão

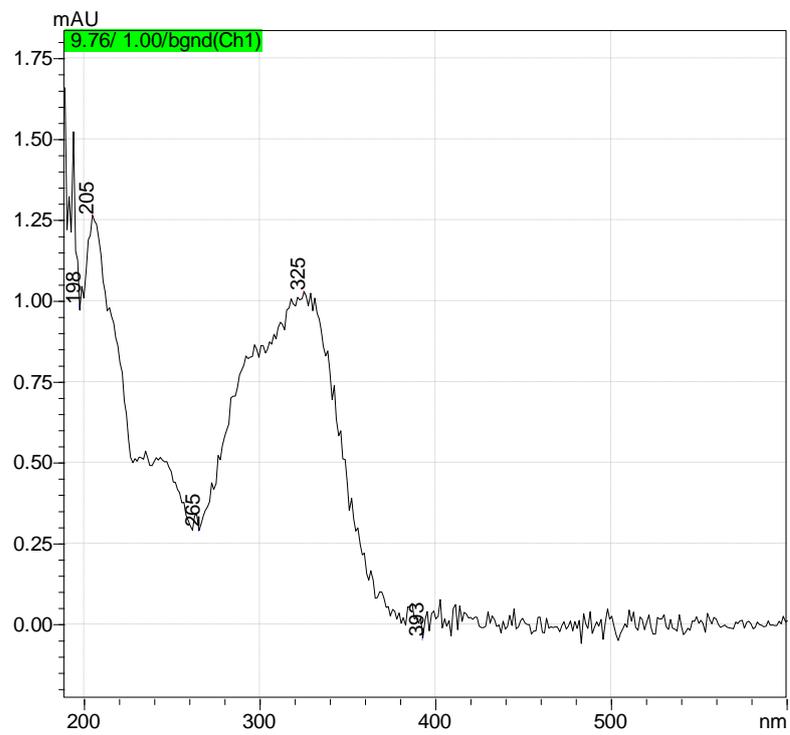
### Ácido gálico



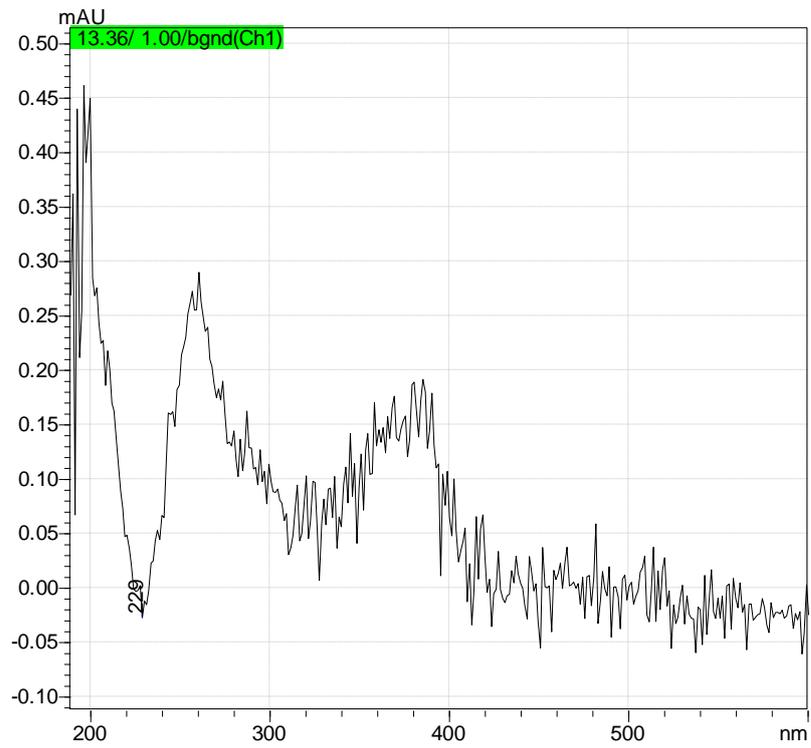
## Ácido protocatecuico



## Ácido cafeico



## Quercitrina



## Miricetina

