

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

PÂMELA DA SILVA SOUZA

**EXTRAÇÃO DE COMPOSTOS BIOATIVOS DE CASCAS E SEMENTES DE
PITOMBA (*Talisia esculenta*) UTILIZANDO SOLVENTES EUTÉTICOS**

CAMPO MOURÃO

2022

PÂMELA DA SILVA SOUZA

**EXTRAÇÃO DE COMPOSTOS BIOATIVOS DE CASCAS E SEMENTES DE
PITOMBA (*Talisia esculenta*) UTILIZANDO SOLVENTES EUTÉTICOS**

**Bioactive compounds extraction from pitomba (*Talisia esculenta*) bark and
seeds using eutectic solvents**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador(a): Prof^a Dr^a Leila Larisa Medeiros Marques.

Coorientadora: Prof^a Dr^a Mirela Vanin do Santos Lima.

CAMPO MOURÃO

2022



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

PÂMELA DA SILVA SOUZA

**EXTRAÇÃO DE COMPOSTOS BIOATIVOS DE CASCAS E SEMENTES DE
PITOMBA (*Talisia esculenta*) UTILIZANDO SOLVENTES EUTÉTICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado como requisito para obtenção do título
de Bacharel em Engenharia de Alimentos da
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
(UTFPR).

Data de aprovação: 02/dezembro/2022

Leila Larisa Medeiros Marques
Doutorado em Ciências Farmacêuticas
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Mirela Vanin dos Santos Lima
Doutorado em Engenharia Química
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Adriana Aparecida Droval
Doutorado em Ciências de Alimentos
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Stephani Caroline Beneti
Doutorado em Engenharia de Alimentos
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

CAMPO MOURÃO

2022

Dedico este trabalho à minha família, em especial a meu pai que está em meu coração e minha mãe que sempre cuidou de mim.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por todas as oportunidades e os muitos desafios que me foram dados durante toda a vida. Nada na vida é por acaso, tudo tem um porquê.

A minha família, por sempre me dar todo apoio, em especial meu pai José de Souza (in memoriam) que foi meu maior incentivador no início deste desafio e está sempre presente em meu coração, e minha mãe por todo cuidado e por me dar força para continuar, e por serem meus maiores exemplos de caráter e moral. Agradeço também aos meus irmãos por todo amor e carinho, e meus sobrinhos por sempre deixar a minha vida mais leve, alegre e cheia de luz.

Agradeço à minha Orientadora Prof^a Dr Leila Larisa Medeiros Marques pela paciência e ensinamentos durante todo o período que trabalhamos juntas, sendo uma grande inspiração acadêmica em minha vida. A minha coorientadora Prof^a Mirela Vanin dos Santos Lima pelo apoio e ajuda na elaboração e desenvolvimento deste trabalho.

Aos meus amigos da graduação Ana Luísa Pepinelli, Camila Fiorini, Ana Carolina Cabral, Victor Moretti e Leonardo Gabriani pelo apoio, principalmente na reta final desta jornada, e em especial meu amigo Gabriel Bernaski que esteve comigo durante todo o curso, me apoiando, incentivando, estando ao meu lado nos momentos que mais precisei, dando conselhos e força.

Aos técnicos do laboratório da UTFPR Campus Campo Mourão por todos os ensinamentos, paciência, carinho e confiança. Ao professor responsável pelo laboratório Multiusuário (Central Analítica Multiusuário de Medianeira - CeanMed) da UTFPR Campus Medianeira, por seu tempo e disposição.

E por fim a todos que passaram pela minha vida durante essa grande jornada, que de alguma forma torceu, incentivou, mandou boas energias ou deu uma palavra amiga.

RESUMO

O interesse pela descoberta de extratos vegetais com diferentes atividades biológicas tem aumentado muito nos últimos anos em decorrência da busca por um estilo de vida saudável e da avaliação de que certos alimentos têm substâncias que trazem efeitos fisiológicos desejáveis e benéficos à saúde. O presente trabalho teve como objetivo utilizar a casca e a semente da pitomba, para a obtenção de um extrato natural com grande capacidade antioxidante a partir da técnica de extração com solventes eutéticos, por meio de agitação e temperatura. Observando-se a relação existente entre os dois tipos de resíduos da pitomba (casca e semente), tem-se que maiores valores de compostos fenólicos foram obtidos com a combinação do L-prolina com ácido levulínico ($0,01246 \text{ mgEAG.g}^{-1}$) e cloreto de colina com glicerol ($0,05641 \text{ mgEAG.g}^{-1}$), sem apresentar diferenças significativas. Para os flavonóides o maior valor foi observado com L-prolina e ácido levulínico ($2,7058 \text{ mgEQ.g}^{-1}$). Nas análises de DPPH e FRAP, a melhor combinação observada nos dois foi a de cloreto de colina com glicerol para o DPPH e cloreto de colina com glicerol e L-prolina com ácido levulínico para o FRAP, respectivamente. A partir dos resultados deste estudo foi possível observar que os resíduos apresentam extratos valores significativos em compostos de interesse para aplicação na indústria de alimentos e fármacos.

Palavras-chave: solventes eutéticos; extrato; bioativos; pitomba; resíduo.

ABSTRACT

The interest in discovering plant extracts with different biological activities has increased a lot in recent years because of the search for a healthy lifestyle and the assessment that certain foods have substances that bring desirable physiological effects and are beneficial to health. The present work aimed to use pitomba bark and seed to obtain a natural extract with high antioxidant capacity from the extraction technique with eutectic solvents, through agitation and temperature. Observing the relationship between the two types of pitomba residues (peel and seed), higher values of phenolic compounds were obtained with the combination of L-proline with levulinic acid ($0.01246 \text{ mgEAG.g}^{-1}$) and choline chloride with glycerol ($0.05641 \text{ mgEAG.g}^{-1}$), without showing significant differences. For flavonoids, the highest value was observed with L-proline and levulinic acid ($2.7058 \text{ mgEQ.g}^{-1}$). In the DPPH and FRAP analyses, the best combination observed in both was choline chloride with glycerol for DPPH and choline chloride with glycerol and L-proline with levulinic acid for FRAP, respectively. From the results of this study, it was possible to observe that the residues present significant values in compounds of interest for application in the food and drug industry.

Keywords: eutectic solvent; extract; bioactives; pitomba; residue.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Pitomba (<i>Talisia esculenta</i>) na forma original, descascada e despulpada	15
Figura 2 – Processo de cavitação do banho ultrassônico. (A) Formação de bolhas de cavitação; (B) Efeito de cavitação observado no banho ultrassônico; (C) Sistema de extração por banho ultrassônico.	17
Figura 3 - Exemplos de flavonoides mais comumente encontrados. A: catequinas e B: antocianinas.	19
Figura 4 – Combinação solventes eutéticos naturais profundos de cloreto de colina e ácido levulínico transparente, homogêneo e sem formação de cristais.	21
Figura 5 - Termograma da análise termogravimétrica (TGA) dos solventes eutéticos naturais profundos (NADES). (P1): cloreto de colina + ácido láctico. (P2): cloreto de colina + ácido levulínico. (P3): Cloreto de colina+ Glicerol. (P4): l-prolina e ácido levulínico.	26
Figura 6 - Termograma da análise calorimétrica exploratória diferencial (DSC) dos solventes eutéticos naturais profundos (NADES). (P1): cloreto de colina + ácido láctico. (P2): cloreto de colina + ácido levulínico. (P3): Cloreto de colina+ Glicerol. (P4): l-prolina e ácido levulínico.	26
Figura 7 - Função desejabilidade para o melhor solvente na extração da casca de pitomba	31
Figura 8 - Função desejabilidade para o melhor solvente na extração da semente de pitomba. Fonte: Autoria própria (2022).	33
Figura 9 - Análise de componentes principais (PCA) para a avaliação dos solventes empregados.....	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Combinações e proporções molares dos NADES	20.
Tabela 2 - Valores de densidade e peso dos picnômetros	27.
Tabela 3 - Médias e desvios-padrões para a extração de compostos fenólicos, flavonoides, DPPH e FRAP em solventes em sementes e casca de pitomba...29.	
Tabela 4 - Correlações (coeficientes de correlação de Pearson) entre os parâmetros físico-químicos e os dois primeiros componentes principais.....	31.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	OBJETIVOS	13
2.1	Objetivo Geral	13
2.2	Objetivo Específico	13
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
3.1	Plantas alimentícias não convencionais (PANCs)	14
3.2	Pitomba (<i>Talisia esculenta</i>)	14
3.3	Solventes eutéticos profundos naturais (NADES)	15
3.4	Extração por banho ultrassônico	16
3.5	Antioxidantes	17
3.6	Flavonoides	18
3.7	Compostos fenólicos	19
4	METODOLOGIA	20
4.1	Preparo das amostras	20
4.2	Preparo dos NADES	20
4.3	Caracterização dos NADES	21
4.3.1	Termogravimetria (TGA) e calorimetria diferencial de varredura (DSC)	21
4.3.2	Análise de densidade	22
4.4	Extração por ultrassom	22
4.5	Bioatividade	22
4.5.1	Compostos fenólicos totais.....	22
4.5.2	Flavonoides totais.....	23
4.5.3	Determinação da capacidade antioxidante pelo método de DPPH	23
4.5.4	Determinação da capacidade antioxidante pelo método de FRAP+	23
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
5.1	Caracterização dos NADES	25
5.1.1	Termogravimetria (TGA) e calorimetria diferencial de varredura (DSC)	25
5.1.2	Análise de densidade	26
5.2	Análise dos Compostos Bioativos	27
6	CONCLUSÃO	34
	REFERÊNCIAS	35

1 INTRODUÇÃO

Na grande biodiversidade alimentar do Brasil existem diversas plantas que podem ser consumidas à disposição, sejam elas, folhas para saladas, frutos saborosos, sementes, castanhas, cereais, ou ainda plantas produtoras de essências, de óleos comestíveis, de açúcares e até mesmo de seivas potáveis, mas que ainda são pouco estudadas (CRIOULA, 2017).

Nos últimos anos o interesse nas espécies frutíferas nativas aumentou consideravelmente, tanto por parte dos pesquisadores como dos consumidores que estão cada vez mais preocupados com estilo de vida e hábitos alimentares saudáveis. Vários estudos reportam que as frutas, além de nutrir, contém substâncias que podem propiciar benefícios adicionais à saúde (ALU'DATT *et al.*, 2017; VIRGOLIN; SEIXAS; JANZANTTI, 2017).

A pitomba é um fruto pouco estudado, cuja composição química e atividade biológica necessitam de maiores investigações. Atualmente não se tem estudos que tratam da composição de sua casca e semente. Observa-se, então, a maior necessidade de estudos para aprofundar os conhecimentos quanto à caracterização nutricional e funcional deste fruto, principalmente no que se refere às partes não consumidas (LIMA, 2019).

Após o processamento, as frutas geram subprodutos que muitas vezes não possuem um destino específico, e isso conseqüentemente, gera custos operacionais às empresas, pois necessitam de tratamento para seu descarte. Dentre os resíduos agroindustriais mais comumente encontrados destacam-se as cascas, sementes e bagaço (INFANTE *et al.*, 2013).

A forma que o homem vem influenciando nas mudanças do planeta trazem a consciência sobre a necessidade de mudanças no hábito, tais como a preocupação com a sustentabilidade e preservação do meio ambiente. Muitas empresas adotam inovações ambientais realizando mudanças no processo produtivo a fim de reduzir esses problemas, investindo na chamada tecnologia “Verde” (SAVI, 2019).

Sabe-se que muitas das substâncias biologicamente ativas encontradas nas plantas, incluindo compostos fenólicos (flavonoides e fenólicos), possuem propriedades antioxidantes em potencial (LEMUS-MONDACA *et al.*, 2011). Os antioxidantes são compostos que ganharam importância nos últimos anos devido à sua capacidade de neutralizar os radicais livres. Podem interferir no processo de

oxidação, reagindo com os radicais livres, quelando metais catalíticos e atuando como eliminadores de oxigênio. Estes antioxidantes naturais à base de plantas, especialmente fenólicos e flavonoides, têm sido explorados comercialmente como aditivos antioxidantes ou como suplementos nutricionais (LEMUS-MONDACA *et al.*, 2011; SANTOS, 2010).

Uma alternativa para prevenção da deterioração oxidativa dos alimentos é a aplicação de antioxidantes, que do mesmo modo minimizam os danos oxidativos nos seres vivos. Pesquisas estão voltadas para a implantação e busca de compostos naturais que mostrem esta propriedade funcional (MELO, GUERRA, 2002), dado que a utilização de antioxidantes sintéticos na indústria tem sido alvo de questionamentos, evidenciando a possibilidade de eles apresentarem alguma toxidez (BAUER *et al.*, 2001).

Técnicas de extração não convencionais e convencionais estão sendo utilizadas para a extração de substâncias bioativas de resíduos vegetais, sendo as técnicas não convencionais reconhecidas pelo menor tempo de extração, aumento do rendimento e melhor qualidade dos extratos (WANG; WELLER, 2006).

A extração consiste na primeira etapa para que ocorra uma análise qualitativa ou quantitativa de uma planta, pois a extração separa os compostos da matriz celular para serem posteriormente analisados (JACQUES, 2005). O método de extração aplicado a uma fruta é muito importante ao processamento já que pode afetar o rendimento e as características sensoriais. O aumento do rendimento em detrimento da qualidade é uma escolha a ser estudada (DIB TAXI *et al.*, 2003).

O interesse do Solventes Eutéticos Naturais Profundos na extração de compostos fenólicos de plantas se deve à sua biocompatibilidade e em razão da possibilidade de ocorrer uma maior estabilidade dos compostos fenólicos nesses solventes. Esse efeito decorre das interações moleculares entre o solvente e o composto fenólico, preservando dessa forma as características funcionais da biomolécula, como a capacidade antioxidante (BARBIERI, 2018).

Os Solventes Eutéticos Naturais Profundos (NADES) ou Deep Eutectic Solvents (DES) são solventes ecológicos, pois todos os precursores são originários de fontes naturais, que são basicamente ácidos orgânicos, aminoácidos e açúcares. Alguns deles são: cloreto de colina, ácido levulínico, ácido láctico, ácido oxálico, glicerol, xilitol entre outros. Estão presentes na biogênese de diversas plantas, desempenhando papel de proteção em condições extremas de baixas temperaturas

e falta de água, além de ajudar no depósito de metabólitos primários (ABBOTT *et al.*, 2003; SAVI, 2019).

Com estas informações considerou-se produzir extrato a partir da casca e semente da *Talisia esculenta* utilizando solventes eutéticos, e ainda, com as variáveis de resposta em teor de compostos bioativos e capacidade antioxidante, investigar a melhor combinação de NADES.

1 OBJETIVOS

1.1 Objetivo Geral

Otimizar a extração de compostos bioativos das cascas e sementes de *Talisia esculenta* com a caracterização e aplicação de solventes eutéticos por meio da técnica de extração utilizando o ultrassom.

1.2 Objetivo Específico

- Selecionar e preparar as casca e semente de pitomba (*Talisia esculenta*) a ser utilizada no processo de extração;
- Preparar e caracterizar combinações de solventes eutéticos profundos (NADES);
- Extrair compostos bioativos presentes na casca e semente de pitomba (*Talisia esculenta*) por meio de banho ultrassônico;
- Caracterizar extratos por meio de análise de atividade antioxidante, compostos fenólicos e flavonoides;
- Determinar o rendimento em massa da extração em cada experimento e definir a melhor combinação de NADES;
- Extrair o ponto ótimo obtido da análise estatística do delineamento experimental utilizando variáveis respostas de: rendimento em massa, atividade antioxidante, quantidade de compostos fenólicos e flavonoides.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Plantas alimentícias não convencionais (PANCs)

Muito é dito sobre a grande biodiversidade brasileira, segundo Fioravanti (2016) são apontadas 46.097 espécies de plantas, fungos e algas e, destas, 47% são nativas de determinadas regiões do Brasil. Muitas instituições de pesquisas passaram a estudar essa diversidade florística (fitodiversidade) pelo seu grande potencial como fonte de alimentos, compostos bioativos, princípios ativos de medicamentos, e outras moléculas (BIONDO *et al.*, 2018).

As muitas espécies de plantas/ervas espontâneas ou silvestres, mais conhecidas como “daninhas”, “matos” ou “iços” tem um grande potencial econômico e ecológico, porém muitas vezes desconhecido. Segundo Kinupp (2009), boa parte dessas espécies são alimentícias, mesmo que em desuso atualmente. Essas espécies alimentícias são mais conhecidas como plantas alimentícias não convencionais (PANCs), são plantas que normalmente não estão à disposição no mercado comercial, e possuem uma ou mais partes comestíveis (KINUPP, 2007).

As plantas são uma fonte natural de compostos bioativos eficazes, tais como antioxidantes, açúcares redutores, polifenóis, entre outros, que podem ter diversas aplicações, principalmente como aditivos alimentares nutracêuticos e funcionais (LOZIENE *et al.*, 2007). Segundo Tuler, Peixoto e Silva (2019) o maior consumo de PANCs é por pequenos agricultores e nas comunidades tradicionais, já nas áreas urbanas o consumo é pequeno devido à falta de acesso. As PANCs normalmente são ingeridas *in natura* ou preparadas para ser consumidas empanadas, cozidas, refogadas, entre outros (ALBUQUERQUE; ANDRADE, 2002; CREPALDI *et al.*, 2001; KINUPP; BARROS, 2008; MIRANDA; HANAZAKI, 2008; NASCIMENTO *et al.*, 2012; NASCIMENTO *et al.*, 2013; PILLA; AMOROZO, 2009).

2.2 Pitomba (*Talisia esculenta*)

A Pitomba (*Talisia esculenta*), é uma planta pertencente à família *Sapindaceae*, é um fruto silvestre natural do Brasil, especificamente da região amazônica ocidental, mas é largamente cultivada em várias regiões do Brasil, como região Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste (HIANE *et al.*, 1992; SOUZA *et al.*, 2016; NETO, SANTANA; SILVA, 2003).

É um fruto redondo composto por uma casca fina e marrom na aparência, uma polpa branca parecida com a da lichia, e uma semente no meio, como apresentado na Figura 1 (SOUZA *et al.*, 2016). Atualmente existem poucos estudos na literatura relacionados a pitomba, porém ela faz parte da culinária brasileira, principalmente na região norte e nordeste onde é mais conhecida, possui um grande potencial econômico, já que seu próprio fruto é comercializado, tanto *in natura* quando em forma de geleias, compotas e doces com sabor semelhante ao do fruto damasco (GUARIM NETO *et al.*, 2000; VIEIRA, GUSMÃO, 2008; FRAGA, 2016).

Figura 1 - Pitomba (*Talisia esculenta*) na forma original, descascada e despulpada



Fonte: Lima (2019), p.11.

Estão sendo feitos estudos sobre o potencial da pitomba, e foi comprovado atividades antioxidantes, antimutagênica e antiproliferativa do extrato bruto da mesma, também foi identificado quercetina e miricetina no extrato hidrolisado da polpa (NERI-NUMA *et al.*, 2014).

2.3 Solventes eutéticos profundos naturais (NADES)

O crescente impacto sobre o meio ambiente vem trazendo preocupação mundial, assim motivou pesquisadores a desenvolver substâncias e processos industriais menos nocivos ao meio ambiente, colocando a “extração verde” no centro das atenções das comunidades científica e industrial, onde se estuda a substituição de solventes orgânicos voláteis e tóxicos por compostos biodegradáveis (BUBALO *et al.*, 2016; KHANDELWAL *et al.*, 2016).

Atualmente os NADES (Natural Deep Eutectic Solvents) têm se expandido e chamado bastante atenção para substituir os atuais solventes como uma alternativa propícia para solventes orgânicos tradicionais (DAI *et al.*, 2013). Eles possuem as mesmas características dos líquidos iônicos, que são sais fundidos, mas, não

apresentam a biodegradabilidade e sustentabilidade esperada para ser um solvente verde. Os NADES são obtidos a partir de compostos orgânicos, ou seja, de baixo custo, devido a fácil obtenção (SAVI, 2019).

São misturas de compostos com alta estabilidade térmica, volatilidade, capacidade de solubilização, polaridade ajustável e pressões de vapores reduzidas, e como tem a capacidade de adequar suas propriedades para fins específicos, acabam se tornando de grande interesse para a pesquisa e para a indústria, atraindo a atenção como solventes em síntese orgânica e biocatálise, produção de polímeros, eletroquímica, nanomateriais, processos de separação, análise, aplicações biomédicas e extração de compostos biologicamente ativos a partir de materiais vegetais (BUBALO *et al.*, 2016; DAI *et al.*, 2013; CRUZ, 2018).

A preparação dos NADES é básica, onde o método mais aplicado é a mistura dos compostos, seguida de aquecimento constante até que seja formado um líquido límpido e homogêneo. Além deste método existem outros baseados na liofilização e evaporação a vácuo (BUBALO *et al.*, 2016; HANSEN *et al.*, 2020).

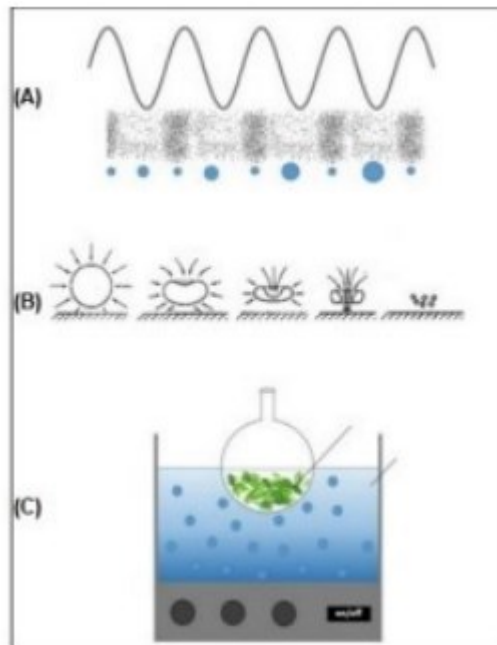
2.4 Extração por banho ultrassônico

O tradicional processo de extração sólido-líquido baseia-se nos princípios de transferência de massa e ocorrência de equilíbrio, com por exemplo a aplicação ou não de calor, diferente do princípio do processo de extração por ultrassom, que ocorrem em razão das modificações nas estruturas celulares induzidas pelo efeito das ondas ultrassônicas. Para obter tal resultado, diferentes equipamentos são construídos com características específicas (TADINI *et al.*, 2016).

As ondas de ultrassom são vibrações mecânicas com frequências acima de 20 kHz (quilohertz) que podem ser aplicadas a materiais sólidos, líquidos ou gasosos. Diferentes das ondas eletromagnéticas, por definição, as ondas de ultrassom necessitam de um material através do qual transferir energia, o que não é requisito imprescindível para as ondas eletromagnéticas, visto que estas últimas podem se propagar no vácuo (TADINI *et al.*, 2016).

O banho ultrassônico possuiu um transdutor, preso do fundo da cuba do aparelho, responsável pela emissão de energia ultrassônica, que se transmite por meio de um líquido, geralmente água, fazendo com que ocorra o processo de cavitação (SCHNEIDER, 2005). Na Figura 2 é possível observar o processo de cavitação do banho ultrassônico.

Figura 2 – Processo de cavitação do banho ultrassônico. (A) Formação de bolhas de cavitação; (B) Efeito de cavitação observado no banho ultrassônico; (C) Sistema de extração por banho ultrassônico



Fonte: Nora; Borges (2017), p.4.

O uso do banho ultrassônico oferece algumas vantagens como extração de compostos bioativos sem prejudicar seus efeitos antioxidantes, redução da degradação térmica dos compostos, diminuição do tempo de extração e da quantidade de solvente (NORA; BORGES, 2017). Consequentemente essas vantagens contribuem positivamente ao meio ambiente, tornando-se assim uma “tecnologia verde”, considerando também o uso de solventes naturais e subprodutos sem destino específico.

2.5 Antioxidantes

Os antioxidantes podem ser definidos como quaisquer substâncias que têm a capacidade de retardar ou impedir danos devido a oxidação, ou seja, são compostos envolvidos no mecanismo de defesa do organismo contra o ataque de radicais livres (SILVA *et al.*, 2010). Este mecanismo de ação dos antioxidantes, presentes em extratos de plantas, são importantes na redução da oxidação lipídica em tecidos, tanto vegetal, quanto animal, porque quando incorporado na alimentação humana conserva a qualidade do alimento e reduz o risco de

desenvolvimento de patologias, como arteriosclerose e câncer (RAMARATHNAM *et al.*, 1995; NAMIKI, 1990; LIMA, 2019).

As substâncias antioxidantes podem ser classificadas em duas principais categorias: primários e secundários, onde primário são os compostos de ação antioxidante capaz de retardar ou inibir a oxidação, que com a doação de elétrons ou átomos de hidrogênio ocorre a inativação dos radicais livres. Os secundários possuem uma grande variedade de modos de ação, entre eles estão as ligações de íons metálicos e absorção de radiação UV (MAISUTHISAKUL, SUTTAJIT, PONGSAWATMANIT, 2007; SILVA *et al.*, 2010).

Ainda existem muitas dúvidas em relação aos antioxidantes, como por exemplo, a inexistência de recomendação para cada antioxidante; não ter padronização quanto ao real valor antioxidante dos alimentos; e os possíveis efeitos tóxicos da administração de elevadas doses desses compostos. Entre os antioxidantes naturais estão os tocoferóis, vitamina C, carotenoides e compostos fenólicos. Os métodos FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power), ABTS e DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil) são mais utilizados para determinar a capacidade antioxidante *in vitro* (SILVA, 2008; SUCUPIRA *et al.*, 2012).

2.6 Flavonoides

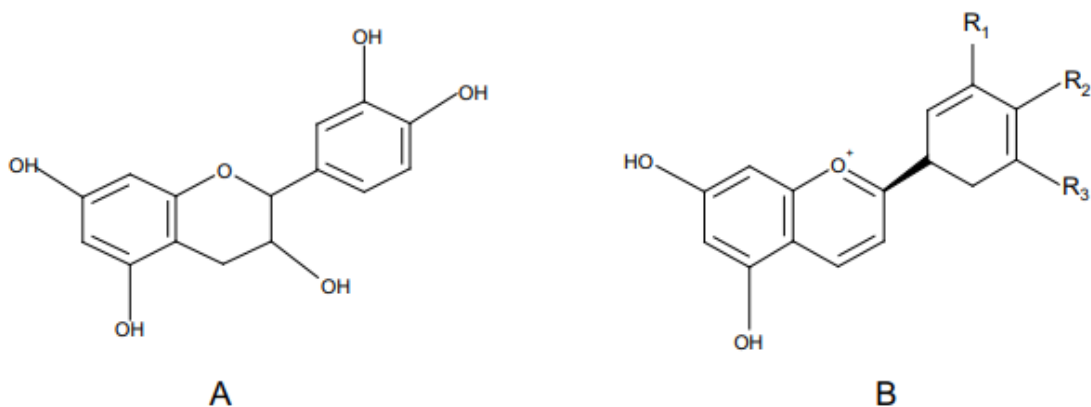
Os flavonoides representam um dos grupos mais importantes e diversificados de origem vegetal que se encontram geralmente em folhas, flores, raízes e frutos das plantas. São compostos bioativos do grupo dos polifenóis têm como função a proteção das plantas contra danos oxidativos, são pigmentos vegetais de cores azul, azul avermelhado e violeta (COWAN, 1999).

Os flavonoides fazem parte de um grupo de compostos fenólicos que estão generosamente distribuídos nas frutas e nos vegetais, apresentando-se sob muitas variações como flavonóis, flavonas, flavanonas, catequinas e antocianinas (Figura 3), entre outras. Algumas de suas principais fontes são: café, cebola, maçã, uva, cerveja e especialmente chá, que em sua composição contém catequinas (GRAHAM, 1992; VAN ACKER *et al.*, 1996; SILVA *et al.*, 2010).

A estrutura dos flavonoides está baseada no núcleo flavilium, o qual é representado por três anéis fenólicos. O benzeno do primeiro anel é condensado com o sexto carbono do terceiro anel que na posição 2 carrega um anel de fenil-benzeno como substituinte. O terceiro anel pode ser um pirano heterocíclico,

gerando as estruturas básicas das leucoantocianinas (ou proantocianinas ou catequinas) e as antocianidinas, denominado de núcleo flavan. No caso do terceiro anel se apresentar como uma pirona, ocorre a formação das flavonas, flavonóis, flavanonas, isoflavonas, chalconas e auronas, recebendo a denominação de núcleo 4-oxo-flavonóide. (AHERNE; O'BRIEN, 2002; DEGÁSPARI; WASZCZYNSKYJ, 2004).

Figura 3 - Exemplos de flavonoides mais comumente encontrados. A: catequinas e B: antocianinas



Fonte: Silva (2010), p.673.

2.7 Compostos fenólicos

Os compostos fenólicos são estruturas químicas que apresentam hidroxilas e anéis aromáticos, nas formas simples ou de polímeros, que os confere o poder antioxidante. Esses compostos podem ser naturais ou sintéticos (ANGELO; JORGE, 2007). Fazem parte de um dos mais numerosos grupos de substâncias que estão amplamente distribuídos da natureza. Mais de 8000 compostos fenólicos já foram detectados atualmente, dentre esse número são mais de 4000 os flavonoides encontrados (TSAO, 2010; VERMA; SHUKLA, 2015; FRAGA, 2018). Estes compostos fenólicos de fontes vegetais normalmente são divididos em dois grupos: os flavonoides e não flavonoides, onde ambos são metabólitos secundários presentes em frutas e vegetais (MELO; GUERRA, 2002; BURNS *et al.*, 2001; DEGÁSPARI; WASZCZYNSKYJ, 2004).

Os polifenóis estão presentes em importantes constituintes de frutas, vegetais e produtos industrializados, onde através do mesmo é possível saber informações em relação a sua atividade antioxidante, potenciais benefícios a saúde

e sobre a qualidade do alimento em que se está presente (TALCOTT *et al.*, 2003; SUCUPIRA *et al.*, 2012).

3 METODOLOGIA

3.1 Preparo das amostras

As amostras foram doadas por uma aluna da área de pesquisa, logo, foram lavadas e higienizadas em água corrente, em seguida, descascadas e despulpadas manualmente, em três categorias: casca, polpa e semente. As cascas e as sementes passaram pelo processo de secagem separadamente em estufa de circulação de ar forçada, com parâmetros de temperatura e tempo (45°C durante 8 horas) até umidade em torno de 10-12%. Dado o tempo, e com o auxílio de um liquidificador industrial, as cascas e sementes foram trituradas e armazenadas em saco plástico com etiqueta de identificação e o armazenamento das três amostras foi realizado em freezer a -20°C.

3.2 Preparo dos NADES

Foram utilizados os seguintes reagentes aceitadores e doadores de ligações de hidrogênio, para elaboração dos NADES: cloreto de colina, L-prolina, ácido láctico, ácido levulínico e o glicerol. Usando a metodologia proposta por Bubalo *et al.* (2016), em um béquer pesou-se as misturas destes reagentes em balança semi-analítica (Shimadzu UW620H), então a mistura foi agitada com o auxílio de agitador magnético (Fisotom) a 80°C até a obtenção de um líquido homogêneo e transparente (Figura 4). As combinações e proporções molares foram definidas otimizando o estudo de Zhu *et al.* (2020), como mostrado na Tabela 1.

Tabela 1 – Combinações e proporções molares dos NADES

Número	Combinações		Razão Molar
	Aceitador	Doador	
1	Cloreto de colina	Ácido Láctico	1:3
2	Cloreto de colina	Ácido Levulínico	1:2
3	Cloreto de colina	Glicerol	1:3
4	L-Prolina	Ácido Levulínico	1:2

Fonte: Autoria própria (2022).

Figura 4 – Combinação solventes eutéticos naturais profundos de cloreto de colina e ácido levulínico transparente, homogêneo e sem formação de cristais



Fonte: A autoria própria (2022).

3.3 Caracterização dos NADES

3.3.1 Termogravimetria (TGA) e calorimetria diferencial de varredura (DSC)

As análises de TGA e DSC foram realizadas por meio de um Analisador Termogravimétrico (STA 6000/Perkin Elmer), no laboratório Multiusuário (Central Analítica Multiusuário de Medianeira - CeanMed) da UTFPR campus Medianeira.

Para a análise de TGA, 15 mg das amostras foram inseridas em porta-amostra de alumínio e seladas, para a análise de DSC foram utilizadas 15 mg de cada amostra em cadinhos de alumínio e então estes foram lacrados. Ambas as taxas de aquecimento foram de 10 °C.min⁻¹ de 25 °C a 500 °C e fluxo de nitrogênio de 50 mL.min⁻¹.

3.3.2 Análise de densidade

Para determinação de densidade utilizou-se o método por picnômetro. Sendo assim, foram pesados quatro picnômetros vazios, com água e com amostra em uma balança semi-analítica (Shimadzu UW620H) com uma precisão de ± 0,001 g, após foi utilizada a equação 1 para o cálculo da densidade.

$$D = \frac{P(am) - P(v)}{P(H_2O) - P(v)} \quad \text{(Equação 1)}$$

1)

Onde:

P(am) = peso do picnômetro com a amostra;

P (v) = peso do picnômetro vazio;

P (H₂O) = peso do picnômetro com água destilada.

3.4 Extração por ultrassom

Em balança analítica (Bioscale), aproximadamente 0,2 g das amostras previamente tratadas (casca e semente de pitomba seca) foram pesadas dentro de tubos de Falcon em triplicata. Na sequência receberam adição de 2,5 mL dos solventes, sendo quatro combinações de NADES e um tubo com etanol e amostra na mesma proporção que os demais. Na sequência as amostras foram submetidas a banho ultrassônico (Elma) para obtenção do extrato bruto, na frequência de 37 Hz, potência de 144W, temperatura de 50°C, durante o período de 10 min. Em seguida, a amostra foi centrifugada (Hoffmann) por 7 min a 4000 rpm em temperatura ambiente. Após tal processo os tubos Falcon contendo as amostras foram reservados no escuro durante quinze dias e posteriormente foi separado o sobrenadante do precipitado e em seguida reservou-se o extrato (sobrenadante).

3.5 Bioatividade

3.5.1 Compostos fenólicos totais

Os compostos fenólicos totais foram estabelecidos de acordo com o método descrito por Folin-Ciocalteu (SINGLETON; ORTHOFER; LAMUELA-RAVENTÓS, 1999). Um total de 30µL de amostra foi adicionada a 2370µL de água destilada. Após, acrescentou-se 150µL do reagente Folin-Ciocateau. Deixou por cinco minutos em equilíbrio e adicionou-se 450µL de carbonato de sódio a 15%. As amostras permaneceram em repouso por 2h. Após esse tempo, a absorbância foi medida em espectrofotômetro UV-Vis (Global Analyzer) a 765 nm. A concentração fenólica é expressa como mg equivalente de ácido gálico (Sigma) (EAG).mL⁻¹ de extrato.

3.5.2 Flavonoides totais

Para a determinação dos índices de flavonoides totais utilizou-se o método espectrofotométrico descrito por Jia *et al.* (1999). Sendo assim, 250µL da amostra foi

adicionada a 1000 μ L de solução etanol:água (3:2) e 75 μ L de solução de nitrito de sódio (5%). Agitou-se a mistura por 5 minutos e acrescentou-se 75 μ L de solução de cloreto de alumínio (10%). Manteve-se as amostras em repouso por 5 min e por fim, acrescentou-se 500 μ L de solução de hidróxido de sódio (1mol.L⁻¹) e procedeu-se a leitura das absorbâncias em espectrofotômetro UV-Vis (Global Analyzer) no comprimento de onda de 510nm, utilizando a quercetina (Sigma) como padrão de referência. A concentração de flavonoides é expressa como mg equivalente de quercetina (EAQ).mL⁻¹ de extrato.

3.5.3 Determinação da capacidade antioxidante pelo método de DPPH

Para a determinação da capacidade antioxidante pelo método de DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil) utilizou-se o método espectrofotométrico descrito por Silveira *et al.* (2018). Sendo assim, 25 μ L da amostra foi adicionado a 75 μ L de água destilada e 3500 μ L de solução DPPH. Manteve-se as amostras em repouso por 30 min em local escuro e por fim, procedeu-se a leitura das absorbâncias em espectrofotômetro UV-Vis (Global Analyzer) no comprimento de onda de 515nm, utilizando a Trolox (Sigma) como padrão de referência. A concentração de antioxidantes é expressa como μ mol equivalente de trolox (ET).g⁻¹ de extrato.

3.5.4 Determinação da capacidade antioxidante pelo método de FRAP+

Para a determinação da capacidade antioxidante pelo método de FRAP do inglês “Ferric Reducing Antioxidant Power”, ou seja, “Poder Antioxidante de Redução do Ferro” utilizou-se o método espectrofotométrico descrito por Rufino *et al.* (2006). Sendo assim, 60 μ L da amostra foi adicionado a 240 μ L de água destilada e 1500 μ L de reagente FRAP. Manteve-se as amostras incubadas por 30 min em banho maria à 37°C e por fim, procedeu-se a leitura das absorbâncias em espectrofotômetro UV-Vis (Global Analyzer) no comprimento de onda de 595nm, utilizando a Trolox (Sigma) como padrão de referência. A concentração de antioxidantes é expressa como μ mol equivalente de Trolox (ET).g⁻¹ de extrato.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização dos NADES

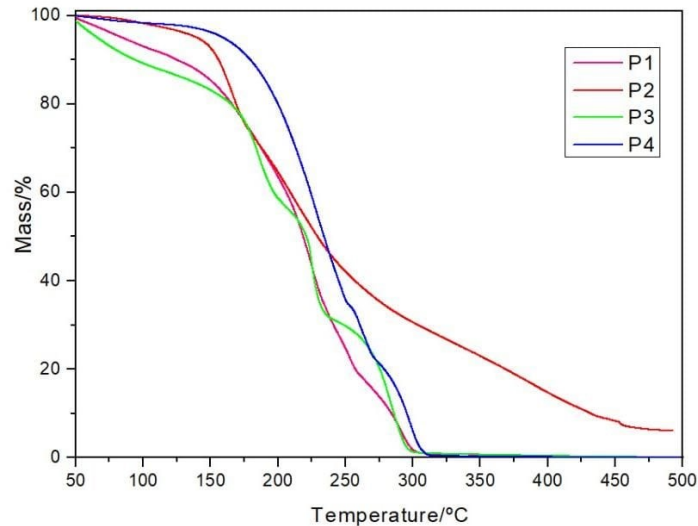
4.1.1 Termogravimetria (TGA) e calorimetria diferencial de varredura (DSC)

Na análise termogravimétrica os termogramas estudam a perda de massa das misturas atuando nas suas propriedades térmicas, como a resistência das ligações de hidrogênio que, por sua vez, podem alterar as formações de vínculos mais fortes ou mais fracos, competindo entre si e prejudicando sua estabilidade térmica (SANTANA *et al.*,2019).

Foi observado na Figura 5, que o solvente de cloreto de colina + ácido láctico (amostra P1) e o solvente de cloreto de colina + glicerol (amostra P3) perderam massa e umidade antes das outras amostras, a partir dos 50 °C. A amostra P1 apresentou características semelhantes ao ácido láctico puro e a combinação de cloreto de colina mais ácido láctico apresentadas por Savi (2019) concordando assim com o que foi observado. A amostra P3 teve uma perda de massa mais significativa entre as temperaturas de 150°C a 300°C, resultados parecidos com os apresentados por Dias (2016). O solvente de L-prolina e ácido levulínico (amostra P4) começa a perder sua massa em torno de 150 °C, diferente dos componentes puros da mistura. Além disso, verificou-se que em ambos os solventes não há presença de picos atenuantes específicos, característico dos componentes puros (como em cloreto de colina e L-prolina), confirmando a estabilidade desses NADES e a interação entre os componentes da mistura, indicando a formação de solventes eutéticos, como no trabalho relatado por Santana *et al.* (2019).

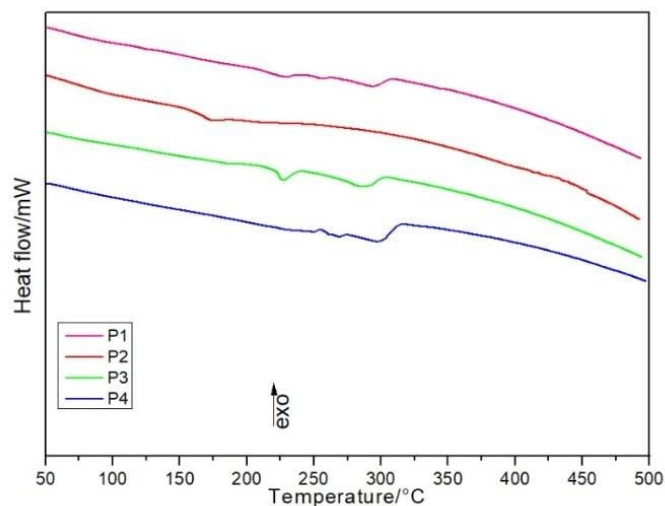
O gráfico de DSC exotérmico (Figura 6) demonstra que a amostra perde calor para o meio e, com isso, o fluxo de calor vai diminuindo de acordo com o aumento da temperatura. Nesta análise, todas as amostras mostraram apenas eventos de transição vítrea (T_g) com temperaturas parecidas, em torno de 200°C a 300°C, mostrando resultados parecidos com Savi (2019) e Dai *et al.* (2013). Sugerindo, desta forma, a caracterização dessas misturas como solventes eutéticos.

Figura 5 - Termograma da análise termogravimétrica (TGA) dos solventes eutéticos naturais profundos (NADES). (P1): cloreto de colina + ácido láctico. (P2): cloreto de colina + ácido levulínico. (P3): Cloreto de colina+ Glicerol. (P4): l-prolina e ácido levulínico



Fonte: Autoria própria (2022).

Figura 6 - Termograma da análise calorimétrica exploratória diferencial (DSC) dos solventes eutéticos naturais profundos (NADES). (P1): cloreto de colina + ácido láctico. (P2): cloreto de colina + ácido levulínico. (P3): Cloreto de colina+ Glicerol. (P4): l-prolina e ácido levulínico



Fonte: Autoria própria (2022).

4.1.2 Análise de densidade

Segundo Ribeiro *et al.* (2015) e Huang *et al.* (2017) a densidade é uma das principais características físico-químicas que influenciam na qualidade e eficiência de um processo de extração. Tem-se que, quanto mais baixo é seu valor maior a

difusividade, aumentando assim a agitação das moléculas, e conseqüentemente, aumenta a eficiência na extração. Na Tabela 2 é possível verificar os valores calculados na análise de densidade, e esses valores são satisfatórios comparados com os resultados obtidos por Savi (2019) e Mitar *et al.* (2019).

Tabela 2 - Valores de densidade e peso dos picnômetros com as amostras

Código	Combinações		Peso do picnômetro vazio (mL)	Peso do picnômetro cheio (mL)	Densidade ± 0,001 g.mL ⁻¹
	Aceitador	Doador			
<i>A</i>	Cloreto de colina	Ácido Lático	9,991	21,7528	1,176
<i>B</i>	Cloreto de colina	Ácido Levulínico	11,723	23,449	1,233
<i>C</i>	Cloreto de colina	Glicerol	12,288	23,917	1,257
<i>D</i>	L- Prolina	Ácido Levulínico	11,563	23,903	1,234

Fonte: Autoria própria (2022).

4.2 Análise dos Compostos Bioativos

Os resultados foram apresentados como média ± desvio padrão, submetidos à análise de variância entre os solventes etanol (A), cloreto de colina com ácido láctico (B), cloreto de colina com ácido levulínico (C), cloreto de colina com glicerol (D) e L-prolina com ácido levulínico (E) para a extração de compostos fenólicos e flavonoides e verificação da atividade antioxidante na casca e semente de pitomba. Segundo o teste de Tukey foram testadas as hipóteses de que todas as médias das variáveis das amostras seriam iguais ou pelo menos uma das médias seria diferente das demais. Todos os efeitos do modelo foram assumidos como fixos (compostos fenólicos totais, flavonoides totais, DPPH e FRAP) e um termo foi adicionado em função da triplicata realizada nas medidas, conforme Equação 2. O teste de Tukey foi utilizado quando foram encontrados efeitos significativos entre os solventes com nível de significância $p < 0,05$. Os termos não significativos foram eliminados do modelo. As análises foram realizadas empregando-se o *software* OriginPro2020.

$$Y_i = \mu + F_i + e_{ijk}, \quad (\text{Equação 2})$$

em que: μ é a média da população, F o efeito fixo das variáveis resposta sendo i = baixo; intermediário ou alto e e_{ijk} é o erro do modelo.

Analisando-se na Tabela 3, as médias para a extração dos compostos fenólicos totais empregando-se 5 tipos de solventes, é possível observar que para a extração com os resíduos de casca de pitomba, as médias não apresentaram diferenças significativas, com exceção da extração com etanol. Para as extrações realizadas com a semente de pitomba, diferenças significativas foram observadas e o maior valor da extração de compostos fenólicos foi identificada com a combinação do cloreto de colina com ácido láctico e cloreto de colina com glicerol. Para os flavonoides, a maior quantidade foi obtida com a extração de L-prolina com ácido levulínico com a casca de pitomba e etanol e cloreto de colina com ácido levulínico com a semente de pitomba. As demais composições diferiram entre si para os dois tipos de resíduo. Com as parcelas DPPH e FRAP, que tratam da atividade antioxidante, maior valor de DPPH foi observado na extração de casca de pitomba quando se utilizou o solvente cloreto de colina com glicerol, diferindo-se das demais composições de solventes. Para a extração da semente de pitomba, maiores valores, com a mesma média significativa, foram observados também com o solvente cloreto de colina com glicerol e ainda com o cloreto de colina com ácido levulínico. Para a análise de FRAP, as médias entre os solventes L-prolina com ácido levulínico e cloreto de colina com glicerol não foram significativas e apresentaram maiores valores, enquanto que no emprego da semente de pitomba, as médias entre o etanol e o cloreto de colina com glicerol não foram diferentes significativamente e apresentaram os maiores valores obtidos.

Observando-se a relação existente entre os dois tipos de resíduos empregados, tem-se que maiores valores de compostos fenólicos foram obtidos com a combinação do cloreto de colina com ácido láctico e cloreto de colina com glicerol, sem apresentar diferenças significativas. Para os flavonoides o maior valor foi observado com L-prolina e ácido levulínico. Nas análises antioxidantes DPPH e FRAP, a melhor combinação observada foi a de cloreto de colina com glicerol para o DPPH e cloreto de colina com glicerol e L-prolina com ácido levulínico para o FRAP.

Considerando que os modelos foram significativos e tiveram um bom ajuste, foi realizada a análise da função desejabilidade (Equação 3) para identificar o solvente ideal para cada um dos resíduos empregados. O processo de otimização

simultânea é reduzido à simples tarefa de se calcular os níveis das variáveis que maximizem a desejabilidade global.

Tabela 3 - Médias e desvios-padrões para a extração de compostos fenólicos, flavonoides, DPPH e FRAP em solventes em sementes e casca de pitomba

Solventes	Compostos fenólicos totais (mgEAG.g ⁻¹)	Flavonoides totais (mgEQ.g ⁻¹)	DPPH (µgmol ET.g ⁻¹)	FRAP (µgmol ET.g ⁻¹)
casca de pitomba				
Etanol	0,003 ^{bE} ±0,000	0,239 ^{cC} ±0,029	152,342 ^{bCD} ±1,173	50,817 ^{bBC} ±1,197
Cloreto de C. + Ác. Lático	0,083 ^{aA} ±0,072	0,017 ^{dD} ±0,009	136,842 ^{dF} ±1,238	13,936 ^{cD} ±2,682
Cloreto de C. + Ác. Levulínico	0,013 ^{aD} ±0,003	1,742 ^{bB} ±0,071	154,425 ^{bBC} ±0,904	9,674 ^{cD} ±1,629
Cloreto de C. + Glicerol	0,024 ^{aC} ±0,003	0,022 ^{dD} ±0,020	160,842 ^{aA} ±1,128	69,007 ^{aA} ±0,577
L-prolina + Ác. Levulínico	0,012 ^{aD} ±0,002	2,706 ^{aA} ±0,150	146,258 ^{cE} ±0,931	64,507 ^{aA} ±0,664
semente de pitomba				
Etanol	0,002 ^{dE} ±0,000	0,553 ^{aC} ±0,122	15,597 ^{dH} ±0,055	59,388 ^{aAB} ±2,240
Cloreto de C. + Ác. Lático	0,062 ^{aA} ±0,005	0,006 ^{bD} ±0,023	31,093 ^{cG} ±0,092	40,793 ^{bC} ±3,382
Cloreto de C. + Ác. Levulínico	0,044 ^{bB} ±0,002	0,521 ^{aC} ±0,108	154,383 ^{aBC} ±1,774	12,174 ^{cD} ±2,940
Cloreto de C. + Glicerol	0,056 ^{aA} ±0,001	0,084 ^{bD} ±0,027	158,467 ^{aAB} ±1,142	65,150 ^{aA} ±0,515
L-prolina + Ác. Levulínico	0,005 ^{cE} ±0,001	0,016 ^{bD} ±0,013	146,925 ^{bDE} ±1,821	43,579 ^{bC} ±2,200

Médias na mesma coluna, seguidas por letras minúsculas sobrescritas distintas diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5% e determinam a relação para cada tipo de resíduo em todas as combinações.

Médias na mesma coluna, seguidas por letras maiúsculas sobrescritas distintas diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5% e determinam a relação entre os dois tipos de resíduos em todas as combinações.

Fonte: Autoria própria (2022).

$$d_i(y_i(x)) = \begin{cases} 1 & \text{se } y_i(x) < L_i \\ \left[\frac{U_i - y_i(x)}{U_i - L_i} \right]^t & \\ 0 & \text{se } y_i(x) > U_i \end{cases} \quad \text{(Equação 3)}$$

onde:

y_i é a resposta obtida para a variável estudada;

$d_i(y_i)$ é a desejabilidade individual da resposta y_i ;

U_i é o maior valor aceitável adotado para a resposta;

L_i é o menor valor aceitável adotado para a resposta;

t é fator que determina o quão é desejável y_i ser próximo do mínimo, variando de 0 a 1.

A Figura 7 apresenta o solvente L-prolina com ácido levulínico (E) com sendo o solvente ideal (57,44%) para valores desejáveis correspondentes a uma extração média da casca de pitomba, $0,01246 \text{ mgEAG.g}^{-1}$ de compostos fenólicos totais, $2,7058 \text{ mgEQ.g}^{-1}$ de flavonoides totais, na atividade antioxidante, $146,46 \text{ } \mu\text{g mol ET.g}^{-1}$ pelo método DPPH e $64,507 \text{ } \mu\text{g mol ET.g}^{-1}$ pelo método FRAP.

A Figura 8 apresenta o solvente cloreto de colina com glicerol (D) como sendo o solvente ideal (56,71%) para valores desejáveis correspondentes a uma extração média da semente de pitomba, $0,05641 \text{ mgEAG.g}^{-1}$ de compostos fenólicos totais, $-0,0837 \text{ mgEQ.g}^{-1}$ de flavonoides totais e, na atividade antioxidante, $158,47 \text{ } \mu\text{g mol ET.g}^{-1}$ de DPPH e $66,150 \text{ } \mu\text{g mol ET.g}^{-1}$ de FRAP.

Conforme se observou nas Figuras 7 e 8, a combinação ótima de solventes para a extração tanto da casca quanto da semente de pitomba ficaram com mesma média significativa, optou-se por realizar a Análise de Componentes Principais (PCA). Nesta análise considerou-se as extrações de compostos fenólicos totais, flavonoides totais, DPPH e FRAP simultaneamente para os dois resíduos analisados. Na Figura 8, em que foram feitas observações para as amostras a primeira (PC1) e a segunda (PC2) componentes explicaram 73,99% do total de variação. A componente principal 1 (PC1) capturou 46,30% da variância, enquanto o componente principal 2 (PC2) 27,69%. Na Análise de Componentes Principais (PCA), as variáveis são representadas como vetores, que caracterizam as amostras relativas a eles. Quanto mais longo o vetor, maior a explicação da variabilidade entre amostras e os valores obtidos pela correlação de Pearson confirmam a relação entre os parâmetros observados na análise de componentes principais (Tabela 4), demonstrando relações entre algumas das variáveis estudadas. Os compostos fenólicos da casca (-0,40899) e da semente (-0,56132) se encontram no quadrante negativo de PC1, assim como os flavonoides da casca (-0,42696) e da semente (-0,41270) também se encontram no quadrante negativo da PC2. O DPPH da casca (0,25897) e da semente (0,41732) se relacionam positivamente na PC1. O FRAP da casca (0,63010) e da semente (0,45124) se relacionaram positivamente na segunda componente principal. Na Figura 9 também é possível verificar que o solvente que contribuiu para uma melhor extração foi a combinação do cloreto de colina com glicerol.

Neri-Numa *et al.* (2014) investigaram o teor de fenólicos totais e flavonoides do extrato bruto da pitomba e obtiveram o equivalente de 105,84 mg de ácido gálico/g extrato e 88,05 mg de quercetina/g extrato, respectivamente.

Fraga (2018) investigou o teor de compostos fenólicos da casca EEtOH (Extrato etanólico) ($5,9 \pm 0,07 \mu\text{gGAE} \cdot \text{mg}^{-1}$ de extrato) e EHex (Extrato hexânico) ($1,9 \pm 0,04 \mu\text{gGAE} \cdot \text{mg}^{-1}$ de extrato). O teor de flavonoides da casca (EEtOH- $19,12 \pm 0,04$ e EHex $9,47 \pm 0,32 \mu\text{g CE} \cdot \text{mg}^{-1}$ de extrato).

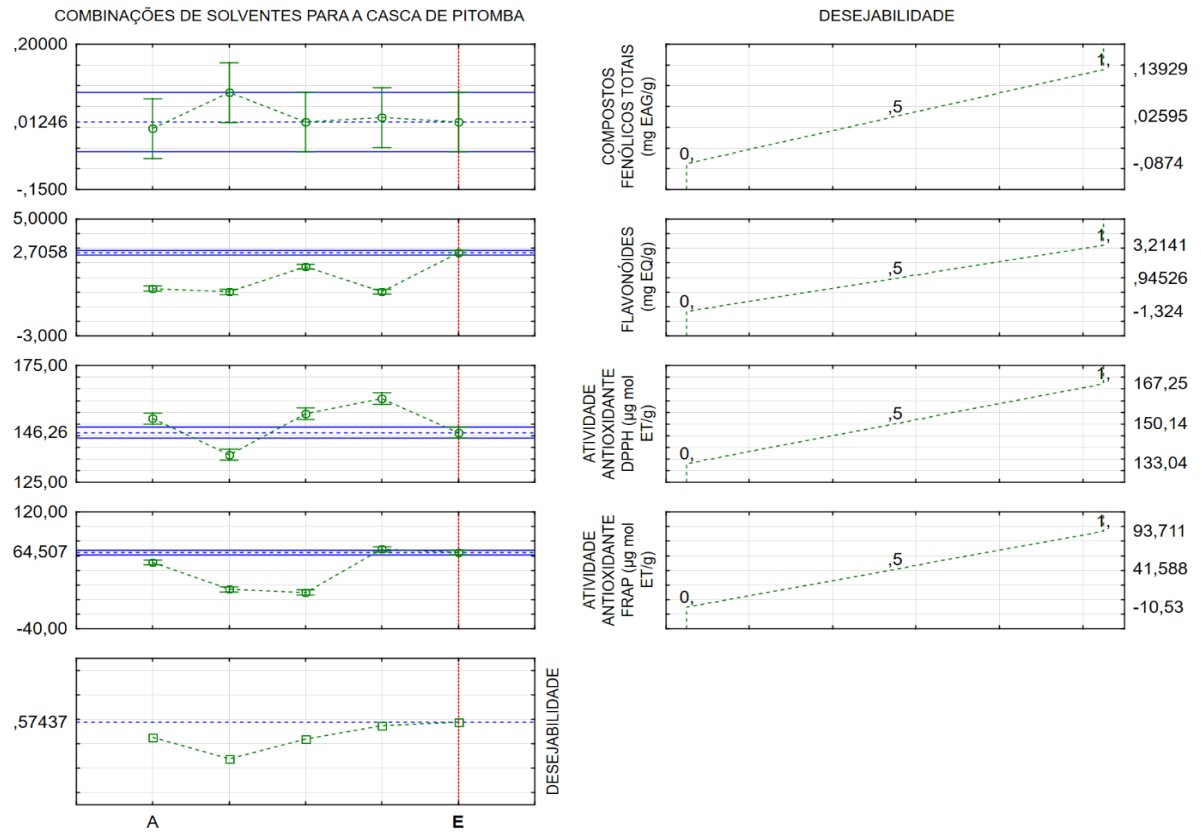
Os resultados do presente estudo ficaram distantes dos apontados por Neri-Numa *et al.* (2014), fato que pode ser explicado pelos métodos de extração e purificação utilizados pelo autor. Mas em relação aos resultados apresentados por Fraga (2018) os resultados foram semelhantes. Como descrito nas tabelas e figuras, a semente e a casca do fruto não apresentaram uma diferença significativa entre as análises, o que aponta potencial para novos estudos. Em relação aos NADES, os mesmos obtiveram ótimos resultados, principalmente comparando com o solvente convencional (Etanol), sendo então os solventes eutéticos uma excelente opção, pois estes, tem vantagem de serem solventes verdes, e assim, podem ser utilizados para fins alimentícios e farmacológicos.

Tabela 4 - Correlações (coeficientes de correlação de Pearson) entre os parâmetros físico-químicos e os dois primeiros componentes principais

Parâmetros	Componente Principal	
	PC1	PC2
	r	r
compostos fenólicos casca	-0,40899	0,09015
flavonoides casca	0,16133	-0,42696
DPPH casca	0,25897	-0,11414
FRAP casca	0,14268	0,63010
compostos fenólicos semente	-0,56132	0,12747
flavonoides semente	0,25706	-0,41270
DPPH semente	0,41732	0,09666
FRAP semente	0,40491	0,45124

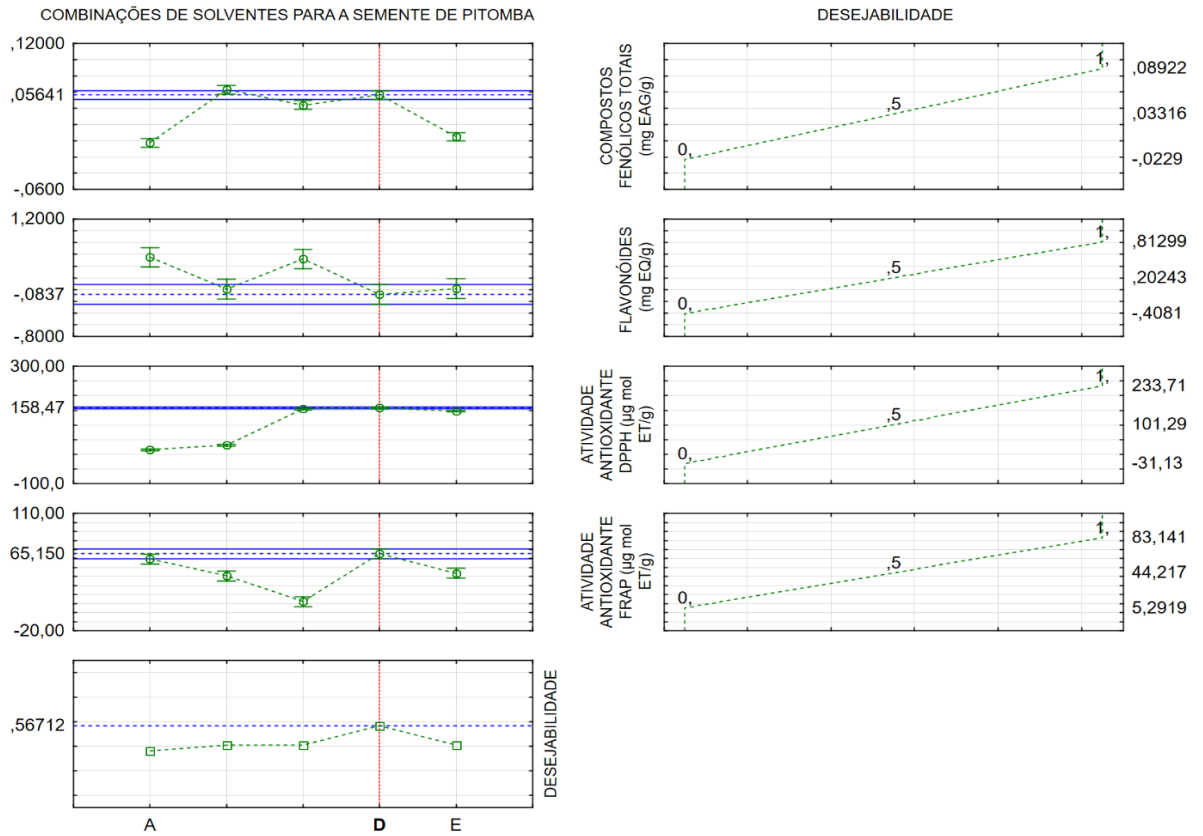
Fonte: Autoria própria (2022).

Figura 7 - Função desejabilidade para o melhor solvente na extração da casca de pitomba



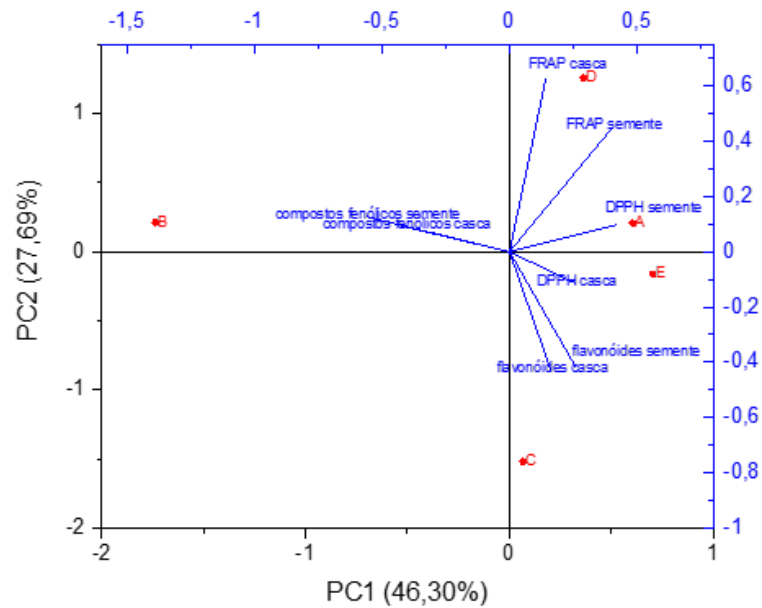
Fonte: Autoria própria (2022).

Figura 8 - Função desejabilidade para o melhor solvente na extração da semente de pitomba



Fonte: Autoria própria (2022).

Figura 9 - Análise de componentes principais (PCA) para a avaliação dos solventes empregados



Fonte: Autoria própria (2022).

5 CONCLUSÃO

Os resultados mostram que os resíduos (casca e semente) obtidos do consumo da fruta pitomba possuem um potencial para extração de compostos com atividade antioxidante. O método de extração por ultrassom não mostrou-se eficiente, pois para extrair os bioativos foi necessário deixar as amostras em repouso por um tempo. Com a combinação da extração com este tempo de contato dos resíduos com o solvente, o método mostrou-se eficiente para obtenção de extratos ricos em compostos de interesse para aplicação ou recuperação e utilização na indústria de alimentos e fármacos.

Os NADES, foram caracterizados e obtiveram ótimos resultados, no que diz respeito a extração de bioativos, principalmente comparando com o solvente convencional (Etanol). Com as análises realizadas, a combinação de cloreto de colina com glicerol apresentou melhores resultados, mas a combinação de L-prolina com ácido levulínico apresentou bons resultados também, mostrando ter um bom potencial para aplicação em um alimento com objetivo de atividade antioxidante, pois, além de eficientes, têm a vantagem de serem solventes ambientalmente corretos.

REFERÊNCIAS

- ABBOTT, A. P.; CAPPER, G.; DAVIES, D. L.; RASHEED, R. K.; TAMBYRAJAH, V. Novel solvent properties of choline chloride/urea mixtures. **Chemical communications**, n. 1, p. 70-71, 2003. Disponível em: https://pubs.rsc.org/en/content/articlehtml/2003/cc/b210714g?casa_token=EkIZefCNrdQAAAAA:M7J-H3FQwEMiGe4e7t4mYM-9gduUc6zYj0sc4Szsg6GZvqJu6t1iJ-oGtCj1LcNNleM1m-et8nHUj_w. Acesso em: 11 mar. 2022.
- AHERNE, S. A.; O'BRIEN, N. M. Dietary flavonols: chemistry, food content, and metabolism. **Nutrition**, v. 18, n. 1, p. 75-81, 2002. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0899900701006955?casa_token=RsCXml2gX7AAAAA:JrWreCNsb0MXOpO2NevSQkMLmUW4It0KRLhkd3XAr5QUaQQ1zRn3rGzG9-QimC9jfdZ-sokZ0wQ. Acesso em: 03 jul. 2022.
- ALBUQUERQUE, U. P.; ANDRADE, L. D. H. C. Conhecimento botânico tradicional e conservação em uma área de caatinga no Estado de Pernambuco, Nordeste do Brasil. **Acta Botânica Brasileira**, v. 16, n. 3, p. 273-285, 2002. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/abb/a/XV7B6sK4TM7VHWGm7cSprWr/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 15 abr. 2022
- ALU'DATT, M. H.; RABABAH, T.; ALHAMAD, M. N.; AL-MAHASNEH, M. A.; ALMAJWAL, A.; GAMMOH, S.; ALLI, I. A review of phenolic compounds in oil-bearing plants: Distribution, identification and occurrence of phenolic compounds. **Food chemistry**, v. 218, p. 99-106, 2017. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814616314406?casa_token=J5c65DbXTH0AAAAA:YfL7vahMD4haLBwrnK06nl6HCyarOqwpLMSFiMy0EojYlmYpGPIPTTPfRwVFRF6fEeaWiBqtB8k. Acesso em: 05 jul. 2022.
- ANGELO, P. M.; JORGE, N. Compostos fenólicos em alimentos—Uma breve revisão. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 66, n. 1, p. 1-9, 2007. Disponível em: <https://periodicos.saude.sp.gov.br/RIAL/issue/view/2125>. Acesso em: 15 abr. 2022.
- BARBIERI, J. B. **Aplicação de solventes eutéticos profundos (DES) na extração sólido-líquido de compostos fenólicos presentes no alecrim (*Rosmarinus Officinalis*)**. 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2018. Disponível em: <https://www.acervodigital.ufpr.br/handle/1884/67881>. Acesso em: 21 jan. 2022.
- BIONDO, E.; FLECK, M.; KOLCHINSKI, E. M.; VOLTAIRE, S. A.; POLESII, R. G. 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. Disponível em: <http://revista.uergs.edu.br/index.php/revuergs/article/view/1005>. Acesso em: 15 abr. 2022.
- BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. L. W. T. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **LWT-Food science and Technology**, v. 28, n. 1, p. 25-30, 1995. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0023643895800085>. Acesso em: 17 jun. 2022.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Hortalças não convencionais: (tradicionalis)** / Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo. MAPA/ACS, 2010. Disponível em: http://www.abcsem.com.br/docs/manual_hortalicas_web.pdf. Acesso em: 15 abr. 2022.

BUBALO, M. C.; ĆURKO, N.; TOMAŠEVIĆ, M.; GANIĆ, K. K.; REDOVNIKović, I. R. Green extraction of grape skin phenolics by using deep eutectic solvents. **Food chemistry**, v. 200, p. 159-166, 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814616300449>. Acesso em: 21 jan. 2022.

BURNS, J.; GARDNER, P. T.; MATTHEWS, D.; DUTHIE, G. G.; LEAN, J.; CROZIER, A. Extraction of phenolics and changes in antioxidant activity of red wines during vinification. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 49, n. 12, p. 5797-5808, 2001. Disponível em: https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/jf010682p?casa_token=XUxs_0IPKBsAAAAA%3AxvE0qDU4FZxBmmNC-5QapXmxLukKpi19bHib8GVwyOzbmvoVww49m_y4lvNupL-1Jlw33WvwEpGmRxmF. Acesso em: 07 jul. 2022.

COWAN, M. M. Plant products as antimicrobial agents. **Clinical microbiology reviews**, v. 12, n. 4, p. 564-582, 1999. Disponível em: <https://journals.asm.org/doi/full/10.1128/CMR.12.4.564>. Acesso em: 07 jul. 2022.

CREPALDI, I. C.; ALMEIDA-MURADIAN, L. B.; RIOS, M. D. G.; PENTEADO, M. V. C.; SALATINO, A. Composição nutricional do fruto de licuri (*Syagrus coronata* (Martius) Beccari). **Revista Brasileira de Botânica**, v. 24, n. 2, p. 155-159, 2001. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbb/a/hd45Fhjwy3wYykyB3qMLHGv/?lang=pt>. Acesso em: 17 jun. 2022.

CRUZ, E. S. de S. **Utilização de solventes eutéticos na extração de compostos bioativos da *Uncaria tomentosa* (WILLD.) DC**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Química) - Universidade Federal da Paraíba, Areia, Paraíba, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/11101>. Acesso em: 03 jul. 2022.

DAI, Y.; VAN SPRONSEN, J.; WITKAMP, G. J.; VERPOORTE, R.; CHOI, Y. H. Natural deep eutectic solvents as new potential media for green technology. **Analytica chimica acta**, v. 766, p. 61-68, 2013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0003267012018260>. Acesso em: 17 jun. 2022.

SOUZA, M. P. de; BATAGLION, G. A.; DA SILVA, F. M.; DE ALMEIDA, R. A.; PAZ, W. H.; NOBRE, T. A.; KOOLEN, H. H. Phenolic and aroma compositions of pitomba fruit (*Talisia esculenta* Radlk.) assessed by LC–MS/MS and HS-SPME/GC–

MS. **Food Research International**, v. 83, p. 87-94, 2016. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S096399691630031X?casa_token=v71jpm1CVL0AAAAA:U6Y6CYmUaUUj_2rkMx434n5hRYQjgpsOB5IMJBEriK15ziJtdQMdL5nFyyjHR2M2ChI-vXbfasQ. Acesso em: 03 jul. 2022.

DEGÁSPARI, C. H.; WASZCZYNSKYJ, N. Propriedades antioxidantes de compostos fenólicos. **Visão acadêmica**, v. 5, n. 1, 2004. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/academica/article/viewFile/540/453>. Acesso em: 03 jul. 2022.

DIAS, M. C. G. C. **Caracterização do solvente eutético profundo aplicado em extração líquido-líquido**. 2016. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Química) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016. Disponível em: <https://www.acervodigital.ufpr.br/handle/1884/57478>. Acesso em: 05 jul. 2022.

DIB TAXI, C. M. A.; DE MENEZES, H. C.; SANTOS, A. B.; GROSSO, C. R. F. Study of the microencapsulation of camu-camu (*Myrciaria dubia*) juice. **Journal of Microencapsulation**, v. 20, n. 4, p. 443-448, 2003. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/0265204021000060291>. Acesso em: 07 jul. 2022.

FRAGA, L. N. **Compostos bioativos, capacidade antioxidante e citotoxicidade da casca e polpa da pitomba (*Talisia esculenta* (ST. HIL.) RALDK)**. 2018. 131 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Nutrição)-Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, 2018. Disponível em: <https://ri.ufs.br/handle/riufs/8853>. Acesso em: 05 jul. 2022.

FRAGA, L. N. **Composição centesimal e atividade antioxidante da polpa do umbu e da pitomba nativos da caatinga sergipana**. 2016. 1 CD-ROM. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Nutrição) - Universidade Federal de Sergipe, Lagarto, 2016. Disponível em: <https://ri.ufs.br/handle/riufs/7498>. Acesso em 05 jul. 2022.

GUARIM NETO, G.; SANTANA, S. R.; SILVA, J. V.B. Notas etnobotânicas de espécies de Sapindaceae Jussieu. **Acta Botânica Brasileira**, São Paulo, v. 14, n. 3, Dec. 2000. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/abb/a/xysVQBCKKLyqXFhQnT6X9PJ/?lang=pt>. Acesso em: 05 jul. 2022.

GUARIM NETO, G.; SANTANA, S. R.; SILVA, J. V. B. Repertório botânico da "Pitombeira" (*Talisia esculenta* (A. ST.-HIL.) Radlk.-Sapindaceae). **Acta Amazonica**, v. 33, p. 237-242, 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aa/a/zNQLvNMLwMF5WWcQpBqXpLd/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 03 jul. 2022.

GRAHAM, H. D. Stabilization of the Prussian blue color in the determination of polyphenols. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 40, n. 5, p. 801-805, 1992. Disponível em: https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/jf00017a018?casa_token=HT9kKyDaPVYAAAAA:9-1ooMbzpeCJdx5Ftb6cVQUVeMEOalg8-iQZQOW-JNYdp5XdqUI5IUrfXP-GYGvZfPvrJejZ9IN240dH. Acesso em: 05 jul. 2022.

HANSEN, B. B.; SPITTLE, S. S.; CHEN, B.; POE, D.; ZHANG, Y.; KLEIN, J. M.; HORTON, A.; ADHIKARI, L.; ZELOVICH, T.; DOHERTY, B. W.; GURKAN, B.; MAGINN, E. J.; RAGAUSKAS, A.; DADMUN, M.; ZAWODZINSKI, T. A.; BAKER, G. A.; TUCKERMAN, M. E.; SAVINELL, R. F.; SANGORO, J. R. Solventes eutéticos profundos: uma revisão dos fundamentos e aplicações. **Revisões químicas**, v. 121, n. 3, pág. 1232-1285, 2020. Disponível em:

https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acs.chemrev.0c00385?casa_token=rF5E5pwxdsSAAAAA:mN1Mm6BSn11Vu1pCGDg80YD_0tgg_gtcjdFHR1zrKyJ0fVONHXzngjC8V47ZqG2S3BXP2sUM82S1W0PU. Acesso em: 07 jul. 2022.

HIANE, P. A.; RAMOS, M. I. L.; RAMOS FILHO, M. M.; BARROCAS, G. E. G. Teores de minerais de alguns frutos do Estado de Mato Grosso do Sul. **Boletim do Ceppa**, v. 10, n. 2, p. 208-214, 1992. Disponível em:

<https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/lil-147449>. Acesso em: 03 jul. 2022.

HUANG, Y.; FENG, F.; JIANG, J.; QIAO, Y.; WU, T.; VOGLMEIR, J.; CHEN, G. Z. Green and efficient extraction of rutin from tartary buckwheat hull by using natural deep eutectic solvents. **Food Chemistry**, v. 221, p. 1400-1405, abr. 2017.

Disponível em:

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814616318350?casa_token=i3a8t3eWsjkAAAAA:6ICenrHUOC1lqCz5Xilq-ujlqD8CLQPu6qoucSCXxYiFoAQK32HxknJM8j3-Hgxa2KTY3DC0lJq. Acesso em: 05 jul. 2022.

INFANTE, J., SELANI, M. M., TOLEDO, N. D., SILVEIRA, M. F., ALENCAR, S. D. SPOTO, M. H. F. Atividade antioxidante de resíduos agroindustriais de frutas tropicais. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 24, n. 1, p. 92, 2013. Disponível em:

https://www.researchgate.net/profile/Marta-Spoto/publication/291043716_Atividade_antioxidante_de_residuos_agroindustriais_e_frutas_tropicais/links/56a9f92808ae7f592f0ef353/Atividade-antioxidante-de-residuos-agroindustriais-e-frutas-tropicais.pdf. Acesso em: 07 jul. 2022.

JACQUES, R. A. **Caracterização química da erva mate (*Ilex paraguariensis*): aplicação de diferentes processos de extração e influência das condições de plantio sobre a composição química**. Tese de Doutorado em Química – Programa de Pós-Graduação em Química da UFRGS, Porto Alegre, 2005. Disponível em:

<https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/5459>. Acesso em: 07 jul. 2022.

JIA, Z., TANG, M.; WU, J. The Determination of Flavonoid Contents in Mulberry and Their Scavenging Effects on Superoxide Radicals. **Food Chemistry**, v. 64, p. 555-559, 1999. Disponível em:

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814698001022?casa_token=MY6-Ho2HG9EAAAAA:dCad9z3yPQ1N1hoz2rV8tB677qa2ii3d8ap9HDvT15AO6CZnXTfVC1Vb_Pz1evyESJyY6tvR490. Acesso em: 05 jul. 2022.

KHANDELWAL, S.; KUMAR, MAHENDRA.; TAILOR, Y.K. Deep eutectic solvents (DESs) as eco-friendly and sustainable solvent/ catalyst systems in organic transformations. **Journal of Molecular Liquids**, v. 215, p. 345-386, 2016. Disponível

em:

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167732215306322?casa_token=ZBMnIMLEryMAAAAA:qll0mhfw1L2KpMMv9nD7qVhcl_G4cE7ojYn9ah5IndZb6Qa9LZo0SW0oirxB5Rz1qv8_k09a5ow. Acesso em: 07 jul. 2022.

KINUPP, V.F. **Plantas alimentícias não-convencionais da região metropolitana de Porto Alegre, RS**. 2007, 2v. 562 f. Tese (Doutorado em Agronomia), Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/12870>. Acesso em: 07 jul. 2022.

KINUPP, V. F. Plantas alimentícias não-convencionais (PANCs): uma riqueza negligenciada. **REUNIÃO ANUAL DA SBPC**, 61a, v. 4, 2009. Disponível em: http://www.sbpnet.org.br/livro/61ra/mesas_redondas/MR_ValdelyKinupp.pdf. Acesso em: 05 jul. 2022.

KINUPP, V. F.; BARROS, I. B. I. D. Teores de proteína e minerais de espécies nativas, potenciais hortaliças e frutas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 4, p. 846-857, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cta/a/YVFJFF7hsmZKq9BQFcQ5Yyy/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 07 jul. 2022.

LEMUS-MONDACA, R.; VEGA-GÁLVEZ, A.; ZURA-BRAVO, L.; AH-HEN, K. Stevia rebaudiana Bertoni, source of a highpotency natural sweetener: A comprehensive review on the biochemical, nutritional and functional aspects. **Food Chemistry**. Santiago, v.132, p. 1121- 1132. dez. 2011. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814611017559?casa_token=19Co02PGosoAAAAA:4f1HGNDfem1KpT2RN-dThCfQEg6w_fRSsdEafzrS5gfNCvJKMtJPRhLPUhU1GJjk35Q2laWjjg. Acesso em: 05 jul. 2022.

LIMA, S. S. de. **Obtenção de extratos de casca, polpa e semente da pitomba (*Talisia esculenta*)**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Alimentos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2019. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/6757/2/obtencaoextratospitomba.pdf>. 21 jan. 2022.

LOZIENE, K.; VENSKUTONIS, P.R.; SIPAILIENE, A.; LABOKAS, J. Radical scavenging and antibacterial properties of the extracts from different *Thymus pulegioides* L. chemotypes. **Food Chemistry**, v. 103, n. 2, p. 546-559, 2007. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814606006960?casa_token=QPEEZOXsSsHwAAAAA:Vfn7kMzGNMHCH9kLNB9oebhme_2aQh6EOV2QGwrzhml5mQ3H7FPma6OJVyjOJ8rwUPSZ1tgBa2k. Acesso em: 05 jul. 2022.

MAISUTHISAKUL, P.; SUTTAJIT, M.; PONGSAWATMANIT, R. Assessment of phenolic content and free radical-scavenging capacity of some Thai indigenous plants. **Food Chemistry, London**, v. 100, p. 1409-1418, 2007. Disponível em:

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814605010769?casa_token=zn2XEmFFx30AAAAA:e5yMAQH9P8jTv5xWUEkyHmFS5Qp_EqKKHaZHiYfJYalTLmpvSHYEx0XRopYwaRR56HPyCDTkRkk. Acesso em: 03 jul. 2022.

MELO, E. de A.; GUERRA, N. B. Ação antioxidante de compostos fenólicos naturalmente presentes em alimentos. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 36, n. 1, p. 1-11, 2002.

MIRANDA, T. M.; HANAZAKI, N. Conhecimento e uso de recursos vegetais de restinga por comunidades das ilhas do Cardoso (SP) e de Santa Catarina (SC), Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, v. 22, n. 1, p. 203-215, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/abb/a/DQ6F7MPY8NhYNzRqWZmWNgF/?lang=pt&format=html>. Acesso em: 08 jul. 2022.

MITAR, A.; PANIĆ, M.; PRLIĆ KARDUM, J.; HALAMBEK, J.; SANDER, A.; ZAGAJSKI KUČAN, K.; RADOŠEVIĆ, K. Physicochemical properties, cytotoxicity, and antioxidative activity of natural deep eutectic solvents containing organic acid. **Chemical & biochemical engineering quarterly**, v. 33, n. 1, p. 1-18, abr. 2019. DOI: 10.15255/CABEQ.2018.1454. Disponível em: <https://hrcak.srce.hr/218879>. Acesso em: 05 jul. 2022.

MONTEIRO, J. A. V. Do mato ao prato. **Educação Ambiental em Ação**, v. 49, n. 13, 2014.

NAMIKI, M. Antioxidants/antimutagens in food. **Critical Reviews in Food Science & Nutrition**, v. 29, n. 4, p. 273-300, 1990. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10408399009527528?journalCode=bfsn20>. Acesso em: 03 jul. 2022.

NASCIMENTO, V. T.; VASCONCELOS, M. A. S.; MACIEL, M. I. S.; ALBUQUERQUE, U. P. Famine foods of Brazil's seasonal dry forests: ethnobotanical and nutritional aspects. **Economic Botany**, v. 66, n. 1, p. 22-34, 2012. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12231-012-9187-2>. Acesso em: 07 jul. 2022.

NASCIMENTO, V. T.; LUCENA, R. F. P.; MACIEL, M. I. S.; ALBUQUERQUE, U. P. Knowledge and use of wild food plants in áreas of dry seasonal forests in Brazil. **Ecology of Food and Nutrition**, v. 52, n. 4, p. 317-343, 2013. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12231-012-9187-2>. Acesso em 07 jul. 2022.

NERI-NUMA, I. A., CARVALHO-SILVA L. B., FERREIRA, J. E. M., MACHADO, A. R. T., MALTA, L. G., RUIZ, A. L. T. G., CARVALHO, J. E., & PASTORE, G. M. (2014). "Preliminary evaluation of antioxidant, antiproliferative and antimutagenic activities of pitomba (*Talisia esculenta*)". **Food Science and Technology**, 59, 1233-1238. 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643814003879>. Acesso em: 03 jul. 2022.

NIKMARAM, N.; BUDARAJU, S.; BARBA, F. J.; LORENZO, J. M.; COX, R. B.; MALLIKARJUNAN, K.; ROOHINEJAD, S. Aplicação de extratos vegetais para

melhorar a vida útil, propriedades nutricionais e relacionadas à saúde de produtos cárneos prontos para consumo. **Ciência da carne**, v. 145, p. 245-255, 2018.

NORA, F. M. D.; BORGES, C. D. Ultrasound pretreatment as an alternative to improve essential oils extraction. **Ciência Rural**, n. 9, v. 47, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/SPtrDHC3YjrsPSyWg8vWQ7s/?lang=en&format=html>. Acesso em: 12 jul. 2022.

PEREIRA, R. J.; CARDOSO, M. G. Metabólitos secundários vegetais e benefícios antioxidantes. **Journal of biotechnology and biodiversity**, v. 3, n. 4, p. 146-152, 2012. Disponível em: <https://www.todafruta.com.br/wp-content/uploads/2016/09/Metab%C3%B3litos-secund%C3%A1rios-ARTIGO.pdf>. Acesso em: 07 jul. 2022.

PILLA, M. A. C.; AMOROZO, M. O conhecimento sobre os recursos vegetais alimentares em bairros rurais no Vale do Paraíba, SP, Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, v. 23, n. 4, p. 1190-1201, 2009. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/93479>. Acesso em: 07 jul. 2022.

QIN, Y.; WANG, L.; LIU, Y.; ZHANG, Q.; LI, Y.; WU, Z. Release of phenolics compounds from *Rubus idaeus* L. dried fruits and seeds during simulated in vitro digestion and their bio-activities. **Journal of Functional Foods**, v.46, p. 57-65, 2018. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1756464618301853?casa_token=QzK-RaIJKTAAAAAA:cnSxS6JLUTixttsD93-qLuHKkqxa_lvTDgP_QoJolDetmloVNFMcwFRA1ocwb7u3DOWbeCgN62g. Acesso em: 03 jul. 2022.

RAMARATHNAM, N.; OSAWA, T.; OCHI, H.; KAWAKISHI, S. The contribution of plant food antioxidants to human health. **Trends in Food Science & Technology**, v. 6, n. 3, p. 75-82, 1995. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924224400889670>. Acesso em: 03 jul. 2022.

RIBEIRO, B. D. *et al.* Menthol-based eutectic mixtures: hydrophobic low viscosity solvents. **ACS Sustainable Chemistry & Engineering**, v. 3, n. 10, p. 2469-2477, out. 2015. Disponível em: https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/acssuschemeng.5b00532?casa_token=4k41DIXpwLAAAAAA%3AIZBfmLdtdGyCnGvHO50V8s8o_2au5nPCgE3pq4u_VMhB7S8liHC_Mg3sSbWjale5KCDnu88aH1EEWIKuR. Acesso em: 03 jul. 2022.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; DE BRITO, E. S.; DE MORAIS, S. M.; SAMPAIO, C. D. G.; PÉREZ-JIMENEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. D. Metodologia Científica: Determinação da atividade antioxidante total em frutas pelo Método de redução do ferro (FRAP). **Comunicado Técnico EMBRAPA**, p. 1679-6535, 2006. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/664098/1/cot125.pdf>. Acesso em: 11 jul. 2022.

SANTANA, A. P. R.; MORA-VARGAS, J. A.; GUIMARAES, T. G.; AMARAL, C. D.; OLIVEIRA, A.; GONZALEZ, M. H. Sustainable synthesis of natural deep eutectic

solvents (NADES) by different methods. **Journal of Molecular Liquids**, v. 293, p. 1-6, nov. 2019. Disponível em:

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016773221933140X?casa_token=XnU6nH0U8pAAAAA:EKILsoNADvvL5cIIP_SqG394gnORLkcwZ9sykxJ0yJkGdBwB8nwoiSOJaGQEESbqsnfp72SZ1M. Acesso em: 07 jul. 2022.

SANTOS, P. M. L.; JAPP, A. S.; LIMA, L. G.; SCHRIPSEMA, J.; MENEZES, F. D. S.; KUSTER, R. M. A atividade antioxidante dos extratos de folhas de Jacarandá puberula Cham., Bignoniaceae, uma planta medicinal brasileira usada para depuração do sangue. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 20, n. 2, p. 147-153, 2010. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rbfar/a/vgTYsRzcYz4J8Ry8WmhzHBR/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 07 jul. 2022.

SAVI, L. K. **Desenvolvimento de solventes eutéticos naturais profundos (NADES) e o estudo de suas propriedades físico-químicas, térmicas e reológicas**. Tese de Doutorado em Engenharia de Alimentos – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2019. Disponível em:

<https://www.acervodigital.ufpr.br/handle/1884/61414>. Acesso em: 03 jul. 2022.

SCHNEIDER, C. C. **Utilização de Ultrassom em Química Orgânica**. Monografia do curso de Bacharelado e Licenciatura em Química - Universidade Federal de Pelotas, 2005.

SILVA, W.S. **Qualidade e atividade antioxidante em frutos de variedades de aceroleira**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Ceará; 2008. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/18639>. Acesso em: 07 jul. 2022.

SILVA, M. L. C.; COSTA, R. S.; DOS SANTOS SANTANA, A.; KOBLITZ, M. G. B. Compostos fenólicos, carotenóides e atividade antioxidante em produtos vegetais. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 31, n. 3, p. 669-681, 2010. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/4457/445744097017.pdf>. Acesso em 07 jul. 2022.

SILVEIRA, A. C.; KASSUIA, Y. S.; DOMAHOVSKI, R. C.; LAZZAROTTO, M. Método de DPPH adaptado: uma ferramenta para analisar atividade antioxidante de polpa de frutos da erva-mate de forma rápida e reprodutível. **Comunicado técnico - EMBRAPA**, [S. l.], p. 1-11, 1 jan. 2018. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1101294>. Acesso em: 03 jul. 2022.

SINGLETON, V. L.; ORTHOFER, R.; LAMUELA-RAVENTÓS, R. M. [14] Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. In: *Methods in enzymology*. Academic press, 1999. p. 152-178. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0076687999990171>. Acesso em: 07 jul. 2022.

SPANHOLI, M. L.; BARRETO, M. R. **Uso popular de recursos vegetais e perfil socioeconômico de moradores de comunidades rurais de Sinop**, Mato Grosso, Brasil. *Gaia Scientia*, v. 12, n. 1, p. 1981-1268.2018, 2018.

SUCUPIRA, N. R.; DA SILVA, A. B.; PEREIRA, G.; DA COSTA, J. N. Métodos para determinação da atividade antioxidante de frutos. *Journal of Health Sciences*, v. 14, n. 4, 2012. Disponível em: <https://journalhealthscience.pgsskroton.com.br/article/view/885>. Acesso em: 21 jan. 2022.

TALCOTT, S. T.; PERCIVAL, S.S.; PITTET-MOORE, J.; CELORIA, C. Phytochemical composition and antioxidant stability of fortified yellow passion fruit (*Passiflora edulis*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 51, n. 4, p. 935-941, 2003. Disponível em: https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/jf020769q?casa_token=Qk_0xXnoWLMAAAAA%3AKhQAMxMkFEhfiBYu8k8LfGTGXQjchB0n8X1uPeFqCdqLue8_wznPPKqxxm0Wv4fdLzt4M_pC5nHbkCIK. Acesso em: 03 jul. 2022.

TADINI, C. C.; TELIS, V. R. N.; MEIRELLES, A. J. A.; *et al.* **Operações Unitárias na Indústria de Alimentos - Vol. 2**. [Digite o Local da Editora]: Grupo GEN, 2016. 9788521632689. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521632689/>. Acesso em: 30 jul. 2022.

TSAO, R. Chemistry and biochemistry of dietary polyphenols. *Nutrients*, v. 2, n. 12, p. 1231-1246, 2010. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-6643/2/12/1231>. Acesso em: 03 jul. 2022.

TULER, A. C.; PEIXOTO, A. L.; SILVA, N. C. B. da. Plantas alimentícias não convencionais (PANC) na comunidade rural de São José da Figueira, Durandé, Minas Gerais, Brasil. *Rodriguésia*, v. 70, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rod/a/t6QpNtZ8dcwsLzZsSPCXhSg/?lang=pt&format=html>. Acesso em: 07 jul. 2022.

Um resumo sobre as PANC. Crioula, 2017. Disponível em: <http://crioula.net/2017/03/umresumao-sobre-as-panc/>. Acesso em: 03 jul. de 2022.

VAN ACKER, S. A.; TROMP, M. N.; GRIFFIOEN, D. H.; VAN BENNEKOM, W. P.; VAN DER VIJGH, W. J.; BAST, A. Structural aspects of antioxidant activity of flavonoids. *Free Radical Biology and Medicine*, v. 20, n. 3, p. 331-342, 1996. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0891584995020470>. Acesso em: 07 jul. 2022.

VIEIRA, F.de A.; GUSMAO, E. Biometria, armazenamento de sementes e emergência de plântulas de *Talisia esculenta* Radlk. (Sapindaceae). *Ciência e agrotecnologia*, Lavras, v. 32, n. 4, Aug. 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cagro/a/WDtRrVFz6ZFc3vPgnDrRzKh/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 03 jul. 2022.

VIRGOLIN, L. B.; SEIXAS, F. R. F.; JANZANTTI, N. S. Composition, content of bioactive compounds, and antioxidant activity of fruit pulps from the Brazilian Amazon biome. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, n. 10, p. 933-941, 2017. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/pab/a/vP4vzvwrDb5yfcvVqs78SXv/?format=html&lang=en>.

Acesso em: 07 jul. 2022.

WANG, L.; WELLER, C. L. Recent advances in extraction of nutraceuticals from plants. **Trends in Food Science & Technology**, v. 17, n. 6, p. 300-312, 2006. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924224405003559>. Acesso

em: 07 jul. 2022.

ZHU, H.; ZHANG, J.; LI, C.; LIU, S.; WANG, L. Morinda citrifolia L. leaves extracts obtained by traditional and eco-friendly extraction solvents: Relation between phenolic compositions and biological properties by multivariate analysis. **Industrial Crops and Products**, v. 153, p. 112586, 2020. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926669020305021>. Acesso

em: 07 jul. 2022.

