

**CARACTERIZAÇÃO FITOQUÍMICA e AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE ANTIOXIDANTE DE EXTRATOS DA CASCA DA PITAYA VERMELHA (*Hylocereus Polyrhizus*) E BRANCA (*Hylocereus Undatus*) DA REGIÃO SERRANA DO ESPÍRITO SANTO: ESTUDO COMPARATIVO DE DIFERENTES MÉTODOS DE EXTRAÇÃO**

**PHYTOCHEMICAL CHARACTERIZATION AND EVALUATION OF THE ANTIOXIDANT CAPACITY OF EXTRACTS FROM THE PEEL OF RED PITAYA (*Hylocereus Polyrhizus*) AND WHITE (*Hylocereus Undatus*) FROM THE MOUNTAIN REGION OF ESPÍRITO SANTO: COMPARATIVE STUDY OF DIFFERENT EXTRACTION METHODS**

Thaynara Fardin dos Santos<sup>1</sup>

Eclair Venturini Filho<sup>2</sup>

**RESUMO:** A pitaya é um fruto de origem estrangeira que vem se difundindo no mundo por suas características únicas, como: cor, formato e sabor. Olhando-se para a composição química deste fruto observam-se características ímpares sendo uma rica fonte de compostos orgânicos, que podem ser encontrados na polpa e na casca. Por muitas vezes esta casca é jogada fora aumentando o acúmulo do lixo orgânico; portanto o presente trabalho tem como seu principal objetivo utilizar a casca como fonte para a extração de extratos vegetais, visando que tais sejam uma nova fonte de agentes farmacológicos e princípios ativos, destacando-se antioxidantes e polifenóis. Foram utilizados dois métodos de extração; sendo eles o método de maceração e o método Soxhlet. Para cada método três solventes distintos foram empregados sendo eles etanol, clorofórmio e acetona. Realizaram-se 96 extrações; gerando assim os extratos desejados, que em sequência foram submetidos a testes de identificação fitoquímica e capacidade antioxidante. Os resultados nos mostram que o melhor método de extração foi a maceração com o solvente etanol, onde obteve-se um rendimento total de 65,02%. Foi possível também destacar as classes fitoquímicas encontradas, sendo elas polifenóis e flavonoides; que foram observados por meio dos testes qualitativos. Tais classes são conhecidas por possuírem capacidade antioxidante. Também foram realizados testes quantitativos para essa característica, onde pode-se observar uma inibição de cerca de 20% dos radicais livres, em ambos os tipos de amostras, podendo então destacar que a pesquisa e utilização da casca da pitaya deve ser mais bem explorada pelos pesquisadores e indústrias.

**Palavras-chave:** Pitaya; Casca; Extrato; Antioxidante; Polifenóis.

<sup>1</sup> Graduanda em Farmácia - Unisales. Vitória/ES, Brasil. thaynarafardin@gmail.com.

<sup>2</sup> Doutor em química, docente do centro universitário salesiano – Unisales. Vitória/ES, Brasil. efilho@salesiano.br.

**ABSTRACT:** Pitaya is a fruit of foreign origin that has been spreading throughout the world due to its unique characteristics, such as color, shape and flavor. Looking at the chemical composition of this fruit, we can observe unique characteristics, being a rich source of organic compounds, which can be found in the pulp and peel. This peel is often thrown away, increasing the accumulation of organic waste; therefore, the present work has as its main objective to use the peel as a source for the extraction of plant extracts, aiming that they become a new source of pharmacological agents and active principles, highlighting antioxidants and polyphenols. Two extraction methods were used: the maceration method and the Soxhlet method. For each method, three different solvents were used: ethanol, chloroform and acetone. A total of 96 extractions were performed, thus generating the desired extracts, which were then subjected to phytochemical identification and antioxidant capacity tests. The results show that the best extraction method was maceration with the solvent ethanol, where a total yield of 65.02% was obtained. We can also highlight the phytochemical classes found, namely polyphenols and flavonoids; which were observed through qualitative tests. These classes are known to have antioxidant capacity. Quantitative tests were also performed for this characteristic, where an inhibition of approximately 20% of free radicals was observed in both types of samples, thus highlighting that research and use of pitaya peel should be better explored by researchers and industries.

**Keywords:** Pitaya; Shell; Extract; Antioxidant; Polyphenols.

## 1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, cresceu o interesse em estudar espécies pouco comercializadas e subutilizadas, entre elas as espécies exóticas, especialmente no que diz respeito à busca por alimentos incipientes em nossa cultura. Estas espécies alimentícias subutilizadas são cruciais à sobrevivência da população tradicional durante o período de escassez por serem adaptadas às mudanças ambientais, contribuindo na garantia à alimentação de forma permanente, proporcionando soberania alimentar, além de contribuírem com a renda familiar (Souza et al., 2021).

Dentre elas, é possível citar a pitaya, uma fruta tropical da família *Cactaceae*, originárias das áreas do México e das Américas Central e Sul, essas plantas possuem alta resistência a temperaturas extremas e longos períodos sem chuva, além de uma facilidade de adaptação a novos ambientes, sendo esse é um dos motivos que possibilitam que a espécie seja cultivada em diversas regiões. Atualmente, o cultivo do fruto é mais produtivo na região sudeste do estado de São Paulo, tendo sua colheita entre dezembro e maio (Utpott et al, 2018).

A pitaya vem ganhando destaque dentro da agricultura familiar e também em sua comercialização em mercados e feiras livres, onde este cada vez mais vem sendo procurado. Isso ocorre porque a produção desses frutos requer baixas necessidades nutricionais advindas do solo e por possuírem uma menor dependência de água, sendo este um atributo da espécie, o que torna seu plantio e sua manutenção mais fáceis. Pesquisas indicam que sua polpa e sua casca entre as diversas variedades de pitaya contêm vitamina C e fenóis, que por sua vez possuem uma alta capacidade de combate aos radicais livres (Souza et al., 2021).

A casca da pitaya, que representa aproximadamente 33% do peso total do fruto, é frequentemente descartada durante o processamento. No entanto, estudos estão sendo realizados para investigar suas propriedades bioativas e possíveis usos. A casca pode ser reaproveitada dessa forma para fazer corantes em alimentos, farinha, bebidas fermentadas e geleia. (Oliveira, 2023).

Embora alguns trabalhos tenham sido desenvolvidos para identificar os perfis de compostos fenólicos e a avaliar a capacidade antioxidante na fruta, atualmente pouca atenção tem sido dada aos extratos de cascas de pitaya, com poucas informações sobre as possíveis correlações entre suas propriedades químicas e biológicas visto que é possível encontrar um trabalho com esse destaque quando vemos a literatura de Castro (2015).

O uso do extrato químico da casca da pitaya é justificado por uma série de razões, incluindo a política de reaproveitamento integral dos alimentos e a redução de resíduos. Esta política tem como prioridade minimizar os danos ambientais causados pelo descarte inadequado de resíduos orgânicos enquanto maximiza o uso de recursos (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2021).

Para começar, a produção de resíduos orgânicos é um grande problema ambiental, especialmente em áreas urbanas onde há uma alta taxa de produção de lixo. A produção de extratos químicos com casca de pitaya reduz o volume de resíduos gerados em aterros sanitários ou processos de compostagem. Assim, ao incorporar essa matéria-prima alternativa aos processos de produção, esses resíduos são descartados com menos frequência, reduzindo o impacto ambiental da gestão de resíduos sólidos (Arvanitoyannis, Kassaveti, 2008). A utilização da casca da pitaya como fonte de extratos químicos neste caso atende perfeitamente a esse princípio, pois valoriza uma parte do fruto que seria descartada de outra forma (Chemat, Abert, Cravoto, 2012).

Na casca podem ser encontrados alguns compostos advindos do metabolismo secundário das plantas que tem características bioativas, como os antioxidantes, as fibras e pigmentos naturais, que podem ser obtidos e/ou separados por meio de processos de extração adequados. Esses compostos após extraídos podem ser adicionados a uma variedade de produtos, como alimentos, cosméticos e suplementos nutricionais, com o intuito de prevenção ou tratamento de patologias (Shahidi, Ambigaipalan, 2015).

Assim sendo, a utilização do extrato químico da casca da pitaya não apenas poderá diminuir o desperdício de partes de alimentos e resíduos orgânico, como também será feito o aproveitamento integral do fruto. Além disso também ajudará a valorizar os recursos naturais presentes em nosso país e no meio ambiente, otimizar o uso de matérias-primas e promover a sustentabilidade ambiental. Essa abordagem atende a objetivos ambientais e a uma visão mais ampla de desenvolvimento sustentável, que inclui práticas econômicas, sociais e ambientais para garantir o bem-estar das gerações presentes e futuras (García-García et al., 2017).

Logo o projeto teve como objetivos principais realizar a extração dos compostos químicos da casca da pitaya vermelha e branca, além de comparar os diferentes métodos de extração; sendo eles o método a frio e a quente (maceração e soxleth); e comparar os solventes extratores escolhidos para verificar qual deles seria o mais indicado para a realização das extrações. Além disso, realizar a caracterização fitoquímica qualitativa dos extratos obtidos por meio dos testes de Bornträger, Shinoda

e Polifenóis, e ainda realizar a avaliação da capacidade antioxidante dos extratos pela metodologia DPPH.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 PITAYA

Sendo a fruticultura nacional uma grande parte do potencial de expansão do país, há muitas frutas nativas e exóticas que são muito pouco exploradas economicamente, onde os estudos para expandi-las, na sua maioria, estão em andamento. Embora essas plantas não tivessem sido populares no mercado global por várias décadas, agora estão ganhando popularidade no mercado de frutos exóticos na Europa e nos Estados Unidos, onde vem atraindo cada vez mais a atenção do comércio e seus consumidores, tanto em função do valor nutricional quanto pela divulgação científica, além do possível efeito terapêutico em uma série de funções no organismo. Entre as espécies exóticas mais comuns no Brasil algumas possuem um certo destaque como o doyialis (*Dovyais sp*), mangostão (*Garcinia mangostana*), mangostão amarelo (*Garcinia xanthochymus Hook*), rambutan (*Nephelium lappaceum*) e a pitaya (*Hylocereus undatus*) também está inserida nesse contexto (Assis et al., 2016).

A pitaya é uma fruta da família *Cactaceae*, que possui flores únicas, frutos convidativos e atraentes. Principalmente ao que se tratar de seu fruto que por sua vez possui uma aparência única e diferente que atrai muita curiosidade entre a população. Elas podem ser usadas como cerca viva; uma vez que crescem de forma semelhante a algumas espécies de trepadeiras, além de possuir espinhos que funcionam como defesa natural da planta. Seus frutos podem ser consumidos; o que normalmente acontece o com os mesmos *in natura*; além de atraírem para si a atenção do mercado e população em geral devido também ao seu sabor agradável (Esquivel, Araya, 2012). No Brasil, ainda são poucas as áreas de pitaya cultivadas, o que significa que a maioria dos frutos vendidos precisa ser importada, o que resulta em preços elevados e inacessíveis para a classe média. Na década de 1990, a região de Catanduva no estado de São Paulo foi o principal produtor de *Hylocereus undatus* no Brasil. Entretanto, logo na década de 2000, outras espécies do mesmo gênero, como *Hylocereus undatus*, *Hylocereus polyrhizus*, *Hylocereus setaceus* e *Hylocereus megalanthus*, foram introduzidas ao país além do descobrimento de uma pitaya nativa do Brasil, chamada de pitaya do Cerrado (*Selenicereus setaceus*), foi encontrada (Esquivel, Araya, 2012).

Entrando em um ponto de vista nutricional, a pitaya não nos apresenta um conteúdo diferenciado quando comparado com outras frutas, principalmente frutas tropicais; mas possui um destaque por seu sabor e textura de polpa; além de sua grande quantidade de sementes, assemelhando-se um pouco ao kiwi (*Actinidia deliciosa*). Com muita umidade e poucos lipídios, esses alimentos podem ajudar a manter uma dieta nutricionalmente equilibrada. Visto que, muitos estudos têm sido feitos e chamdo a atenção de diversos pesquisadores e indústrias ao redor do mundo para a sua grande quantidade de compostos bioativos, sendo os principais: pigmentos e compostos fenólicos, que estão frequentemente associadas as defesas vegetais (García-cruz et al., 2013).

Essas substâncias bioativas, incluindo vitaminas, pigmentos e compostos fenólicos, são principalmente metabólitos secundários que normalmente ajudam as plantas a se proteger contra a radiação ultravioleta, insetos ou patógenos. No entanto, em baixas concentrações, eles desempenham um papel importante como agentes antioxidantes, que retardam ou impedem a oxidação de vários substratos. Além disso, é uma boa fonte de vitaminas do complexo B, como vitamina B1 (tiamina), vitamina B2 (riboflavina) e vitamina B3 (niacina), que são necessárias para o metabolismo energético. A pitaya também contém minerais como fósforo, cálcio e ferro, que ajudam na saúde óssea e na formação de glóbulos vermelhos (Luo et al., 2014).

Como mencionado anteriormente, a pitaya é rica em betalainas, flavonoides e compostos fenólicos, todos conhecidos por suas propriedades antioxidantes. Os antioxidantes ajudam a neutralizar os radicais livres, evitando o dano oxidativo às células e tecidos. A cor vibrante da pitaya é atribuída às betalainas, que também têm uma forte atividade antioxidante. Estudos mostram que os compostos fenólicos da pitaya podem reduzir o risco de diversas doenças. Essas substâncias também têm características anti-inflamatórias, o que ajuda a diminuir a inflamação e promover a saúde geral. O sistema imunológico é fortalecido, a absorção de ferro não-heme é facilitada e a vitamina C presente nas frutas funciona como um forte antioxidante. As fibras dietéticas melhoram a saúde digestiva, mantêm o intestino regular e evitam constipações (Luu et al., 2021).

Os antioxidantes da pitaya também reduzem o risco de doenças, protegendo as células contra danos oxidativos. A inflamação crônica, que está associada a várias condições de saúde, como doenças cardíacas e artrite, pode ser reduzida por compostos anti-inflamatórios. A pitaya também tem propriedades que reduzem os níveis de glicose no sangue, o que pode ser bom para pessoas que têm diabetes tipo 2. Estudos mostram que o consumo regular de pitaya pode aumentar a sensibilidade à insulina e aumentar a glicose no sangue. Uma variedade de substâncias de origem natural conhecidas como flavonoides não é sintetizada pelos humanos. No entanto, uma das muitas qualidades que estes químicos têm é sua capacidade de agir como antioxidantes. Os componentes fenólicos são divididos em: fenóis simples, fenóis compostos e os flavonoides (Mello et al., 2014).

Pesquisas recentes têm focado nas propriedades nutraceuticas da pitaya, investigando seus efeitos na saúde humana. Estudos têm avaliado a capacidade antioxidante e anti-inflamatória da fruta, bem como seu potencial na prevenção de doenças metabólicas. A bioatividade dos compostos fenólicos e betalainas tem sido um tema central, com resultados promissores em relação à saúde cardiovascular e ao controle glicêmico. Pesquisadores também estão explorando o uso de pitaya em formulações de suplementos alimentares e produtos de saúde, aproveitando seus benefícios nutricionais e terapêuticos. A investigação contínua sobre a pitaya e seus componentes bioativos pode levar ao desenvolvimento de novos produtos funcionais e terapias nutricionais, ampliando seu impacto na saúde pública (Singh et al., 2015).

## 2.2 APROVEITAMENTO INTEGRAL DE ALIMENTOS

Uma das estratégias mais importantes a adotar em vista da promoção da sustentabilidade e segurança alimentar é o aproveitamento máximo dos recursos alimentares. Com esta prática, do desperdício consideravelmente menos partes dos alimentos, podendo, ao mesmo tempo, conservar os recursos provenientes da terra e mitigar o impacto negativo no entorno. Ao redor de um terço de todos os recursos

alimentares que foram criados em quadras do mundo é perdido ou volta e isso equivale em torno de 1,3 bilhões de toneladas por ano, segundo a Organização das Nações Unidas para a Agricultura e a Alimentação (2021).

A própria educação alimentar, juntamente com a conscientização sobre os hábitos alimentares, desempenha um papel central em garantir que as políticas de gerenciamento de resíduos alimentares sejam observadas. Quando você entende como fazer uso de cada porção desses, você obtém uma melhor apreciação do que esses componentes são e como se integram em práticas sustentáveis. Aulas de culinária e iniciativas educacionais demonstraram que essa abordagem é eficaz em mudar as atitudes das pessoas em relação ao gerenciamento de alimentos e promover o consumo responsável (Principato et al., 2024).

Essa prática também pode aprimorar a criatividade e a inventividade das culinárias globais de uma maneira que chefs e cozinheiros podem formular novas receitas e estilos de cozimento que virtualmente acabam utilizando os alimentos durante os preparativos das refeições enquanto criam pratos saborosos e nutritivos. Isso não apenas avança a culinária, mas educa os clientes sobre o que significa o uso pleno e os incentiva a fazer isso em casa (Östergren et al., 2023).

Do ponto de vista nutricional, consumir as partes dos alimentos que não são ingeridas pode contribuir para uma alimentação mais equilibrada e saudável, além de estimular a criação de novas receitas e aprimorar a percepção sensorial do paladar. Em termos exemplificativos, as cascas de frutas e vegetais são abundantes em fibras, antioxidantes e outros componentes benéficos. Incorporar esses ingredientes na dieta diária pode auxiliar na prevenção de diabetes, obesidade e doenças cardiovasculares (Mattioli et al., 2020).

O aproveitamento integral dos alimentos também está alinhado com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) das Nações Unidas (2021) sendo cotado no ODS 12, que visa assegurar os padrões de consumo e produção sustentáveis em indústrias e empresas. Onde reduzir o desperdício de alimentos é uma das metas desse objetivo e práticas como o aproveitamento integral de alimentos são essenciais para alcançá-lo. A adoção dessas práticas em larga escala pode ajudar a criar sistemas alimentares mais sustentáveis que beneficiem muito mais o meio ambiente e também a sociedade.

### 2.3 TÉCNICAS DE EXTRAÇÃO DE PRODUTOS NATURAIS

A extração de produtos naturais pode envolver várias técnicas, que possuem a finalidade de isolar compostos bioativos que são encontrados nas plantas, microrganismos, animais e ou minerais. Esses compostos são por sua vez, utilizados em indústrias farmacêuticas, cosméticas e alimentícias, devido às suas propriedades terapêuticas e funcionais, benéficas a saúde. A escolha da técnica de extração depende de muitos fatores como a natureza do produto, sua estabilidade a variações de temperatura, sua solubilidade e qual o objetivo final desse processo (Simões et al., 2014).

A extração por solvente é uma das técnicas mais utilizadas para a extração de compostos naturais, principalmente metabólitos secundários, como alcaloides, flavonoides e terpenos. Consiste na utilização de um solvente (água, etanol, metanol, acetona, hexano, entre outros) para dissolver os compostos de interesse. O solvente é escolhido de acordo com a polaridade do composto a ser extraído. A técnica pode ser realizada de diversas maneiras. Tais como percolação, refluxo, arraste a vapor,

fluido supercrítico, ultrassônica, Micelas Inversas, assistida por micro-ondas, fermentação, biotransformação, maceração e Soxhlet. Tendo como destaque a maceração por ser um dos métodos mais simples utilizados para extração de produtos naturais onde a amostra da planta é deixada em contato com o solvente por um período, promovendo a solubilização dos compostos. Já o Soxhlet é usado para extrair compostos de uma matriz sólida por solvente. A amostra é colocada em um cartucho no extrator, e o solvente quente circula continuamente, dissolvendo os analitos de interesse e acumulando-os em um balão de fundo. O processo é repetido até que a extração seja completa, permitindo alta eficiência na obtenção dos compostos-alvo. (Chemat, Vian, 2014).

A escolha da técnica de extração depende de diversos fatores, como a natureza do material a ser processado, o composto de interesse, o rendimento desejado e as condições ambientais. A extração por solventes continua sendo amplamente utilizada, especialmente por sua simplicidade e versatilidade, mas técnicas mais modernas como a extração com fluido supercrítico e a extração assistida por micro-ondas ganham destaque pela eficiência e menor impacto ambiental. Em termos de pesquisa e inovação, a combinação de diferentes métodos pode levar a uma otimização dos processos de extração, garantindo um maior aproveitamento dos recursos naturais e o desenvolvimento de novos produtos (Pizzorno, Murray 2012).

### **2.3.1 Maceração**

A obtenção de compostos bioativos a partir de plantas através da extração por maceração é um dos processos mais básicos e convencionais. Neste procedimento, a matéria-prima (normalmente plantas secas ou recém-colhidas) é imersa em um solvente (como água, etanol ou acetona) e deixada de molho por um tempo estipulado, normalmente de 24 horas; períodos maiores também podem ser estipulados levando em consideração a metodologia a ser incorporada para cada estudo; à temperatura ambiente ou levemente aquecida. A meta é que os compostos pretendidos sejam dissolvidos no solvente. A maceração pode ocorrer em um ambiente estável, ou através da agitação da mistura para intensificar a interação entre o solvente e o material de origem (Santos, Santana, 2022).

### **2.3.2 Soxhlet**

A técnica de extração por Soxhlet, mais eficaz e automatizada, é frequentemente empregada para a extração de compostos de difícil dissolução. Este procedimento requer a utilização de um dispositivo específico, composto por um balão de fundo arredondado, um tubo de refluxo e um condensador. O solvente, normalmente aquecido, é continuamente condensado e direcionado à amostra de material vegetal, que é armazenada em um cartucho, possibilitando a extração constante dos compostos pretendidos (Carvalho, Bergamasco, Gomes 2018).

## **2.4 COMPOSTOS FENÓLICOS**

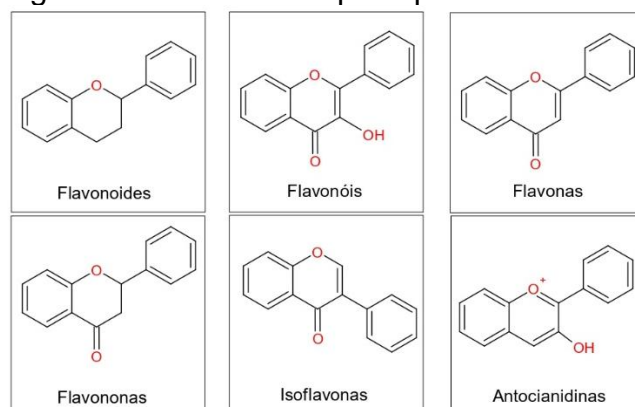
Os compostos fenólicos estão entre as classes mais conhecidas de metabólitos secundários das plantas pois são muito importantes para o sistema de defesa destas. Grande parte dos estudos feitos tem a tendência de relacionar esses compostos com o estresse metabólico gerado por agressores externos e com a parede celular. Além do mais os compostos fenólicos compõem uma parte dos pigmentos presentes nas flores que muitas das vezes desempenham funções como proteção constitutiva contra

pragas, moléculas sinais e compostos alelopáticos. Eles também são parte dos componentes estruturais e funcionais da matéria orgânica presente no solo que atuam como quelantes de metais de transição nos organismos vivos. Estes pigmentos naturais muitas vezes são compostos por flavonoides, carotenoides e antocianinas, que além de atribuir a coloração têm uma alta capacidade antioxidante (Abreu et al., 2012).

Uma variedade de substâncias de origem natural conhecidas como flavonoides não é sintetizada pelos humanos. No entanto, uma das muitas qualidades que estes químicos têm é sua capacidade de agir como antioxidantes. Os flavonoides, os fenóis simples e os fenóis compostos são as três categorias de compostos fenólicos (Mello et al., 2014).

Os flavonoides são divididos em várias subclasses, incluindo flavonóis, flavonas, flavanonas, isoflavonas e antocianinas (Figura 1). As antocianinas são responsáveis pelas cores que variam do vermelho ao azul em frutas e flores, enquanto as antoxantinas, como as flavonas e flavonóis, exibem coloração amarela. Essas substâncias estão frequentemente dissolvidas no vacúolo das células vegetais, contribuindo não apenas para a aparência das plantas, mas também para sua defesa (Mello et al., 2014).

Figura 1: Estrutura dos principais flavonoides.



Fonte: Elaboração própria.

As isoflavonas constituem uma categoria particular de flavonoides, presentes em grandes quantidades em leguminosas como a soja. Fazem parte essencial da alimentação de populações asiáticas há séculos, estando ligadas a diversos benefícios para a saúde. A ingestão de soja e seus produtos derivados têm sido associada à diminuição do risco de diversas enfermidades crônicas, como doenças cardiovasculares, câncer de mama e próstata, e osteoporose. As isoflavonas funcionam como fitoestrógenos, sendo capazes de reproduzir a ação do estrogênio humano, o que explica parte de seus benefícios para a saúde (Mello et al., 2014).

As antocianinas são comumente identificadas como pigmentos que se dissolvem em água. As frutas e flores exibem cores que oscilam entre o vermelho, a púrpura e o azul; além disso, podem ser classificadas como potentes agentes antioxidantes, resguardando as células de danos oxidativos à sua estrutura molecular. As antocianinas também têm diversas propriedades medicinais, incluindo propriedades anti-inflamatórias, cardioprotetoras e anticancerígenas. De acordo com pesquisas, uma alimentação rica em antocianinas pode diminuir o risco de doenças

cardiovasculares, aprimorar a função cognitiva e favorecer a saúde dos olhos. (Mattioli et al., 2020).

Para além de desempenhar várias funções protetoras e defensoras nas plantas; os compostos fenólicos também são essenciais para o solo e para os organismos vivos. Podendo afetar estruturas presentes no solo e aumentando sua fertilidade, pois contribuirão para o acúmulo de matéria orgânica benéfica presente no mesmo. Por sua vez como são agentes quelantes, os compostos fenólicos irão se ligar aos metais de transição gerarão uma alteração em sua disponibilidade para plantas e microrganismos. Funcionando também como fortes agentes antioxidantes, neutralizando radicais livres e protegendo os organismos vivos contra o estresse oxidativo natural gerado pelo meio externo. Essas funções antioxidantes são essenciais para manter a saúde das células do corpo humano além de ajudar a prevenir doenças como câncer e doenças cardiovasculares (Abreu et al., 2012).

Existem vários benefícios para a saúde associados ao consumo regular de alimentos ricos em compostos fenólicos. Muito presentes em chás, vinhos, frutas e vegetais são excelentes fontes desses nutrientes e incorporá-los a uma dieta saudável pode reduzir o risco de várias doenças crônicas. Alguns estudos epidemiológicos nos mostram que dietas ricas em compostos fenólicos estão associadas a uma redução no número de casos de doenças cardiovasculares, alguns tipos de câncer e doenças neurodegenerativas. Para além do que já foi citado essas substâncias químicas possuem o potencial de retardar o envelhecimento e melhorar a saúde mental devido ao alto teor de antioxidantes presentes (Adnan, Osman, Abdul 2011).

Sendo assim, os compostos fenólicos não apenas desempenham funções cruciais nas plantas, mas também oferecem significativos benefícios à saúde humana. Sendo sua presença em uma dieta balanceada indispensável, visto que pode contribuir para a prevenção de doenças e a promoção da saúde da população em geral, destacando a importância de uma alimentação rica e diversificada em frutas, vegetais e outros alimentos naturais (Havsteen, 2002).

## 2.5 COMPOSTOS ANTIOXIDANTES

De acordo com Sacramento et al. (2023), os antioxidantes são compostos que conseguem atrasar o processo de envelhecimento celular ou melhorar a oxigenação das células. O combate aos radicais livres, também conhecidos como oxigênios singleto, faz dos antioxidantes uma das substâncias mais pesquisadas atualmente, já que o objetivo é alcançar uma vida longa e saudável. São uma variedade de substâncias, incluindo pigmentos naturais, vitaminas, minerais, enzimas e outros compostos vegetais que inibem a atividade dos radicais livres. Do ponto de vista químico, geralmente são compostos aromáticos que contêm pelo menos uma hidroxila (OH<sup>-</sup>), incluindo terpenos, organosulfurados, compostos fenólicos e outros que compõem vários alimentos.

É possível determinar o potencial antioxidante de um composto por sua reatividade como doador de elétrons ou hidrogênio, sua capacidade de deslocar ou estabilizar um elétron desemparelhado. Além de sua reatividade com outro antioxidante e sua reatividade com o oxigênio. Alguns dos efeitos fisiológicos dos compostos antioxidantes incluem funções antineoplásicas e antimutagênicas, tendo em vista que esses problemas são causados pelos famosos radicais livres. Os antioxidantes atuam como sequestradores de radicais e quelantes de metais, de modo que pode ser observado que ao serem derivados de compostos fenólicos ajudam também na

iniciação e propagação dos processos oxidativos, como em alimentos ricos em vitamina E (Esquivel, Araya, 2012).

Assim, os antioxidantes possuem a habilidade de inibir a ação dos radicais livres no organismo, seja de forma direta ou indireta, contribuindo para os sistemas enzimáticos. A glutatona, a vitamina E, o ácido úrico e os carotenoides são compostos antioxidantes. Os estudos sugerem que as sementes e as cascas de certas frutas podem conter mais agentes antioxidantes do que a polpa dessas frutas, o que permite a utilização desses ingredientes na fabricação de antioxidantes naturais (Santos, Andrade, 2022).

Segundo Parcheta et al (2021), a vitamina E é frequentemente encontrada em produtos e cosméticos da indústria farmacêutica devido à sua capacidade de proteger as células contra danos oxidativos vindos de exposição constante ou não a agentes agressores, principalmente a pele, como o “pó preto” e a poluição gerada em grandes metrópoles. Tornando assim os suplementos de vitamina C destinados a fortalecer o sistema imunológico e melhorar a saúde da pele comuns ao mercado. A glutatona, também chamada de "antioxidante mestre", é essencial para a desintoxicação celular e é usada em tratamentos para melhorar a função hepática e a saúde geral

Portanto, os estudos sobre antioxidantes mantêm-se dinâmicos e com grande potencial para diversas áreas, com pesquisadores constantemente explorando novos antioxidantes sintéticos ou naturais além de métodos para sua extração ou criação. Pesquisas recentes analisam antioxidantes presentes em plantas e alimentos, que são vistos como mais eficientes e menos nocivos do que os antioxidantes sintéticos (Mello et al., 2014).

A indústria farmacêutica investe muito dinheiro em pesquisas para descobrir mais sobre os mecanismos de ação dos antioxidantes e suas interações com outras substâncias biológicas. Para atingir esse objetivo, novos produtos devem ser desenvolvidos para maximizar a bioatividade e a biodisponibilidade dos antioxidantes. Tornando-os mais eficazes na promoção da saúde e na luta contra o estresse oxidativo (Esquivel, Araya, 2012).

A técnica DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazila) é frequentemente empregada para medir a eficácia antioxidante de compostos, graças à sua simplicidade e rapidez. O procedimento se fundamenta na eliminação do radical livre DPPH, um composto estável de cor violeta viva em solução. Quando exposto a antioxidantes, o DPPH passa por uma reação de transferência de elétrons, ocasionando uma alteração de cor para amarelo. Este procedimento pode ser acompanhado espectrofotometricamente em uma faixa de 517 nm, possibilitando a mensuração da redução na absorvância. A intensidade da alteração de cor é diretamente relacionada à capacidade antioxidante do composto em estudo. Portanto, valores mais baixos de absorvância sinalizam uma atividade antioxidante mais intensa, já que demonstram uma capacidade superior de neutralizar radicais livres (Lira et al, 2023).

### 3. METODOLOGIA

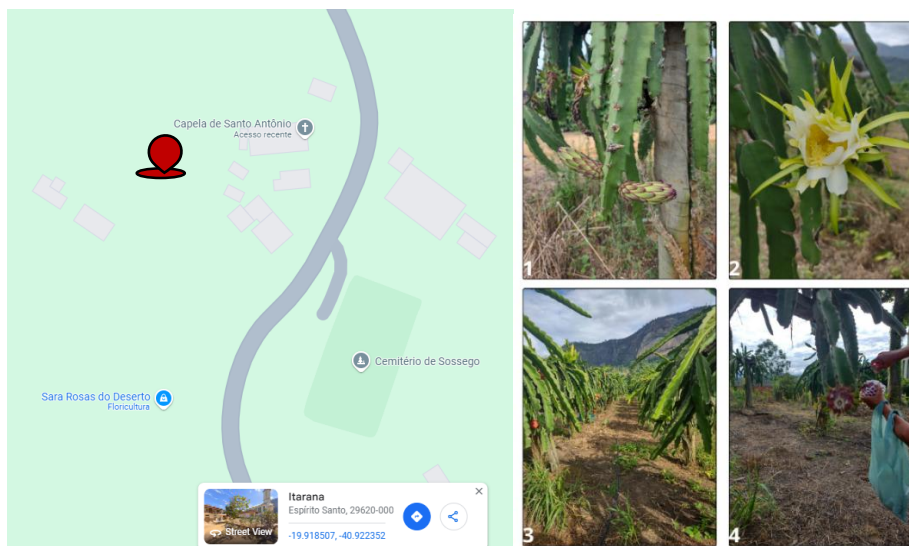
#### 3.1 SELEÇÃO E ESCOLHA DOS FRUTOS

Foram utilizadas no projeto a pitaya vermelha (*Hylocereus polyrhizus*) e branca (*Hylocereus Undatus*) coletados na zona rural de Itarana, ES, Brasil (Imagem 1). Os frutos foram coletados nos estágios de desenvolvimento adequado ao consumo (maduros) e escolhidos pelo agricultor. Para que fosse feita a realização de uma

amostragem significativa que representasse a plantação foram escolhidos e enumerados 20 plantas de cada uma das plantações, e a coleta foi feita por meio de uma amostragem sistemática onde o intervalo de amostragem (K) foi tido como  $K=2$ , sendo assim foram colhidos os plantas 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17 e 19 para a pitaya branca e 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18 e 20 para a vermelha, tendo assim uma amostra de 50% da população escolhida.

Após cada coleta, os frutos foram acondicionados em sacos plásticos vedados e devidamente identificados e colocados em caixa de isopor com blocos de gelo e transportados para o Laboratório (LABSALES) do UniSales - Centro Universitário Salesiano.

Imagem 1: Localização da plantação onde foram colhidos os frutos. Pertencente ao produtor local de nome “Xexeu” e estágios do fruto.



Legenda: O ponto sinaliza a localização da plantação de acordo com as respectivas coordenadas. (1) Imagem da floração em estágio inicial; (2) Flor antes de começar o processo de frutificação; (3) Plantação vista por inteiro; (4) Coleta dos frutos, antes de serem colocados na caixa de transporte.

Fonte: Google Maps. Elaboração própria.

### 3.2 ARMAZENAMENTO E SECAGEM DA AMOSTRA

Para realizar o armazenamento dos frutos, foram realizados os seguintes processos; as frutas foram higienizadas com água corrente e secas com auxílio de papel toalha, em sequência foi iniciado o despulpamento total da fruta e em sequência o corte da casca em 6 partes. Por fim as cascas foram novamente acondicionadas em sacolas identificadas e congeladas a  $-8^{\circ}\text{C}$ . As cascas foram retiradas do congelador apenas no dia anterior as extrações para passarem pelo processo de secagem em estufa a  $80^{\circ}\text{C}$ , por um tempo entre 12 e 18 horas, até peso constante (Imagem 2). As cascas secas foram retiradas apenas no exato momento em que seriam colocadas ao processo de extração.

Imagem 2: Ilustração do processamento de armazenamento e secagem da amostra.



Legenda: (1) Despolpamento; (2) casca; (3) casca congelada; (4) casca em estufa para secagem.

Fonte: Elaboração própria.

### 3.3 TÉCNICA DE EXTRAÇÃO À FRIO

Um dos métodos selecionados para este estudo comparativo foi a maceração. Na maceração foram utilizadas as amostras das cascas separadas para cada um dos solventes escolhidos (etanol, acetona e clorofórmio), sendo utilizados 50mL do solvente por amostra. Uma vez fechado o recipiente e guardado ao abrigo da luz o macerado foi deixado em repouso durante sete dias, agitando-se esporadicamente com um bastão de vidro (Imagem 3). A maceração transcorreu à temperatura ambiente ( $\sim 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) e ao término do tempo o extrato foi filtrado através de um funil normal e concentrado em evaporador rotatório.

Imagem 3: Amostras em processo de maceração.



Fonte: Elaboração própria.

### 3.4 TÉCNICA DE EXTRAÇÃO À QUENTE

O método de extração à quente via Soxhlet foi realizado com um cartucho extrator contendo as cascas do fruto e com cada um dos solventes (etanol, acetona e clorofórmio) extratores em medidas de 150mL por balão. A amostra utilizada para esta técnica correspondia ao mesmo fruto da maceração, sendo então utilizados os pedaços de casca restantes, as quais foram extraídas em cada um dos 3 solventes, durante 3 ciclos do sistema Soxhlet convencional (Imagem 4). Ao término dos 3 ciclos de cada extração, os extratos foram filtrados e concentrados em evaporador rotatório.

Imagem 4: Aparelho Soxhlet com amostra e solvente.



Fonte: Elaboração própria.

### 3.5 CARACTERIZAÇÃO FITOQUÍMICA

Os testes fitoquímicos foram realizados de maneira qualitativa, observando-se mudanças de cor e/ou formação de um precipitado, segundo a característica de cada classe de fitoquímicos pesquisados. Foram realizados testes para a detecção de polifenóis, flavonoides e antocianinas conforme descrito na literatura (Matos, 2009).

Para realização do teste qualitativo para presença de polifenóis foi utilizada uma solução a 10% do cloreto férrico, onde foram colocadas de 2-5 gotas dessa solução em 2mL do extrato já rotoevaporado. A mistura foi agitada suavemente de forma manual e observou-se o aparecimento de uma coloração escura; podendo variar entre o verde escuro e marrom; caso a mudança fosse confirmada a reação seria dada como positiva.

Já o teste de Shinoda, que também é conhecido como reação de cianidina, foi utilizado para identificar a presença de flavonoides. Para realizar o teste foram adicionadas 2 mL da amostra a um tubo de ensaio e acrescentado 4 pedaços de magnésio metálico, em seguida foram adicionadas 2 gotas de ácido clorídrico (HCl 1%). Ao final observa-se na amostra a mudança de cor para rosa-avermelhada se o teste de for positivo.

Por fim foi feito o teste de Borntrager que é utilizado para identificação de antraquinonas. Foram adicionados 2mL da amostra e em seguida adicionados 4mL de éter etílico, agitando suavemente por 2 minutos; em seguida foram adicionados 2mL de (NH<sub>4</sub>OH) 10% e agitado suavemente novamente. Ao final observou-se a coloração da camada aquosa da amostra, tendo mudança de cor para tons de vermelho para o caso de o teste ser positivo.

### 3.6 CAPAXIDADE ANTIOXIDANTE

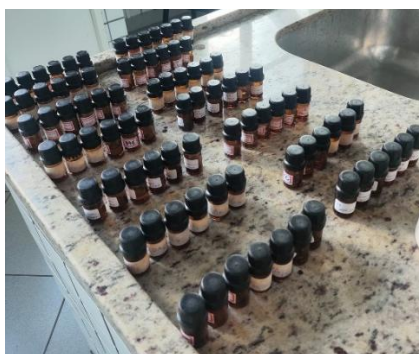
Os ensaios de capacidade antioxidante foram realizados em parceria com o Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas da Universidade Federal do Espírito Santos, junto ao Prof. Dr. Rodrigo Rezende Kitagawa e seu aluno de doutorado Rodrigo de Almeida Romagna, onde uma solução de DPPH (2,2-diphenil-1-picrilhidrazila) (SIGMA cod. D9132; St. Louis, MO, USA) foi preparada a 0,004% (p/v) em etanol, seguindo a metodologia de Gülçin, Berashvili, Gepdiremen, (2005),

modificada. A uma microplaca de 96 poços foi adicionado 100  $\mu\text{L}$  das amostras em diferentes concentrações (25, 50, 100, 125, 250, 500  $\mu\text{g/mL}$ ) e em seguida 200  $\mu\text{L}$  da solução de DPPH e mantida ao abrigo da luz à temperatura ambiente. Após 30 minutos foi feita a leitura das absorvâncias em 540nm. Como referência de máxima absorção (controle), é realizada leitura com 200  $\mu\text{L}$  da solução de DPPH adicionados de 100  $\mu\text{L}$  de etanol.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

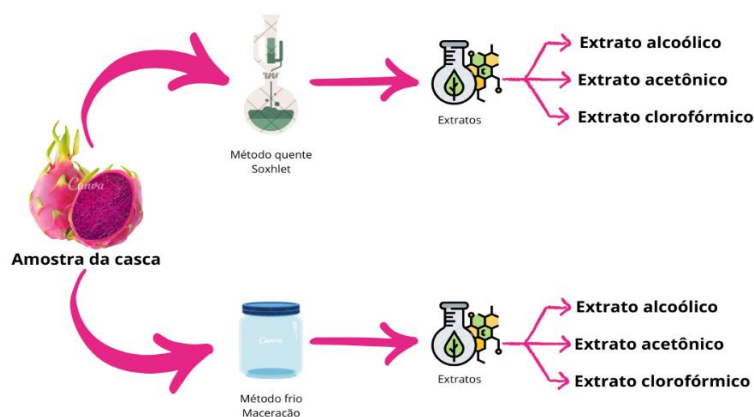
Foram obtidos 96 extratos (Imagem 5) a partir das 16 amostras selecionadas e viáveis para extração. Cada uma das amostras apresentou 6 extratos diferentes; sendo 3 provenientes da metodologia a frio e 3 da metodologia a quente. Sendo que ambas as metodologias empregaram os solventes extratores escolhidos (Figura 2).

Imagem 5: Extratos obtidos das pitayas branca e vermelha.



Fonte: Elaboração própria.

Figura 2: Esquema demonstrando como os extratos foram gerados.



Fonte: Elaboração própria, feita pelo aplicativo Canva.

As estimativas de rendimento das extrações foram feitas com base no peso médio dos extratos obtidos em cada técnica de extração (quente ou fria), empregando diversos solventes extratores e levando em conta o tipo de pitaya (vermelha ou

branca). A seguinte fórmula foi usada para determinar o rendimento de cada extração:  $Rendimento = (\text{peso médio dos extratos} * 100) / \text{peso médio das amostras (cascas)}$ . Este cálculo possibilita avaliar a eficácia de cada solvente e técnica na remoção dos compostos bioativos contidos nas cascas de pitaya. A Tabela 1 mostra os valores de massa do extrato obtido da amostra 2 das duas variedades de pitaya (vermelha e branca), usando acetona como solvente extrator, nos processos de extração tanto a frio quanto a quente. A análise dos resultados evidencia a influência das variáveis nos rendimentos, auxiliando na identificação das combinações mais eficientes para a extração.

Tabela 1: Dados das pesagens das massas da casca e dos extratos obtidos da amostra 2 das pitayas branca e vermelha, nos métodos de extração a frio e a quente utilizando acetona como solvente.

Identificação da amostra	Peso da casca após secagem (g)	Peso do frasco vazio (g)	Peso do frasco com extrato (g)	Peso do extrato (g)
2BAQ	1,0941	23,8106	26,5482	2,7376
2VAQ	3,605	23,3206	24,2896	0,969
2BAF	1,433	23,2932	24,5626	1,2694
2VAF	1,7026	23,5334	24,5018	0,9684

Legenda: (B) pitaya branca, (V) pitaya vermelha, (A) solvente acetona, (Q) extração a quente, (F) extração a frio, (1) número da amostra.

Fonte: Elaboração própria.

A avaliação dos resultados das extrações baseou-se nos pesos médios das cascas empregadas na produção dos extratos, possibilitando a determinação do rendimento de cada técnica. Com isso, conseguimos determinar qual solvente, espécie e método se mostrou mais eficiente para a extração. A Tabela 2 realça os resultados de extração alcançados para variadas combinações de solventes e técnicas (quente e frio), demonstrando que algumas espécies e solventes se mostraram mais eficazes. Por exemplo, ao analisar os resultados, observou-se que o uso de etanol e o método de maceração resultaram em rendimentos mais altos, enquanto solventes como o clorofórmio apresentaram rendimentos mais baixos. Essas informações contribuem para estabelecer quais métodos são mais benéficos para a obtenção de compostos bioativos de cada espécie.

Conforme pode ser observado na Tabela 2 a melhor metodologia para a extração foi à frio, visto que sua porcentagem de rendimento em comparação as demais foi a mais elevada. Essas amostras da extração a frio foram submetidas a 7 dias de contato com o solvente a temperatura ambiente e ao abrigo da luz, o que pode ser uma explicação para este rendimento. Esse rendimento quando comparado a Souza et al. (2021) se mostra satisfatório, ao utilizar as mesmas técnicas que nós Souza et al. (2021) obteve rendimentos de 12,68% para a metodologia de maceração e 41,63% para a metodologia de Soxhlet utilizando como solvente o etanol em seus estudos. Enquanto nossos valores para as mesmas metodologias foram de 65,02% e 19,84% para

maceração e 32,62% e 22,17% para o Soxhlet. Logo nossos estudos mostram um rendimento maior na técnica de maceração quando comparado a Souza et al. (2021).

Além disso o melhor solvente extrator foi o etanol, que já é considerado um solvente padrão para extração de produtos naturais, visto que é amplamente utilizado no preparo de tinturas, florais, destilações e preparações que possuem como origem dos princípios ativos as plantas como observa-se e atesta-se no livro escrito por Simões et al. (2017), onde o mesmo aborda sobre o tema de farmacognosia, mostrando as metodologias mais usuais para a extração em plantas e quais seus principais solventes utilizados.

Tabela 2: Relação do rendimento das extrações de acordo com técnica e solvente.

Solvente/método de extração		Rendimento extração (%)	
		Vermelha	Branca
Acetona	Quente	36,45%	18,20%
	Frio	61,72%	18,60%
Etanol	Quente	32,62%	22,17%
	Frio	65,02%	19,84%
Clorofórmio	Quente	21,26%	10,21%
	Frio	10,54%	9,97%

Fonte: Elaboração própria.

Vários outros estudos demonstram que a uma grande efetividade do etanol como solvente para extração em plantas e vegetais. Santos et al. (2019) também estudou a obtenção de fenólicos totais da casca de pitaya vermelha por meio de soluções hidroetanólicas (água e etanol), onde puderam notar que concentrações de 60% e 70% de etanol resultaram em resultados mais positivos em relação à capacidade antioxidante e ao teor de fenólicos, isso pode ser levado em consideração para realização dos próximos estudos. Já outra pesquisa, conduzida por Lima et al. (2013), também evidenciou que a combinação de etanol e centrifugação é eficaz na extração de compostos bioativos da pitaya do cerrado. A utilização do etanol como um solvente é extensamente documentada na literatura, confirmando sua versatilidade e eficácia na produção de extratos naturais.

Já em relação ao fruto, a pitaya vermelha possui uma coloração muito mais forte e presente desde sua polpa a sua casca e quando falamos em relação a compostos fenólicos derivados de plantas, uma característica ímpar dentre eles são as cores que eles apresentam quando presentes nas plantas, variando do vermelho intenso para o roxo intenso; logo a pitaya possui essas características, tendo a vermelha então um destaque maior que a pitaya branca, onde vemos esse destaque quando comparamos com o estudo de Santos et al. (2019) que teve como preferência a utilização da pitaya vermelha devido a sua forte coloração que como falado é um forte indicativo da presença de compostos fenólicos.

Após a realização das extrações foram feitas análises qualitativas para confirmação da presença de compostos como polifenóis, flavonoides e antraquinonas; que foram escolhidos devidos a suas capacidades antioxidantes. Esses testes apresentaram presença das classes flavonoides e polifenóis, em quase todos os extratos, sendo essas classes ausentes apenas nos extratos clorofórmicos. Também é possível ressaltar que essas classes se apresentaram nos solventes que são conhecidamente polares, sendo eles o etanol e a acetona; enquanto a o clorofórmio que é um solvente conhecidamente apolar não apresentou resultados que comprovassem a presença de qualquer uma das classes selecionadas para a análise qualitativa do estudo, vemos essa diferença de polaridades de solventes também nos estudos de Sobrinho et al. (2020) e Santos, Santana (2022), onde são destacadas a importância de sempre levar em consideração a polaridade dos solventes, que por sua vez exerce influência sobre os fitoquímicos extraídos e por consequência interfere na capacidade antioxidante dos extratos.

Pode-se observar na Tabela 3 que os testes qualitativos apresentaram resultados positivos mais frequentes ao teste de cloreto férrico (polifenóis), e o teste de Shinoda (flavonoides), onde Oliveira (2023) que também utilizou tais testes em seus estudos pode constatar a presença destes compostos em seus extratos.

Tabela 3: Resultados dos testes fitoquímicos dos extratos obtidos.

Solvente extrator	Espécie	Cloreto férrico (Polifenóis)	Shinoda (Flavonoides)	Boroträger (Antraquinonas)
Acetona	Vermelha	++	+	-
	Branca	++	+	-
Etanol	Vermelha	+	+	-
	Branca	+	+	-
Clorofórmio	Vermelha	-	-	-
	Branca	-	-	-

Legenda: (++) todos os testes positivos, (+) alguns testes positivos, (-) nenhum teste positivo.

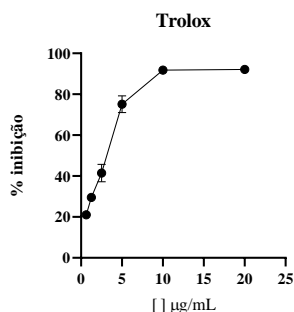
Fonte: Elaboração própria

Entretanto o teste de Boroträger (Antraquinonas) não foi positivado em nenhuma das nossas amostras, assim como é observado que o clorofórmio não apresentou positividade de nenhum destes testes, essa falta de positividade pode ser devido a sua apolaridade apresentada pelo solvente, onde essas classes de fitoquímicos não possuem afinidade e por isso podem não ter sido extraídas.

Os testes de capacidade antioxidante foram realizados em parceria como laboratório de produtos naturais da UFES, juntamente ao Prof. Dr. Rodrigo Rezende Kitagawa e Me. Rodrigo de Almeida Romagna. Onde foi utilizada a metodologia do DPPH e TEAC. O DPPH é um radical livre estável que pode ser utilizado para aferição da capacidade antioxidante de compostos orgânicos in natura, porém para que haja uma comparação é necessário um controle, este se deu por meio do TEAC (*Trolox Equivalent*

*Antioxidant Capacity*) onde foi utilizado o Trolox como padrão para que fosse achado o CE50; quantidade necessária de uma substância com conhecida forte capacidade antioxidante para inibir 50% dos radicais livres presentes; de uma solução de DPPH a 0,004% (Gráfico 1).

Gráfico 1: CE50 do Trolox

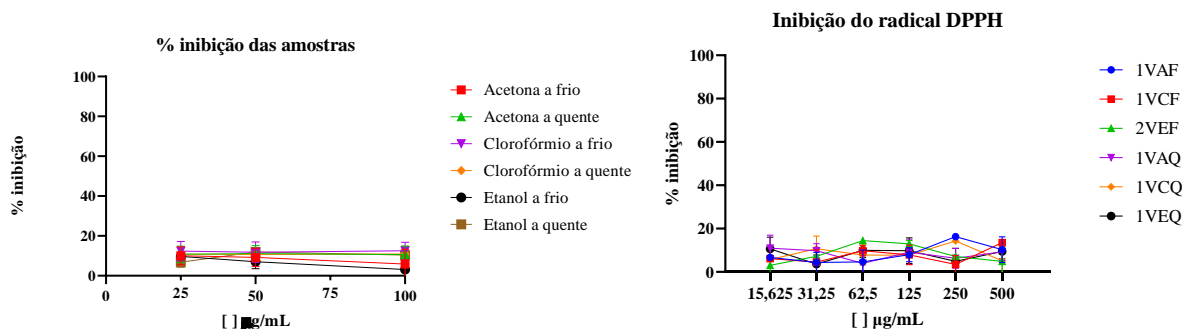


Fonte: Elaboração própria.

Para realizar as análises um dos extratos obtidos foi submetido ao teste, onde foram feitos dois ensaios com alíquotas de respectivamente 25,50,100 µg/mL e 125,250,500 µg/mL. As amostras foram colocadas em uma placa de poços juntamente a solução de DPPH e ao controle Trolox em repouso durante 30 minutos, após esse tempo foi feita a leitura em espectrofotômetro a 540nm e obtido os gráficos 2 e 3.

Pode-se notar que as amostras de maior destaque são as de acetona a frio e etanol a frio, que coincidem com as extrações de maior rendimento; e por consequência são as que conseguiram chegar a uma inibição do DPPH de quase 20% o que torna os extratos promissores, em vista que eles possuem a ação desejada e podem ser estudados utilizando-se de outras técnicas de extração e purificação para melhorar seus resultados referentes a essa capacidade, comparado a Abreu et al. (2012), é possível visualizar que as metodologias que utilizamos podem ter interferido positivamente na capacidade antioxidante dos extratos, visto que Abreu et al. (2012) conseguiu em seu estudo um resultado muito próximo aos 10% enquanto em nosso estudo conseguimos quase 20%.

Gráfico 2 e 3: Alíquotas do primeiro ensaio (branca) e do segundo ensaio (vermelha).



Fonte: Elaboração Própria.

Para além disso pode-se observar que os resultados apresentados por ambas as espécies foram muito próximos e ambos se aproximam sempre do resultado de 20% de inibição dos radicais. Para podermos ter uma visão mais ampla dos fitoquímicos presentes que foram extraídos e como sua quantidade interfere no resultado dessa porcentagem de inibição, precisariam ser feitos outros testes como a cromatografia gasosa acoplada a espectômetro de massas (CG-MS) ou a cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC).

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados mostraram que justamente os solventes mais polares possuíram uma melhor capacidade de extração, visto que os polifenóis são conhecidamente solúveis em água. Isso por sua vez também causaria interferência na capacidade antioxidante dos extratos, visto que ao extrair menos destes polifenóis a capacidade oxidante dos extratos também seria reduzida, sendo então diretamente proporcional a qualidade/quantidade do rendimento da extração. Com base nos resultados obtidos, é possível imaginar diversos caminhos para o futuro desse projeto, principalmente ao focarmos em indústrias farmacêuticas e/ou cosméticas que já trabalham com esse produto, onde este poderia ser utilizado de forma completa sem haver desperdício ou perda de insumos pela indústria, gerando novos produtos ou novos agentes/princípios ativos que podem ser incorporados à formulações com caráter preventivo ao envelhecimento e diminuição dos radicais livres por exemplo.

As extrações realizadas a baixas temperaturas, principalmente com etanol e acetona, se sobressaíram por proporcionar um rendimento superior e uma maior capacidade antioxidante. A prossecução da pesquisa pode se concentrar em melhorar essa técnica, modificando o tempo de contato entre o solvente e a amostra e a quantidade de solvente empregada, com o objetivo de produzir extratos ainda mais puros e de alta produtividade. Apesar do etanol ter se destacado como o solvente mais eficaz entre as técnicas de extração utilizadas, seria benéfico experimentar outros solventes e métodos de extração inovadores, tais como ultrassom ou micro-ondas. Essas opções podem aumentar a produtividade e intensificar as características antioxidantes dos compostos fabricados, acrescentando mais valor ao produto.

A análise qualitativa feita pelos testes de Ccloreto férrico e Shinoda confirmou a presença de polifenóis e flavonoides. O que é um incentivo ao desenvolvimento de extrações mais específicas dessas substâncias da casca, particularmente para aplicações nas indústrias farmacêutica, cosmética ou alimentícia.

O alto potencial antioxidante dos extratos da pitaya, principalmente com solventes a frio, indica que eles poderiam ser utilizados na criação de produtos cosméticos ou nutracêuticos para prevenir danos oxidativos. O mercado de produtos naturais e sustentáveis está em expansão, e esses extratos poderiam atender perfeitamente essa demanda. Para avançar, seria importante realizar ensaios que avaliem a estabilidade dos extratos e sua segurança em formulações comerciais.

Para além dos efeitos antioxidantes, é crucial explorar outras propriedades biológicas dos extratos, como capacidades antimicrobianas, anti-inflamatórias e até anticancerígenas. Isso ampliaria as oportunidades de aplicação desses compostos. Seria também benéfico examinar a bioatividade dos extratos em variados ambientes,

como na indústria alimentícia ou cosmética, para investigar potenciais sinergias entre os compostos. O fato de as cascas de pitaya, que muitas vezes são descartadas como resíduos agrícolas, estarem sendo aproveitadas torna o projeto sustentável e alinhado com os princípios da economia circular. Futuramente, outras partes da pitaya ou até outros frutos com características similares podem ser investigados, ampliando o escopo da pesquisa.

É possível afirmar que os resultados obtidos pelo projeto demonstram um significativo potencial para investigações futuras relacionadas à casca da pitaya. Essas pesquisas podem se concentrar na otimização das metodologias de extração, na ampliação das análises dos compostos contidos nos extratos e na validação de suas propriedades biológicas, o que pode posicioná-los como ingredientes de grande valor para o setor industrial, sempre priorizando a sustentabilidade e a inovação

## 6. REFERÊNCIAS

ABREU, W. C. de; Silva, A. N. da; Santos, J. M. dos; Ribeiro, C. V.. **Características físico-químicas e atividade Antioxidante total de pitaias vermelha e branca**. Ver Inst Adolfo Lutz, São Paulo, v. 4, n. 71, p. 656-661, set. 2012. Disponível em: [http://www.ial.sp.gov.br/resources/insituto-adolfo-lutz/publicacoes/rial/10/rial71\\_4\\_completa/1518.pdf](http://www.ial.sp.gov.br/resources/insituto-adolfo-lutz/publicacoes/rial/10/rial71_4_completa/1518.pdf). Acesso em: 26 de março de 2024.

ADNAN, Liyana; Osman, Ali; Abdul Hamid, Amran. **Antioxidant activity of different extracts of red pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) seed**. International Journal of Food Properties, v. 14, n. 6, p. 1171–1181, 2011. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10942911003592787?scroll=top&needAccess=true>. Acesso em: 6 nov. 2024.

ARVANITOYANNIS, Ilias Savvas; Kassaveti, Anna. **Waste management for the food industries**. Academic Press, 2008. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/286015076\\_Fish\\_Waste\\_Management\\_Treatment\\_Methods\\_and\\_Potential\\_Uses\\_of\\_Treated\\_Waste](https://www.researchgate.net/publication/286015076_Fish_Waste_Management_Treatment_Methods_and_Potential_Uses_of_Treated_Waste). Acesso em: 15 de maio de 2024.

ASSIS, J. G. de A.; Galvão, R. F. M.; Castro, I. R. de; Melo, J. F. de. **Plantas alimentícias não convencionais na Bahia: uma rede em consolidação**. Agriculturas, Bahia, v. 2, n. 13, p. 17-20, jun. 2016. Disponível em: [https://aspta.redelivre.org.br/files/2016/08/Agriculturas\\_V13N2-Artigo02.pdf](https://aspta.redelivre.org.br/files/2016/08/Agriculturas_V13N2-Artigo02.pdf). Acesso em: 12 de maio de 2024.

CARVALHO, Marlon Thiago; Bergamasco, Rosângela; Gomes, Raquel Gutierrez. **Métodos de extração de compostos bioativos: aproveitamento de subprodutos na agroindústria**. Revista UNINGÁ Review, Maringá, v. 33, n. 1, p. 66-84, jan./mar. 2018. Disponível em: <https://www.revistas.uem.br/ojs/index.php/RevistaUNINGA/article/view/42799>. Acesso em: 07 nov. 2024.

CHEMAT, Fouad; Abert Vian, Marie; Cravotto, Giovanni. **Green extraction of natural products: Concept and principles**. International Journal of Molecular Sciences, v.

13, n. 7, p. 8615-8627, 2012. doi:10.3390/ijms13078615. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1422-0067/13/7/8615>. Acesso em: 14 de outubro de 2024.

CHEMAT, Fouad; Vian, Marie-Antoinette. **Alternative solvents for natural products extraction.** Springer, 2014. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/321612658\\_Alternative\\_Solvents\\_for\\_Natural\\_Products\\_Extraction](https://www.researchgate.net/publication/321612658_Alternative_Solvents_for_Natural_Products_Extraction). Acesso em: 30 de junho de 2024.

ESQUIVEL, Pedro; Araya-Farias, Marcia. **Chemical composition and antioxidant capacity of pitaya (*Hylocereus spp.*) fruit grown in Costa Rica.** Journal of Food Composition and Analysis, v. 28, n. 1, p. 1-6, 2012. doi:10.1016/j.jfca.2012.06.004. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/235910659\\_Comparison\\_of\\_morphological\\_and\\_chemical\\_fruit\\_traits\\_from\\_different\\_pitaya\\_genotypes\\_Hylocereus\\_sp\\_grown\\_in\\_Costa\\_Rica](https://www.researchgate.net/publication/235910659_Comparison_of_morphological_and_chemical_fruit_traits_from_different_pitaya_genotypes_Hylocereus_sp_grown_in_Costa_Rica). Acesso em: 16 de julho de 2024.

FAO. **The state of food and agriculture 2019: moving forward on food loss and waste reduction.** Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2019. Disponível em: <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/11f9288f-dc78-4171-8d02-92235b8d7dc7/content>. Acesso em: 06 de abril 2024.

GARCÍA-CRUZ, L.; Valle-Guadarrama, S.; Salinas-Moreno, Y.; Joaquin-Cruz, E.. **Physical, chemical, and antioxidant activity characterization of pitaya (*Stenocereus pruinosus*) Fruits.** Plant Foods For Human Nutrition, [S.L.], v. 68, n. 4, p. 403-410, 20 out. 2013. Springer Science and Business Media LLC. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24142131/>. Acesso em: 27 de outubro de 2024.

GARCÍA-GARCÍA, G., Woolley, E., Rahimifard, S., & Colwill, J.. **A framework for a more efficient approach to food waste management.** International Journal of Food Science & Technology, 52(2), 246-255, 2017. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/282085910\\_A\\_Framework\\_for\\_a\\_More\\_Efficient\\_Approach\\_to\\_Food\\_Waste\\_Management](https://www.researchgate.net/publication/282085910_A_Framework_for_a_More_Efficient_Approach_to_Food_Waste_Management). Acesso em: 29 de agosto de 2024.

GÜLÇİN, İsmail; Berashvili, Levan; Gepdiremen, Ahmet. **Antiradical and antioxidant activity of total anthocyanins from *Perilla pankinensis* decne.** Journal of Ethnopharmacology, v. 101, n. 1-3, p. 287-293, 2005. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15964162/>. Acesso em: 25 de outubro de 2024.

HALLIWELL, Barry; Gutteridge, Julian M. C. **Free radicals in biology and medicine.** 5. ed. Oxford: Oxford University Press, 2015.

HAVSTEEN, Bjørn H. **The biochemistry and medical significance of the flavonoids.** Pharmacology & Therapeutics, v. 96, n. 2-3, p. 67-202, 2002. doi:10.1016/S0163-7258(02)00298-X. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12453566/>. Acesso em: 19 de agosto de 2024.

LIMA, C. A. de; Faleiro, F. G.; Junqueira, N. T. V.; Cohen, K. de Oliveira; Guimarães, T. G.. **Características físico-químicas, polifenóis e flavonoides amarelos em frutos de espécies de pitaias comerciais e nativas do Cerrado**. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, v. 35, n. 2, p. 565-570, jun. 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbf/a/wMphZmbJKPGLHyJqGMc9KFK/?format=pdf>. Acesso em: 6 de novembro de 2024.

LIRA, S. M. de L.; Pereira, Vi. F.; Sousa, M. J. da S.; Costa, D. de O.; Carvalho, G. de L. **Caracterização fitoquímica dos extratos bruto e aquoso da polpa e da casca de pitaya vermelha (*Hylocereus polyrhizus*)**. (Ed.). Manual de análises químicas de produtos naturais. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2023. p. 250-270. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1120456/1/CLV19050.pdf>. Acesso em : 6 de novembro de 2024.

LUO, H.; Cai, Y.; Peng, Z.; Liu, T.; Yang, S.. **Chemical composition and in vitro evaluation of the cytotoxic and antioxidant activities of supercritical carbon dioxide extracts of pitaya (dragon fruit) peel**. Chemistry Central Journal, [S.L.], v. 8, n. 1, 3 jan. 2014. Springer Science and Business Media LLC. Disponível em: <https://bmcchem.biomedcentral.com/articles/10.1186/1752-153X-8-1>. Acesso em: 14 de março de 2024.

LUU, T.-T.-H., Le, T.-L., Huynh, N., & Quintela-Alonso, P. **Dragon fruit: A review of health benefits and nutrients and its sustainable development under climate changes in Vietnam**. Czech Journal of Food Sciences, 39(2), 71–94, 2021. <https://doi.org/10.17221/139/2020-CJFS>. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/350133783\\_Dragon\\_fruit\\_A\\_review\\_of\\_health\\_benefits\\_and\\_nutrients\\_and\\_its\\_sustainable\\_development\\_under\\_climate\\_changes\\_in\\_Vietnam](https://www.researchgate.net/publication/350133783_Dragon_fruit_A_review_of_health_benefits_and_nutrients_and_its_sustainable_development_under_climate_changes_in_Vietnam). Acesso em: 15 de maio de 2024.

MATTIOLI, R.; Francioso, A.; Mosca, L.; Silva, P. **Anthocyanins: A comprehensive review of their chemical properties and health effects on cardiovascular and neurodegenerative diseases**. *Molecules*, v. 25, n. 17, p. 3809, 2020. <https://doi.org/10.3390/molecules25173809>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1420-3049/25/17/3809>. Acesso em: 18 de agosto de 2024.

MELLO, A. B., Bernardo, L., Dias, J. G., Gonzaga, F. P., Amante, E. R., Fett, R., & Cândido, L. M. B. **Potencial antioxidante de extratos vegetais: uma abordagem química e bioquímica**. Revista Brasileira de Plantas Mediciniais, 16(4), 765-775, 2014.

NAÇÕES UNIDAS. (2021). **Sustainable development goal 12: ensure sustainable consumption and production patterns**. Disponível em: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-consumption-production/>. Acesso em: 10 de julho de 2024.

ÖSTERGREN, D.; Walter, U.; Gustavsson, B.; Jonsson, I. M. **Gastronomy: an overlooked arena for the cultivation of sustainable meaning?**, v. 14, n. 4, p. 41,

2023. <https://doi.org/10.3390/challe14040041>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2078-1547/14/4/41>. Acesso em: 24 de outubro de 2024.

OLIVEIRA, Priscila Josiene Fortes de. **Avaliação da atividade antimicrobiana in vitro do extrato etanólico de Arnica montana**. Juiz de Fora: Centro Universitário Presidente Antônio Carlos (UNIPAC), 2023. Disponível em: [Avaliação\\_in\\_vitro\\_das\\_atividades\\_antimicrobianas\\_de\\_extratos\\_etanólicos\\_de\\_Arnica\\_montana\\_L\\_Bauhinia\\_forficata\\_e\\_Plantago\\_major\\_sobre\\_Streptococcus\\_mutans\\_e\\_Streptococcus\\_sanguis](#). Acesso em: 8 de outubro de 2024

PARCHETA, M.; Świśłocka, R.; Orzechowska, S.; Akimowicz, M.; Choińska, R.; Lewandowski, W. **Recent developments in effective antioxidants: the structure and antioxidant properties**. *Materials*, [S.L.], v. 14, n. 8, p. 1984, 15 abr. 2021. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/ma14081984>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33921014/>. Acesso em: 25 de março de 2024.

PRINCIPATO, L.; Spera, D.; Loredo, S.; Gibran, F.; Salvadori, G. **The role of food waste awareness and sustainability in the food industry**. *International Journal of Innovative Science and Research Technology*, v. 9, n. 4, p. 1373-1381, abr. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.38124/ijisrt/IJISRT24APR1682>. Acesso em: 6 de agosto de 2024.

PIZZORNO, Joseph E.; Murray, Michael T. **Textbook of natural medicine**. Elsevier Health Sciences, 2012.

SACRAMENTO, Ve. de M.; Veloso, P. H. F.; Royo, V. de A.; et al. **Métodos para determinação de capacidade antioxidante**. Ponta Grossa - PR: Atena Editora, 2023. Outros autores: Natallia Santos Abreu, Kamila Soares Freitas Souto, Afrânio Farias de Melo Júnior. Formato: PDF. Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader. Modo de acesso: World Wide Web. Inclui bibliografia. ISBN 978-65-258-0907-6. DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.076230302>. Disponível em: <https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/721277/1/metodos-para-determinacao-de-capacidade-antioxidante.pdf>. Acesso em: 22 de abril de 2024.

SANTOS, Ilgner da Cruz; Andrade, Leonardo Guimarães de. **O PAPEL DOS ANTIOXIDANTES NA PREVENÇÃO DE DOENÇAS**. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, [S. l.], v. 8, n. 3, p. 906–916, 2022. DOI: 10.51891/rease.v8i3.4663. Disponível em: <https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/4663>. Acesso em: 7 de julho de 2024.

SANTOS, Tacila Rayane Jericó; Santana, Luciana Cristina Lins de Aquino. **Conventional and emerging techniques for extraction of bioactive compounds from fruit waste**. *Brazilian Journal of Food Technology*, Campinas, v. 25, e2021130, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/1981-6723.13021>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bjft/a/3p3TDK7XSfdP6fT6t7ZYNHt/?format=pdf>. Acesso em: 6 de novembro de 2024.

SANTOS, M. R. C.; Santos, I. A.; Leite, C. X. D.; Borges, M. V.; Silva, M. V. D. **Extração assistida por ultrassom de casca de pitaya vermelha: fenólicos totais e capacidade antioxidante.** *Higiene Alimentar*, v. 33, n. 288/289, p. 1459-1462, 2019. Disponível em: [https://higienealimentar.com.br/wp-content/uploads/2020/08/Anais-Higienistas-2019\\_VERS%C3%83O-ATUALIZADA-FINAL\\_compressed.pdf](https://higienealimentar.com.br/wp-content/uploads/2020/08/Anais-Higienistas-2019_VERS%C3%83O-ATUALIZADA-FINAL_compressed.pdf). Acesso em: 6 de novembro de 2024.

SHAHIDI, Fereidoon; Ambigaipalan, Priyatharini. **Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: Antioxidant activity and health effects – A review.** *Journal of Functional Foods*, v. 18, p. 820-897, 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1756464615003023>. Acesso em: 20 de abril de 2024.

SIMÕES, C. M. O., Schenkel, E. P., Gosmann, G., Mello, J. C. P., Mentz, L. A., & Petrovick, P. R. (2017). **Farmacognosia: da planta ao medicamento (6ª ed.).** Porto Alegre: Editora da UFRGS. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/315772641\\_Farmacognosia\\_da\\_Planta\\_ao\\_Medicamento](https://www.researchgate.net/publication/315772641_Farmacognosia_da_Planta_ao_Medicamento). Acesso em: 15 de setembro de 2024.

SINGH, G.; Gill, P.; Joshi, S.; et al. **Anti-inflammatory, antioxidant, and other health effects of dragon fruit and potential delivery systems for its bioactive compounds.** ResearchGate, 2024. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/366834581\\_Anti-inflammatory\\_Antioxidant\\_and\\_Other\\_Health\\_Effects\\_of\\_Dragon\\_Fruit\\_and\\_Potential\\_Delivery\\_Systems\\_for\\_Its\\_Bioactive\\_Compounds](https://www.researchgate.net/publication/366834581_Anti-inflammatory_Antioxidant_and_Other_Health_Effects_of_Dragon_Fruit_and_Potential_Delivery_Systems_for_Its_Bioactive_Compounds). Acesso em: 6 nov. 2024.

SOBRINHO, A. C. G.; Rogez, H. L. G.; Nascimento, V. H. A. do; Teixeira, B. J. B.; Dias, A. L. de S.; Souza, J. N. S. de. **Determinação de compostos bioativos e capacidade sequestradora de radicais livres em extratos de folhas de *Byrsonima crassifolia* e *Inga edulis* / Determination of bioactive compounds and scavenging capacity of free radicals in *Byrsonima crassifolia* and *Inga edulis* leaf extracts.** *Brazilian Journal of Development*, [S. l.], v. 6, n. 6, p. 34954–34969, 2020. DOI: 10.34117/bjdv6n6-147. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/11225>. Acesso em: 1 de outubro de 2024.

SOUZA, M. E. A. O.; Gomes, M. R.; Candeias, V. M. S.; Albuquerque J., N. M.; Januário, E. T. F.; Lima, D. A.; Vilar, S. B. O. **Determinação da capacidade antioxidante do extrato do pó da casca do abacaxi aplicando diferentes técnicas de extração.** *Research, Society and Development*, v. 10, n. 10, e155101018574, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i10.185741>. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/353811103\\_Determinacao\\_da\\_capacidade\\_antioxidante\\_do\\_extrato\\_do\\_po\\_da\\_casca\\_do\\_abacaxi\\_aplicando\\_diferentes\\_tecnicas\\_de\\_extracao](https://www.researchgate.net/publication/353811103_Determinacao_da_capacidade_antioxidante_do_extrato_do_po_da_casca_do_abacaxi_aplicando_diferentes_tecnicas_de_extracao). Acesso em: 3 de setembro de 2024.

UTPOTT, M.; Dick, M.; Ramos, J. C.; Ferreira, R. S.; Rios, A. O.; Flôres, S. H. **Caracterização centesimal das pitayas de polpa vermelha (*Hylocereus***

**polyrhizus) e branca (*Hylocereus undatus*) produzidas no Rio Grande do Sul.**  
In: SIMPÓSIO DE SEGURANÇA ALIMENTAR, 6., Gramado, RS.