

Recebido: 11/03/2024 | Revisado: 02/04/2024 | Aceito: 12/04/2024 | Publicado: 29/05/2024



This work is licensed under a  
Creative Commons Attribution 4.0 Unported License.

DOI: 10.31416/rsdv.v12i2.921

## **Avaliação das atividades antioxidantes e antibacteriana de extratos das folhas da melancia (*Citrullus lanatus*)**

*Evaluation of antioxidant and antibacterial activities of watermelon (*Citrullus lanatus*) leaf extracts*

**BARBOSA, José Vinicius Perminio.** Mestrando em Biotecnologia

Universidade Federal de Pernambuco, Campus Recife. Av. Prof. Moraes Rego, 1235 - Cidade Universitária, 50670-901 / Telefone: (81) 98538.3274 / E-mail: jose.vinicius.barbosa85@gmail.com

**SALVADOR, Weverson Victor dos Santos.** Graduado em Licenciatura em Química

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, Campus Barreiros. Fazenda Sapé, S/N, Zona rural. Barreiros. 55560-000 / Telefone: (81) 98351.2788 / E-mail: salvadorweverson@gmail.com

**SILVA, Izaqueu Rodrigues da.** Graduado em Licenciatura em Química

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, Campus Barreiros. Fazenda Sapé, S/N, Zona rural. Barreiros. 55560-000 / Telefone: (81) 99420.3014 / E-mail: zaqueurs22@hotmail.com

**LEITE, Tonny Cley Campos.** Doutor em Inovação terapêutica

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, Campus Barreiros. Fazenda Sapé, S/N, Zona rural. Barreiros. 55560-000 / Telefone: (81) 99183.4837 / E-mail: tonny.leite@barreiros.ifpe.edu.br

**SENA, Amanda Reges de.** Doutora em Biotecnologia

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, Campus Barreiros. Fazenda Sapé, S/N, Zona rural. Barreiros. 55560-000. Programa de Pós-graduação em Biotecnologia. Universidade Federal de Pernambuco, Campus Recife. Av. Prof. Moraes Rego, 1235 - Cidade Universitária, 50670-901/Telefone: (81) 97306.2665 / E-mail: amandareges@barreiros.ifpe.edu.br

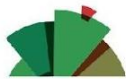
### **RESUMO**

A melancia é uma hortaliça-fruto de grande importância econômica para o Brasil, uma vez que são produzidos 2,1 milhões de toneladas, conferindo ao país o título de quarto maior produtor mundial. Logo, também há elevada produção de resíduos agrícolas, como as folhas. A partir do exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a atividade antioxidante e antibacteriana dos extratos das folhas de melancia, visando à identificação da presença de compostos bioativos. As folhas foram coletadas em Juazeiro/BA, os extratos foram obtidos com uso dos solventes hexano, acetato de etila, etanol e com a mistura hidroalcoólica (etanol/água - 7:3). Realizou-se a atividade antioxidante pelos métodos DPPH, ABTS, poder redutor, fosfomolibidênio, quelante de cobre e ferro. A atividade antibacteriana foi avaliada segundo a CLSI, pelo método de microdiluição em caldo. Os extratos das folhas apresentaram atividade antioxidante, destacando-se o extrato EtOH com 53,58% pelo método DPPH e o extrato EtOH/H<sub>2</sub>O com 79,39% de sequestro do cátion radical ABTS. O extrato EtOH apresentou 35,73% de efeito quelante de cobre e o extrato AcOEt proporcionou 58,49% de efeito quelante de ferro. Os extratos mais ativos foram o etanólico e o acetato de etila, uma vez que inibiram uma maior quantidade de microrganismos em baixas concentrações, sendo mais ativos contra *Enterococcus faecalis* UFPEDA 138 e *Klebsiella pneumoniae* UFPEDA 396. Com base nas atividades realizadas e os resultados obtidos, as folhas da melancia (*C. lanatus*) possuem potencial para ser investigado, através de novos estudos visando o isolamento dos compostos bioativos e assim, serem utilizadas pelas indústrias farmacêuticas e alimentícias.

**Palavras-chave:** Atividade biológica *in vitro*; Cucurbitaceae; Resíduos; Sustentabilidade.

### **ABSTRACT**

Watermelon is a vegetable-fruit of great economic importance for Brazil, as 2.1 million tons of it are



produced, giving the country the title of fourth largest producer in the world. Therefore, there is also a high production of agricultural waste, such as leaves. Based on the above, the present work aimed to evaluate the antioxidant and antibacterial activity of watermelon leaf extracts, aiming to identify the presence of bioactive compounds. The leaves were collected in Juazeiro/BA, the extracts were obtained using the solvents hexane, ethyl acetate, ethanol and a hydroalcoholic mixture (ethanol/water - 7:3). The antioxidant activity was carried out using the DPPH, ABTS, reducing power, phosphomolybdenum, copper and iron chelating methods. Antibacterial activity was evaluated according to CLSI, using the broth microdilution method. The leaf extracts showed antioxidant activity, highlighting the EtOH extract with 53.58% by the DPPH method and the EtOH/H<sub>2</sub>O extract with 79.39% sequestration of the ABTS radical cation. The EtOH extract showed a 35.73% copper chelating effect and the AcOEt extract provided a 58.49% iron chelating effect. The most active extracts were ethanolic and ethyl acetate, as they inhibited a greater quantity of microorganisms at low concentrations, being more active against *Enterococcus faecalis* UFPEDA 138 and *Klebsiella pneumoniae* UFPEDA 396. Based on the activities carried out and the results obtained, watermelon leaves (*C. lanatus*) have the potential to be investigated through new studies aimed at isolating bioactive compounds and thus being used by the pharmaceutical and food industries.

**Keywords:** *In vitro* biological activity; Cucurbitaceae; Waste; Sustainability.

## Introdução

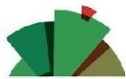
A melancia (*Citrullus lanatus*), da família Cucurbitaceae, é uma espécie vegetal anual com folhas grandes, frutos suculentos e adocicados, podendo chegar a pesar até 90 Kg. Além de seu valor nutricional, a melancia é uma cultura importante para os agricultores, pois é de fácil manejo e possui menor custo de produção em comparação a outras hortaliças fruto. Constitui-se em importante cultura para o Brasil pela demanda intensiva de mão de obra rural, pois do ponto de vista social gera renda, empregos e ajuda a manter o homem no campo (Mandizvo *et al.*, 2021).

A produção de melancia no Brasil tem se mostrado significativa, contribuindo para o abastecimento do mercado interno e para a exportação. Segundo Kist *et al.* (2022), o Brasil é um dos principais produtores de melancia no mundo, e no mesmo ano o país produziu cerca de 1.912.909 de toneladas do fruto em 85.729 hectares e cerca de 118.000 foram exportadas do país.

Em 2022, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), os municípios que mais produziu no estado da Bahia foi São Desidério seguido por Tanhaçu, Ituaçu e Juazeiro, onde este produziu cerca de 9.934 toneladas do fruto evidenciando, desta forma, a importância socioeconômica na região.

O Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 12 (ODS 12), o qual trata do "Consumo e Produção Responsáveis," desempenha um papel primário ao promover a reutilização de resíduos agrícolas, reduzindo a perda sobre os recursos naturais. Ao direcionar resíduos agrícolas para reúso e reciclagem, por meio da Economia Circular, se contribui para a diminuição da poluição, a conservação de recursos e estimula inovações econômicas e tecnológicas, melhorando desta forma o ciclo de vida do produto. Isso resulta em uma abordagem mais sustentável, que, por sua vez, torna a agricultura mais eficiente (ODS Brasil, 2023).

O aproveitamento de resíduos agrícolas (cascas, folhas, palhas e bagaços) como matéria-prima para a produção de biocombustíveis, biogás, energia e outros produtos, pode gerar maior valor agregado à cadeia produtiva. Uma das formas de aproveitar esses resíduos é por meio da extração de compostos bioativos com atividade antioxidante e antimicrobiana, por exemplo. Esses compostos



podem ser utilizados na indústria alimentícia (produção de alimentos funcionais e suplementos), farmacêutica (medicamentos) e cosmética (produtos de cuidados pessoais) (López *et al.*, 2020). Dessa forma, ao fazer um uso consciente dos resíduos orgânicos da melancia evita-se não apenas o desperdício, como também se aproveita ao máximo os benefícios que esses materiais podem proporcionar (Dubey *et al.*, 2021).

Além disso, ao utilizar esses resíduos como matéria-prima em processos industriais ou em projetos de remediação ambiental, é possível minimizar a liberação de substâncias perigosas e, assim, diminuir os riscos para a saúde humana e para os ecossistemas. Essa abordagem inovadora destaca a importância da economia circular e do pensamento sustentável na busca por soluções efetivas para os desafios ambientais atuais (Osorio *et al.*, 2021).

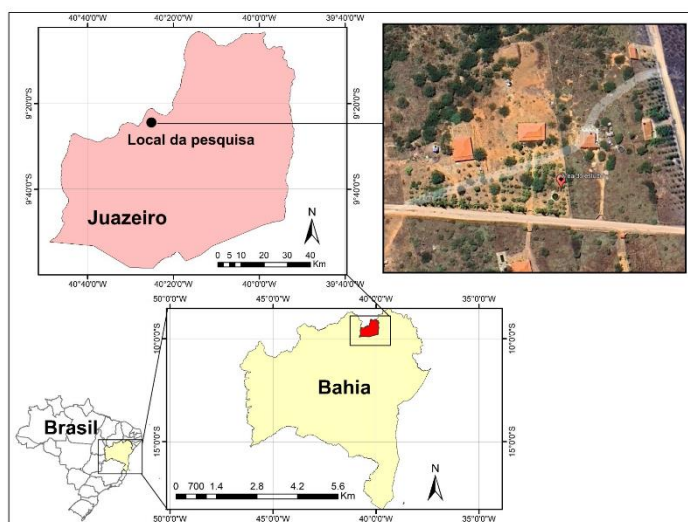
Com base nos aspectos mencionados, este trabalho teve como objetivo avaliar as atividades antioxidante e antibacteriana dos extratos das folhas de melancia, visando à identificação da presença de compostos bioativos.

## Material e métodos

### 2.1 Material vegetal

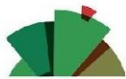
As folhas de melancia (*Citrullus lanatus*) foram originalmente obtidas na Bahia em julho de 2022. As mesmas foram coletadas na chácara Recanto dos Sena, a cerca de 12 km do centro do município de Juazeiro (Latitude  $-9.497339^\circ$ , Longitude  $-40.504767^\circ$  e altitude média de 368 metros).

**Figura 1** - Área da coleta. Zona rural de Juazeiro, Bahia, Brasil. Localização do Ponto exato da coleta das folhas da melancia (Pontuado em vermelho - no Recanto dos Sena).



Fonte: O autor (2022).

### 2.2 Obtenção dos extratos



As folhas da melancia foram secas por 72 horas em estufa com temperatura controlada (50 °C) e renovação constante de ar. As mesmas foram moídas em moinho de facas obtendo-se 0,765 Kg. Os extratos orgânicos foram obtidos por aparelho Soxhlet, utilizando 70 g do material vegetal e 500 mL de solvente. A extração seguiu a ordem de polaridade crescente: hexano (Hex) acetato de etila (AcOEt), etanol (EtOH) e etanol/água (EtOH/H<sub>2</sub>O - 7:3). A temperatura de extração foi de 100 °C para todos os solventes e o tempo médio de extração foi de 8 horas, totalizando 32 horas. Após este período cada extrato foi concentrado utilizando aparelho rotaevaporador.

## 2.3 Avaliação das atividades dos extratos

### 2.3.1 Atividade antioxidante

#### 2.3.1.1 Avaliação da atividade sequestradora do radical DPPH

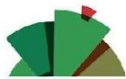
A análise para a determinação da atividade antioxidante foi realizada utilizando o radical livre DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil) que é baseada no método descrito por Cavin *et al.* (1998) com algumas adaptações. Uma solução em etanol de DPPH 0,004 % (p/v) foi adicionada a cada amostra de extrato na concentração de 1 mg/mL. Foram adicionados, em eppendorfs, 50 µL do extrato e 950 µL do radical DPPH. A absorbância das soluções foi medida em espectrofotômetro UV-VIS (517 nm) após 30 min. A porcentagem de atividade sequestradora (% AS) foi calculada pela equação:

$$\% AS = 100 \times (Abs_{controle} - Abs_{amostra}) / Abs_{controle}$$

Onde  $Abs_{controle}$  é a absorbância do controle (ensaio contendo etanol e solução de DPPH), e  $Abs_{amostra}$  é a absorbância do radical na presença da amostra.

#### 2.3.1.2 Avaliação da atividade antioxidante pelo cátion radical ABTS<sup>+</sup>

O teste foi realizado de acordo com a metodologia descrita por Re *et al.* (1999). O cátion radical ABTS<sup>+</sup> (2,2-azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico)) foi preparado pela mistura de uma solução de ABTS (7 mM) e uma solução de persulfato de potássio (140 mM), ambas em água destilada. A solução foi mantida ao abrigo da luz e em temperatura ambiente durante um período de 12-16 horas antes do uso. Após, a solução do cátion radical ABTS<sup>+</sup> foi diluída em etanol (1:100, v/v) até uma absorbância de  $0,7 \pm 0,05$  nm em espectrofotômetro a 734 nm. Os extratos foram preparados na concentração de 1 mg/mL. Os mesmos foram adicionados separadamente e o meio reacional consistiu em 50 µL de cada extrato (1 mg/mL) e 950 µL da solução de ABTS<sup>+</sup>. As soluções foram agitadas e, após 6 minutos de reação, a absorbância das amostras foram medidas em um espectrofotômetro a 734 nm. A porcentagem da atividade sequestradora (% AS) foi calculada pela



equação:

$$\% AS = 100 \times (Abs_{controle} - Abs_{amostra}) / Abs_{controle}$$

Onde  $Abs_{controle}$  é a absorbância do controle, (contendo etanol e solução etanólica do radical ABTS<sup>•+</sup>) e  $Abs_{amostra}$  é a absorbância do radical na presença da amostra.

### 2.3.1.3 Avaliação da atividade antioxidante pelo método de poder redutor

O método utilizado para avaliar a atividade antioxidante através da determinação do potencial redutor foi baseado no método proposto por Waterman e Mole (1994), com adaptações. Foram preparadas misturas reacionais contendo 100 µL dos extratos (1 mg/mL), 8,5 mL de água destilada e 1,0 mL de uma solução de FeCl<sub>3</sub> (0,1 mol/L). Após três minutos, adicionou-se 1,0 mL de uma solução de ferricianeto de potássio (0,08 mol/L) e, após 15 minutos, fez-se a leitura em espectrofotômetro a 720 nm. O aparecimento da cor azul da Prússia foi indicativo de potencial redutor.

### 2.3.1.4 Avaliação da atividade antioxidante total pelo método de redução do fosfomolibdênio

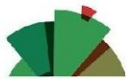
Este ensaio foi realizado segundo Prieto *et al.* (1999). Em um tubo de ensaio foram adicionados 0,3 mL de amostras dos extratos (1 mg/mL) e 3 mL do reativo fosfomolibdênio. Os tubos foram levados ao banho-maria a 95 °C por 90 minutos e após resfriamento fez-se a leitura em espectrofotômetro a 695 nm. Utilizou-se como branco 0,3 mL de água destilada e 3 mL do reativo. O padrão rotina (1 mg/mL) foi considerado como 100 % de atividade antioxidante. A porcentagem da atividade antioxidante foi mensurada conforme a equação a seguir:

$$\% \text{ Ativ. Antioxidante} = 100 \times (Abs_{amostra} - Abs_{branco}) / Abs_{rotina} - Abs_{branco}$$

### 2.3.1.5 Atividade quelante de cobre

A atividade quelante de cobre foi realizada de acordo com metodologia descrita por Sánchez-Vioque *et al.* (2012) com poucas modificações. A mistura reacional consistiu de 500 µL de tampão acetato (50 mM a pH 6,0), 12,5 µL de CuSO<sub>4</sub> a 5 mM e 125 µL de amostras dos extratos. Transcorridos 30 minutos de incubação à temperatura ambiente, 12,5 µL de violeta de pirocatecol (VP) a 4mM foram adicionados aos ensaios. Após 30 minutos, a absorbância dos ensaios foram mensurada a 632 nm, em espectrofotômetro. Como controle negativo, as amostras foram substituídas por tampão acetato. A atividade quelante de cobre foi expressa em porcentagem de inibição (%) da formação do complexo





VP-Cu<sup>2+</sup>. O EDTA (Ácido Etilenodiamino Tetra-Acético) (0,045%, p/v) foi utilizado como padrão positivo.

A porcentagem de inibição (%) da formação do complexo VP-Cu<sup>2+</sup> foi calculada seguindo a seguinte equação:

$$\text{Atividade quelante (\%)} = (\text{Abs}_{\text{controle}} - \text{Abs}_{\text{amostra}}) / \text{Abs}_{\text{controle}} \times 100.$$

Onde,  $\text{Abs}_{\text{controle}}$  é a absorbância do controle (trocou-se as amostras de extratos por tampão no meio reacional); e  $\text{Abs}_{\text{amostra}}$  é a absorbância do meio reacional contendo as amostras de extratos ou EDTA e demais reagentes.

### 2.3.1.6 Atividade quelante de ferro

A atividade do extrato em quelar o Fe<sup>2+</sup> foi avaliada de acordo com metodologia de Sánchez-Vioque *et al.* (2012) com adaptações. A mistura reacional consistiu de 125 µL das amostras, 500 µL de tampão de acetato de sódio (0,1 M a pH 4,9) e 12,5 µL de FeCl<sub>2</sub>. Após incubação da mistura reacional por 30 minutos à temperatura ambiente, 50 µL de ferrozina (5 mM) foram adicionados aos ensaios. Após 30 minutos, a absorbância foi mensurada a 562 nm em espectrofotômetro. Como controle negativo, as amostras foram substituídas por tampão acetato. O EDTA (0,045%, p/v) foi utilizado como padrão positivo. A atividade quelante de ferro foi expressa em porcentagem de inibição da formação do complexo ferrozina-Fe<sup>2+</sup> e calculada segundo a seguinte equação:

$$\text{Atividade quelante (\%)} = (\text{Abs}_{\text{controle}} - \text{Abs}_{\text{amostra}}) / \text{Abs}_{\text{controle}} \times 100.$$

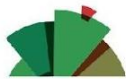
Onde,  $\text{Abs}_{\text{controle}}$  é a absorbância do controle (trocou-se as amostras de extratos por tampão no meio reacional); e  $\text{Abs}_{\text{amostra}}$  é a absorbância do meio reacional contendo as amostras de extratos ou EDTA e demais reagentes.

### 2.3.2 Atividade antibacteriana

#### 2.3.2.1 Microrganismos

Para este ensaio foram utilizadas bactérias adquiridas da Coleção de Microrganismo da Universidade Federal de Pernambuco (UFPEDA). Foram avaliadas duas bactérias gram-positivas (*Enterococcus faecalis* UFPEDA 138 e *Staphylococcus aureus* UFPEDA 02) e três gram-negativas (*Klebsiella pneumoniae* UFPEDA 396, *Escherichia coli* UFPEDA 224 e *Proteus mirabilis* UFPEDA 737).

#### 2.3.2.2 Determinação da Concentração Inibitória Mínima (CIM)



A avaliação dos extratos frente aos microrganismos seguiu a metodologia proposta pela Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI, 2018), norma M11-A7. Do Na primeira e segunda coluna foram feitos os controles utilizando 90 µL do caldo (controle de contaminação do meio) e, 90 µL do caldo e 10 µL da suspensão bacteriana (viabilidade do microrganismo), respectivamente. Na terceira coluna foram adicionados 90 µL dos extratos, separadamente, em uma concentração inicial de 8 mg/mL. A partir desta coluna foi iniciada uma série de 10 diluições. Foram adicionadas a partir da terceira coluna até décima segunda alíquotas de 10 µL/poço de suspensão bacteriana preparada em solução fisiológica estéril (0,9 % de NaCl, p/v) e padronizada na escala 0,5 de McFarland correspondente a concentração de  $1,5 \times 10^8$  UFC/mL. Em seguida, as placas foram levadas para incubação (37 °C/24 h). Após a incubação, em cada poço foram adicionados 30 µL de resazurina (0,01 %, p/v) diluída em água estéril, com leitura visual após 1 a 4 horas de incubação.

### 2.3.2.3 Concentração Bactericida Mínima (CBM)

A Concentração Bactericida Mínima (CBM) foi determinada como a menor concentração do extrato capaz de resultar na morte microbiana. Para isso, alíquotas de 5 µL dos poços com as menores concentrações observadas, na etapa anterior, foram inoculadas em placas de petri contendo Ágar Müeller Hinton (AMH), para verificar se houve a morte microbiana ou não.

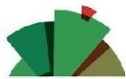
## 2.4 Análise estatística

Os resultados da atividade antioxidante passaram por uma Análise de comparação de médias por meio do Programa Sistema de Análise de Variância (SISVAR) a um nível de 5 % de significância pelo Teste de Skott-Knott (Ferreira, 2011). Todos os testes foram realizados aleatoriamente e em triplicata.

## Resultados e discussão

Resíduos agrícolas são materiais que sobram das atividades agrícolas, incluindo cultivo de plantas, criação de animais e processamento de alimentos e, se não forem devidamente gerenciados, podem causar problemas ambientais, como a contaminação do solo e da água, além de representar desperdício de recursos (Santos, 2019).

Os resíduos podem passar por processos como extração com solventes, destilação a vácuo, fermentação e outras técnicas para extrair os compostos desejados. Essas substâncias podem ser utilizadas na indústria alimentícia, farmacêutica e cosmética para a produção de alimentos funcionais, suplementos, medicamentos e produtos de cuidados pessoais, respectivamente (Vieira, 2022).



Esses resíduos contêm uma variedade de compostos bioativos, como polifenóis, flavonoides, carotenoides, vitaminas, fibras alimentares e outros compostos com propriedades antioxidantes, antimicrobianas e anti-inflamatórias. Esses compostos são benéficos para a saúde humana e podem desempenhar um papel importante na prevenção de doenças, incluindo câncer, doenças cardíacas e diabetes (Cangussu, 2020).

Em estudo desenvolvido por Furtado *et al.* (2021) os autores identificaram compostos fenólicos e flavonoides no extrato etanólico das folhas da melancia. Vale ressaltar que a utilização de resíduos agrícolas requer a utilização de Boas Práticas de Manejo e processamento para garantir a segurança dos produtos finais. Além disso, é necessário um planejamento adequado e colaboração entre os setores agrícola, industrial e governamental para aproveitar todo o potencial dos resíduos como fonte de compostos bioativos (Malav *et al.*, 2020; Jimenez-lopez *et al.*, 2020).

### 3.1 Atividade antioxidante

Diversas pesquisas destacam a importância crucial dos antioxidantes na preservação da saúde humana, bem como na prevenção e tratamento de doenças, graças à sua habilidade em mitigar o estresse oxidativo. Nesse contexto, a avaliação da atividade ou capacidade das amostras torna-se fundamental para investigar a eficácia dos antioxidantes na prevenção e tratamento de doenças associadas ao estresse oxidativo.

A Tabela 1 apresenta os resultados das atividades antioxidantes. Para determinar se o extrato atua como antioxidante se faz necessário utilizar mais de um método. Existem vários tipos de compostos antioxidantes, cada um com diferentes mecanismos de ação para proteger as células contra o estresse oxidativo. Foram utilizados seis métodos, contudo, apenas quatro demonstraram resultados positivos: radical DPPH, cátion radical ABTS, quelante de cobre e ferro.

**Tabela 1:** Resultados da atividade antioxidante dos extratos de *C. lanatus*.

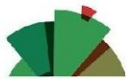
EXTRATOS	DPPH AA (%)	ABTS AA (%)	AQ Cu <sup>2+</sup> (%)	AQ Fe <sup>2+</sup> (%)
AcOEt	47,41 ± 0,010 b	47,24 ± 0,090 c	11,070 ± 0,40 c	58,49 ± 0,020 a
EtOH	53,58 ± 0,020 a	76,17 ± 0,030 b	35,73 ± 0,20 a	55,47 ± 0,010 b
EtOH:H <sub>2</sub> O	49,91 ± 0,030 b	79,39 ± 0,020 a	20,53 ± 0,010 b	37,80 ± 0,030 c

**AA:** Atividade antioxidante; **AQ:** Atividade quelante. Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de significância pelo Teste de Skott-Knott.

\*AQ<sub>EDTACu<sup>2+</sup></sub> = 79,94 ± 7,6 %. AQ<sub>EDTA Fe<sup>2+</sup></sub> = 86,30 ± 0,33 %

A tabela supracitada indica que no método DPPH, o extrato etanólico se destacou por apresentar maior inibição do radical quando comparado aos extratos acetato de etila e hidroalcoólico. No estudo realizado por Ho *et al.* (2018), a atividade antioxidante do extrato etanólico da casca da melancia demonstrou resultado de 73,19% de sequestro ao avaliar o mesmo radical.





Já no método cátion radical ABTS, o extrato hidroalcoólico foi estatisticamente superior aos demais extratos. Segundo Neglo *et al.* (2021), após realizar atividade antioxidante do extrato metanólico da casca da melancia, os autores verificaram 96,95 % de sequestro do radical, indicando que este radical tem um caráter tanto hidrofóbico quanto hidrofílico, com máxima solubilidade dos compostos antioxidantes presentes nos extratos.

Na atividade quelante de cobre o extrato etanólico destacou-se por apresentar maior efeito quando comparado aos demais. Segundo os autores Ramesh, Bv latha e Kumar mukunda (2022), um fermentado líquido obtido das sementes de melancia demonstrou uma capacidade de 86,61 % em quelar o cobre. Já Jimoh *et al.* (2017) realizaram um estudo do extrato aquoso do melão branco (Cucurbitaceae) onde foi realizada a avaliação da atividade quelante de cobre e encontraram um poder quelante em torno de 19,1 %.

Já na atividade quelante de ferro o extrato acetato de etila demonstrou maior efeito quando comparado aos extratos etanólico e hidroalcoólico. Segundo um estudo realizado por Akther *et al.* (2023), os autores avaliaram a atividade quelante de ferro do extrato metanólico da folha de *Momordica charantia* (Cucurbitaceae) e verificaram um poder quelante de 66,49 %.

### 3.2 Atividade antibacteriana

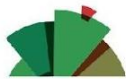
A Tabela 2 apresenta os resultados da atividade antibacteriana (CIM/CBM) dos diferentes extratos. Todos os extratos avaliados apresentaram atividade uma vez que inibiram os cinco microrganismos. Os extratos mais ativos foram o hexânico, etanólico e o acetato de etila, já que inibiram uma maior quantidade de microrganismos em baixas concentrações, sendo mais ativos contra *Enterococcus faecalis* UFPEDA 138 e *Klebsiella pneumoniae* UFPEDA 396. O extrato hidroalcoólico foi mais ativo contra *Proteus mirabilis* UFPEDA 737.

**Tabela 2:** CIM/CBM (mg/mL) dos extratos da melancia (*C. lanatus*).

Microrganismo	Hex	AcOEt	EtOH	EtOH/H <sub>2</sub> O
<i>Staphylococcus aureus</i> UFPEDA 02	2,00/2,00	2,00/3,00	1,00/1,00	1,00/1,00
<i>Enterococcus faecalis</i> UFPEDA 138	0,25/0,25	0,10/0,20	0,10/0,10	0,25/0,50
<i>Escherichia coli</i> UFPEDA 224	1,00/1,00	1,00/1,00	2,00/2,00	4,00/4,00
<i>Proteus mirabilis</i> UFPEDA 737	1,00/2,00	1,00/1,00	0,50/0,50	0,25/0,50
<i>Klebsiella pneumoniae</i> UFPEDA 396	0,25/0,50	0,10/0,10	0,10/0,10	0,25/0,50

**AcOEt:** extrato acetato de etila, **EtOH:** extrato etanólico, **EtOH/H<sub>2</sub>O:** extrato hidroalcoólico.

*Klebsiella pneumoniae* é um bacilo Gram-negativo e em humanos pode causar uma ampla gama de infecções, especialmente em pacientes hospitalizados. Destaca-se entre as bactérias Gram-negativas por ser uma importante fonte de resistência a antibióticos. As síndromes clínicas mais



comuns incluem pneumonia, infecções do trato urinário, manifestações de feridas, bacteremia, rinite atrófica crônica, artrite, enterocolite (Echeverri; Cataño, 2010).

Já as *Enterococcus* são uma das principais causas de infecções multirresistentes, especialmente em ambientes hospitalares. *Enterococcus faecalis* é uma espécie em forma de cocos Gram-positiva que ocorre naturalmente no trato gastrointestinal humano, podendo ser encontrada no solo e na água. Porém, pode ser patogênica e causar infecções nasais, no trato urinário, endocardite, entre outras (Ayobami *et al.*, 2020).

Os resultados obtidos neste estudo, utilizando as folhas, foram mais promissores que os obtidos por Neglo *et al.* (2021), os quais avaliaram a atividade antimicrobiana do extrato metanólico de diferentes partes da melancia frente a vários microrganismos, entre os quais a *E. coli*, *S. aureus* e a *Enterococcus faecalis*. As cascas apresentaram maior capacidade antibacteriana, obtendo uma concentração inibitória mínima variando entre 2 e 16 mg/mL, seguida pelas sementes (2 a 32 mg/mL), entrecasca (4 a 128 mg/mL) e polpa (8 a 128 mg/mL). Os resultados do presente trabalho podem ser explicados pelo método de extração empregado, solvente e parte do vegetal. No entanto, independente dos fatores supracitados, verifica-se que a melancia apresenta atividades biológicas devido à presença de compostos bioativos. Vale destacar também que concentrações de até 0,1 mg/mL (100 µg/mL) são consideradas relevantes para pesquisas com microrganismos.

## Considerações finais

Neste estudo foram avaliadas as propriedades antioxidantes e antibacteriana de extratos das folhas de melancia (*Citrullus lanatus*), indicando seu potencial como agente antioxidante e/ou antibacteriano. Dentre os extratos testados destacou-se o etanólico por apresentar maior capacidade antioxidante e maior inibição contra os microrganismos avaliados quando comparado aos demais, sendo mais ativo contra *Enterococcus faecalis* UFPEDA 138 e *Klebsiella pneumoniae* UFPEDA 396. As folhas de melancia possuem potencial para ser utilizadas pelas indústrias farmacêuticas e/ou alimentícias. Contudo, novos estudos devem ser realizados visando o isolamento e caracterização de compostos bioativos deste resíduo agrícola.

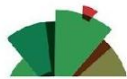
## Agradecimentos

Ao IFPE-Campus Barreiros pela infraestrutura disponível e ao CNPq pela bolsa concedida.

## Referências

AKTHER, N. *et al.* In Vitro Assessment and Evaluation of the Phytochemicals Analysis and the Pharmacological Activities of methanolic leaf extract of Bangladeshi *Momordica charantia*. *Journal of Biotechnology and Biochemistry*, v. 9, n. 1, p. 08 -19, 2023.

AYOBAMI, O. *et al.* The ongoing challenge of vancomycin-resistant *Enterococcus faecium* and *Enterococcus faecalis* in Europe: an epidemiological analysis of bloodstream infections. *Emerging*



*Microbes & Infections*, v. 9, n. 1, p. 1180-1193, 2020.

CAVIN, A. *et al.* Antioxidant and lipophilic constituents of *Tinospora crispa*. *Planta Medica*, v. 64, n. 5, p. 393-396, 1998.

CANGUSSU, L. B.; FRONZA, P.; CAVALCANTI, W. M. Fiber-rich powders of tropical fruits by-products: a bibliographic review on their bioactive compounds. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 9, p. e80996803-e80996803, 2020.

ECHEVERRI, L. M.; CATAÑO, J. *Klebsiella pneumoniae* as a nosocomial pathogen: Epidemiology and drug resistance. *Iatreia*, v. 23, p. 240-249, 2010.

CLSI. Performance Standards for Antimicrobial Susceptibility Testing; TwentyEight Informational Supplement. CLSI document M100-S28. Wayne, Pa. CLSI, *Clinical and laboratory Standards Institute*, 2018.

DUBEY, S. *et al.* Aproveitamento da casca da melancia (*Citrullus lanatus*) em diversas preparações alimentícias: uma revisão. *Journal of Agricultural Science Food Resource*, v. 318, p. 1-3, 2021.

FERREIRA, D. F. *Estatística multivariada*. 2. ed. Lavras: UFLA, p. 675, 2011.

FURTADO, M. L. *et al.* Avaliação in vitro da atividade fotoprotetora e antioxidante de extratos vegetais de *Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai. *Brazilian Journal of Development*, v. 7, n. 1, p. 6793-6812, 2021.

HO, Lee-Hoon *et al.* Efeito de solventes de extração e condições de secagem no teor de fenólicos totais e propriedades antioxidantes da casca de melancia em pó. *Sains Malays*, v. 47, n. 47, p. 99-107, 2018.

KIST, B. B. *et al.* Anuário Brasileiro de Horti & Fruti 2022. *Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz*, p. 83-85, 2022.

JIMENEZ-LOPEZ, C. *et al.* Valorização de resíduos agrícolas como fonte de compostos fenólicos antioxidantes no âmbito de uma bioeconomia circular e sustentável. *Comida & função*, v. 11, n. 6, p. 4853-4877, 2020.

JIMOH, T. O. *et al.* Extratos fenólicos e conteúdo de aminoácidos de *Cucumeropsis mannii* Naudin e *Citrullus lanatus* inibem enzimas relevantes da disfunção erétil no tecido peniano de ratos. *Relatórios de bioquímica e biofísica*, v. 12, p. 5, 2017.

LÓPEZ, N. L. *et al.* Exploração de resíduos agroindustriais como fonte potencial de compostos bioativos para a aquicultura. *Alimentos*, v. 9, n. 7, p. 843, 2020.

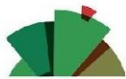
MALAV, L. C. *et al.* Uma revisão sobre resíduos sólidos urbanos como fonte renovável para projetos de transformação de resíduos em energia na Índia: práticas atuais, desafios e oportunidades futuras. *Revista Produção Mais Limpa*, v. 277, p. 123-227, 2020.

MANDIZVO, T. *et al.* Potencial da melancia cidra para melhorar a diversificação das culturas e reduzir os impactos negativos das mudanças climáticas. *Sustentabilidade*, v. 13, n. 4, p. 2269, 2021.

NEGLO, D. *et al.* Comparative antioxidant and antimicrobial activities of the peels, rind, pulp and seeds of watermelon (*Citrullus lanatus*) fruit. *Scientific African*, v. 11, p. e00582, 2021.

Objetivos do Desenvolvimento Sustentável Brasil - ODS BRASIL. 2023. *Relatório dos Indicadores para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável*. Disponível em: <<https://odsbrasil.gov.br/relatorio/sintese>>. Acesso em: 08 mar. 2023.

OSORIO, L. L. D. R. *et al.* The Potential of Selected Agri-Food Loss and Waste to Contribute to a Circular Economy: Applications in the Food, Cosmetic and Pharmaceutical Industries. *Molecules*, v. 26, n. 2, p. 515, 2021.



PRIETO, P, *et al.* Spectrophotometric quantitation of antioxidant capacity through the formation of a Phosphomolybdenum Complex: specific application to the determination of vitamin E. *Analytical Biochemistry*, v. 269, n. 2, p. 337-341, 1999.

RAMESH, L.; BV LATHA, L.; KUMAR MUKUNDA, C. Identification and characterization of metal-chelating bioenhancer peptide derived from fermented *Citrullus lanatus* seed milk. *Journal of Food Biochemistry*, v. 46, n. 7, p. e14102, 2022.

RE, R. *et al.* Antioxidant activity applying an improved ABTS radical. *Free Radical Biology and Medicine*, v. 26, p. 1231-1237, 1999.

SÁNCHEZ-VIOQUE, R. *et al.* *In vitro* antioxidant and metal chelating properties of corm, tepal and leaf from saffron (*Crocus sativus* L.). *Industrial Crops and Products*, v. 39, p. 149-153, 2012.

SANTOS, E. B. C. *Efeitos dos tratamentos superficiais dos resíduos industriais de fibra de piaçava nas propriedades térmicas e termodinâmico-mecânica de compósitos à base de Polihidroxibutirato (PHB)*. 2019. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais) - Universidade Federal da Paraíba. Paraíba, 2019.

VIEIRA, F. J. A. *Desenvolvimento de embalagem biodegradável ativa contendo extrato de bagaço de malte e sua aplicação em queijo tipo prato fatiado*. 2022. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Estadual de Ponta Grossa. Ponta Grossa, 2022.