

Análise físico-química e atividades antifúngica e antioxidante do óleo essencial da flor de *Curatella americana* L.

Physicochemical analysis, and antifungal and antioxidant activities of the essential oil of Curatella americana L. flower

Antonio Carlos Pereira de Menezes Filho^{1*}, Carlos Frederico de Souza Castro²

¹ Graduado em Biologia pela Universidade de Rio Verde - UNIRV, Goiás, Brasil, Mestre em Agroquímica e Doutorando em Ciências Agrárias pelo Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, Goiás, Brasil; ² Doutor em Química pela Universidade de Brasília - UnB, Distrito Federal, Brasil, Docente do Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, Goiás, Brasil.

Resumo

Introdução: a espécie vegetal *Curatella americana* produz anualmente inflorescências com aroma adocicado rica em óleo essencial. **Objetivo:** avaliar as características físico-químicas, e atividades antifúngica e antioxidante do óleo essencial da flor de *Curatella americana*. **Metodologia:** as flores foram coletadas em quatro áreas de Cerrado no estado de Goiás; o rendimento de óleo essencial foi obtido através de hidrodestilação; as características físicas foram determinadas para densidade e solubilidade, a atividade antioxidante foi determinada pela redução do radical livre DPPH; a atividade antifúngica foi determinada por inibição das cepas de *Candida*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Colletotrichum gloeosporioides* e *Aspergillus flavus*. **Resultados:** o rendimento de óleo foi de 0,18%, densidade de 0,907 g mL⁻¹, solubilidade positiva para EtOH 70%, atividade antioxidante de IC_{50} μ L mL⁻¹ 1,95. Atividade de inibição fúngica apenas para *Candida tropicalis* na concentração de 8% com halo de antibiose de 10 mm. Sensibilidade discreta nas maiores concentrações de 25, 50 e 100 μ L mL⁻¹ para *Aspergillus flavus* e *Sclerotinia sclerotiorum* e baixa atividade de inibição para *Colletotrichum gloeosporioides*. **Conclusão:** o óleo essencial da flor de *Curatella americana* apresentou baixo rendimento, entretanto, alta eficiência na redução do radical livre DPPH. As atividades antifúngicas apresentaram bons resultados de inibição, entretanto, torna-se necessário a adição de outros óleos essenciais para aumento das taxas de inibição micelial.

Palavras-chave: Candidíase. Compostos Voláteis. Antracnose. Mofo-branco. Aflatoxina. Dilleniaceae.

Abstract

Introduction: the plant species *Curatella americana* produces annual inflorescences with a sweet flavour rich in essential oil. **Objective:** to evaluate the physicochemical characteristics, antifungal and antioxidant activities of the essential oil of the *Curatella americana* flower. **Methodology:** the flowers were collected in four areas of Cerrado in the state of Goiás; the essential oil yield was obtained through hydrodistillation; the physical characteristics were determined for density and solubility, the antioxidant activity was determined by the reduction of the free radical DPPH; antifungal activity was determined by inhibiting the strains of *Candida*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Colletotrichum gloeosporioides* and *Aspergillus flavus*. **Results:** the oil yield was 0.18%, density 0.907 g mL⁻¹, positive solubility for EtOH 70%, antioxidant activity of IC_{50} μ L mL⁻¹ 1.95. Fungal inhibition activity only for *Candida tropicalis* at a concentration of 8% with a 10 mm antibiosis halo. Discrete sensitivity in the highest concentrations of 25, 50 and 100 μ L mL⁻¹ for *Aspergillus flavus* and *Sclerotinia sclerotiorum* and low inhibition activity for *Colletotrichum gloeosporioides*. **Conclusion:** The essential oil of the *Curatella americana* flower showed low yield, however, high efficiency in reducing DPPH free radical. Antifungal activities showed good inhibition results, however, it is necessary to add other essential oils to increase mycelial inhibition rates.

Keywords: Candidiasis; Volatile compounds. Anthracnose. White mold. Aflatoxin. Dilleniaceae.

INTRODUÇÃO

O domínio Cerrado apresenta inúmeras espécies vegetais, sendo considerado o segundo maior em extensão, bem como em número de espécies da flora e fauna brasileira, apresentando uma rica fitofisionomia. Dentre os grupos de vegetais encontrados no Cerrado, está a *Curatella americana*, conhecida popularmente por “lixadeira”. Esta espécie pertence à família Dilleniaceae

apresentando ampla dispersão em vários biomas como Caatinga, Mata Atlântica, Pantanal e Amazônico (OLIVEIRA; NUNES; FARIAS, 2012).

C. americana é a única espécie do gênero *Curatella* encontrado no Brasil, a espécie é semidecídua, heliófila, característica de terrenos secos, apresentando porte arbóreo entre 1 a 12 m de altura; tronco apresentando casca em lâminas de coloração acinzentada e se desprende facilmente ao toque; as folhas são do tipo alternas, ovaladas, muito ásperas; com flores brancas apresentando coloração levemente amareladas e aroma suave, devido a presença de óleos essenciais (OEs), florescendo entre

Correspondente/Corresponding: *Antonio Carlos Pereira de Menezes Filho – End: Cidade Rio Verde, Estado de Goiás, Brasil – Tel: 55 (64) 99241-8261 – E-mail: astronomoamadorgoias@gmail.com

agosto a novembro; não sendo via de regra, pois no Cerrado do estado de Goiás, Brasil é observado período de floração entre junho a agosto; com frutificação anual ocorrendo entre outubro a dezembro (TEIXEIRA; RIBEIRO; DAUD, 2017).

Vários trabalhos reportam o uso desta e de outras espécies da família Dilleniaceae como planta fitoterápica no tratamento de processos inflamatórios, ulcerogênicos, com ação fungicida e na analgesia, bem como, no uso popular para o tratamento da artrite, diabetes e pressão arterial elevada. Tendo sido reportado composição fitoquímica diversa com potencial importância médica, biológica e agrícola como flavonoides, terpenos, fenólicos, saponinas, açúcares redutores, triterpenóides, depsídeos e depsídonas e esteróides (DE TOLEDO *et al.*, 2015; OLIVEIRA *et al.*, 2023).

Os óleos essenciais (OEs) são compostos do metabolismo secundário vegetal, sendo utilizado no processo de polinização, contra fitopatógenos e herbivoria, estresse hídrico, e na proteção dos raios solares. Em geral, são compostos que podem conter monoterpenos, sesquiterpenos, álcoois, aldeídos, cetonas, fenóis, ésteres, lactonas e ácidos orgânicos apresentando diferentes compostos, bem como variadas concentrações (MARTINS *et al.*, 2019; SILVA; OLIVEIRA; VASCONCELOS, 2020).

Vários estudos demonstram importantes atividades biológicas utilizando OE no controle de fungos fitopatológicos, patológicos, como larvicida, moluscicida, inseticida e acaricida, bem como importantes agentes antioxidantes, sendo utilizados na conservação de alimentos, na produção de rações, na incorporação de embalagens biodegradáveis, na preservação de frutas em emulsões e em produtos farmacológicos na redução dos radicais livres como o oxigênio singlete (HIMED *et al.*, 2019).

Existem inúmeras espécies de radicais livres, em especial as espécies reativas de oxigênio e nitrogênio (EROs/ERN). Os radicais livres causam danos em biomoléculas, ocasionando a oxidação principalmente na molécula de DNA, causando inúmeros tipos de cânceres e doenças degenerativas. Já se sabe que excessivas cargas de radicais livres no organismo desencadeiam processos homeostáticos entre os oxidantes e antioxidantes. Este desequilíbrio leva ao estresse oxidativo, que está ligado também ao processo acelerado do envelhecimento, diabetes, aterosclerose e doenças neurodegenerativas como Alzheimer (MENEZES FILHO; SOUSA; CASTRO, 2020).

Os antioxidantes desempenham papel fundamental na inibição e sequestro dos radicais livres, principalmente os antioxidantes de origem vegetal que apresentam importantes taxas de atividade redutora. As classes químicas típicas que apresentam atividade biológica antioxidante são fenóis, ácidos fenólicos, flavonoides, tocoferóis, aminoácidos, ácidos fítico e ascórbico, carotenóides e esteróides (BEDI; THAKUR; SINGH, 2013; SILVA *et al.*, 2018).

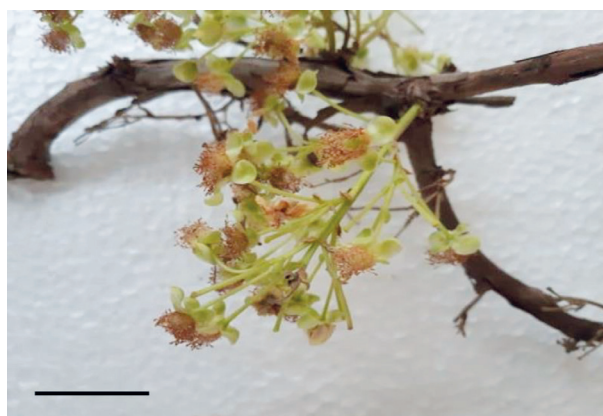
Outra importante função dos OEs é sobre a ação fungicida e fungistática, inúmeras cepas fúngicas atacam vegetais de interesse agrícola e que também causam

sérios problemas de saúde com infecções oportunistas. O mofo-branco "*Sclerotinia sclerotiorum*", antracnose "*Colletotrichum gloeosporioides*" e micotoxinas e aflotoxinas "*Aspergillus flavus*" causam todos os anos sérios problemas de ganho econômico no mercado agrícola, ainda durante a plantação, transporte, beneficiamento e armazenamento de grãos destinados à indústria de alimentos humana e animal (MENEZES FILHO; SOUSA; CASTRO, 2020).

Além dos problemas agrícolas, vários gêneros de fungos como a *Candida*, provocam infecções em humanos, sendo o tratamento de longo período com antifúngicos de largo espectro. Espécies de *C. albicans*, *C. tropicalis*, *C. guilliermondii* e *C. krusei* apresentam a grande maioria das infecções conhecidas popularmente por "candidíase" na mucosa bucal, vaginal e peniana, sendo considerada uma epidemia em muitos países, causadas por *Candida* apresentando amplo espectro de doenças superficiais e invasivas em pacientes expostos a uma diversidade de fatores, como imunossuprimidos pelo vírus HIV I/II/III, bem como em pacientes saudáveis com pequenas alterações locais de resposta ao agente fúngico no sítio de infecção (GOULART *et al.*, 2018; WHALEY *et al.*, 2017).

Tendo em vista o contexto em bioprospecção, composição e potenciais aplicações envolvendo óleos essenciais, o trabalho teve como objetivo avaliar as características físico-químicas e as atividades antifúngica e antioxidante do óleo essencial floral de *Curatella americana* L. (lixeira) (Figura 1).

Figura 1 – Inflorescência de *Curatella americana* coletada entre (outubro-novembro, 2019), Goiás, Brasil. Barra equivale a 1,5 cm.



Fonte: Autores, 2019.

METODOLOGIA

Coleta do material floral

Foram coletados 6 kg de inflorescências de *C. americana* no município de Rio Verde – GO, Brasil nas seguintes coordenadas geográficas (17°43'02.9"S 50°53'12.5"W), entre outubro-novembro de 2019. A espécie foi identificada pelo primeiro autor deste estudo, e uma exsicata

foi herborizada e depositada no Herbário do IF Goiano, com o seguinte Voucher: HRV 2094.

Extração e rendimento do óleo essencial

Inicialmente, alíquotas de 500 g de flores foram pesadas em balança analítica digital (Marte, Mod. WB220) com precisão de 220 g, e em seguida, o material foi triturado em processador doméstico (Philips Walita, Mod. Viva Collection) com 500 mL de água destilada. A extração do OE foi realizada em sistema tipo Clevenger (RBR, Mod. 0756) em refluxo por 2,5 h. Após extração, o hidrolato foi transferido para funil de separação de 500 mL (Laborglas) e lavado três vezes com 10 mL de diclorometano (Alphatec, PA – ACS, pureza de 99,9%). A fase orgânica foi coletada e seca com sulfato de sódio anidro (Fmaia, PA – ACS, pureza 98,9%), seguido de filtração em papel de filtro quantitativo (Unifil C42) faixa azul. O sobrenadante foi mantido em frasco tipo béquer envolto com papel alumínio com pequenos furos para evaporação do solvente. O rendimento de OE foi obtido em balança analítica digital (Marte, Mod. W220) e o resultado expresso conforme equação 1.

$$\%R = (\text{Massa}_{\text{in natura}} / \text{Massa}_{\text{OE}}) * 100 \text{ Eq. [1]}$$

Análises físico-químicas

A densidade relativa foi determinada em picnômetro (RBR, Mod. Laboratorial) de 1 mL em temperatura ambiente de 20 °C. O picnômetro limpo e seco, teve sua massa determinada em balança analítica, em seguida, foi acrescido com 1 mL do OE. O picnômetro cheio teve sua massa novamente determinada, e a densidade obtida conforme equação 2.

$$D \text{ (g/mL)} = [(\text{Peso}_{\text{picnômetro}} + \text{amostra}) - (\text{Peso}_{\text{picnômetro}})] \text{ (g)} / \text{Volume OE (mL)} \text{ Eq. [2]}$$

Solubilidade do OE foi determinada em microtubos de reação tipo *Eppendorf* (e-lab) de 1,5 mL, com adição de 100 µL de uma solução de etanol a 70% (v/v) e 2 µL de OE. Em seguida, o microtubo contendo a solução, foi homogeneizado em agitador tipo Vortex (IKA, Mod. Vortex 2) por 1 min conforme descrito por Alarcón et al. (2019).

Capacidade antioxidante

O ensaio antioxidante foi determinado através do método de redução do 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH) (Sigma-Aldrich, PA – ACS, pureza 99,8%). O método de sequestro do DPPH foi realizado em microdiluição em microplacas de 96 poços (Corning, Mod. Fundo chato), conforme descrito por Menezes Filho, Sousa e Castro (2020). Para cada poço, foi acrescido 100 µL de uma solução de DPPH em diclorometano na concentração de 0,06 mMol e 100 µL de uma solução de diclorometano e OE em diferentes concentrações (50, 40, 30, 20, 10, 5,0, 2,5, 1,25, 1,0, 8,0, 6,0, 4,0, 2,0, 1,0, 0,5, 0,25, 0,125, 0,062 e 0,031 mg mL⁻¹). A microplaca foi mantida em local protegido da luz e calor por 1 h. Em seguida, foi realizada

a leitura em espectrofotômetro UV-Vis de microplacas (Spectramax, Mod. Plus 384) no comprimento de ondas de 517 nm. A porcentagem da capacidade antioxidante foi determinada conforme equação 3. A concentração de inibição CI_{50} foi determinado em (µL mL⁻¹) no sequestro de 50% da concentração inicial da solução estoque de DPPH 0,06 mMol.

$$\%Red = ((AC - AS) / AC) * 100 \text{ Eq. [3]}$$

Onde: AC = absorção da solução controle e AS = absorção da solução de OE contendo o radical DPPH.

Atividade antifúngica para o gênero *Candida*

As cepas de *Candida*, *C. albicans* (ATCC 10231), *C. guilliermondii* (ATCC 56822), *C. krusei* (ATCC 34135) e *C. tropicalis* (ATCC 4563) foram adquiridas comercialmente na forma estabilizada, com o número de registro de cepa identificada por análise molecular pelo fabricante (ATCC, Genomic DNA). Em tubo de ensaio estéril, foi acrescido 0,4 mL de OE, 0,04 mL de Tween 80 (Vetec, PA – ACS, pureza 99,9%) e 5 mL de água ultrapura estéril (Milli-Q, Mod. Advance A10). O procedimento foi realizado em câmara de fluxo laminar vertical bacteriológica (Marconi, Mod. Classe 100, MA 1550). O tudo de ensaio foi homogeneizado em agitador tipo Vortex por 1 minuto. Obtendo em seguida, uma solução final com 8% de OE, conforme descrito por Lima et al. (2006).

As cepas fúngicas foram suspendidas em 20 mL de meio Ágar Sabouraud Dextrose (Kasvi – ASD) estéril. O suspenso ficou em mesa incubadora com agitação por 24 h a 36 °C. Os inóculos contendo aproximadamente 10⁶ UFC mL⁻¹ foram padronizados de acordo com a turbidez em tubo de 0,5 na escala de McFarland em espectrômetro UV-Vis (Belphotonics, Mod. M-51). O ensaio antifúngico foi realizado em meio sólido utilizando discos de papel de filtro estéril com diâmetro de 7 mm. Placas de *Petri* contendo diâmetro de 10 cm foram acrescidas com meio ASD estéril. Após solidificação, 1 mL da suspensão fúngica foi depositada sobre o meio da placa, e em seguida, foram depositados 3 discos de papel filtro contendo 50 µL⁻¹ da solução ajustada na concentração de OE testado.

As placas foram incubadas por 24-46 h a 36 °C em estufa bacteriológica (Netlab, Mod. +SS, SSD). Após o término do período de incubação, foi considerada a concentração de OE capaz de proporcionar a formação de halo de inibição de crescimento fúngico igual ou maior que 10 mm de diâmetro. Para a aferição do halo foi utilizado paquímetro digital (Digimess, Mod. 100.174bl) com erro de medição igual a (0,01 mm). Foi realizado controle de sensibilidade das cepas avaliadas frente à ação do Tween 80 (controle negativo) e do antifúngico padrão Ceticonazol (Fengchen Goup CO., LTD), (50 µg mL⁻¹) (controle positivo), conforme descrito por Lima et al. (2006).

Capacidade antifúngica para *Sclerotinia*, *Colletotrichum* e *Aspergillus*

Os isolados de *Sclerotinia sclerotiorum* (AW15), *Colletotrichum gloeosporioides* (AV21) e *Aspergillus flavus* (TD 12) foram doadas gentilmente pelo laboratório de Química de Produtos Naturais e Fitopatologia do IF Goiano, e mantidas no banco micológico do laboratório de Química Tecnológica, com número de registro do isolado identificado por análise molecular. Os isolados foram mantidos em meio Batata Dextrose e Ágar (Kasvi – BDA).

A atividade antifúngica do OE sobre ao crescimento micelial de *S. sclerotiorum*, *C. gloeosporioides* e *A. flavus*, foi avaliado através de diferentes concentrações, partindo de 100 (óleo puro); 50, 25, 12,5, 6,25, 3,13 e 1,56 $\mu\text{L mL}^{-1}$. Como controle negativo, utilizou-se a testemunha (ausência de óleo essencial) e dimetilsulfóxido (Vetec, PA – ACS, pureza 99,7%) (DMSO), e fungicida Frownicide® 500SC (ISK) nome técnico: Fluazinam, registro no Ministério da Agricultura: 7695, na concentração de 10 $\mu\text{L mL}^{-1}$ como controle positivo.

As concentrações de OE foram adicionadas ao meio de cultura BDA após esterilização e resfriamento, bem como para os tratamentos com fungicida comercial e DMSO. Após solidificação do meio, em câmara de fluxo laminar bacteriológica, 1 disco de micélio para cada cepa de *S. sclerotiorum*, *C. gloeosporioides* e *A. flavus* com 7 mm de diâmetro, foi depositado no centro da placa de Petri de 10 cm de diâmetro. Em seguida, foram incubadas nas temperaturas de 20, 25 e 25 °C respectivamente, conforme descrito por Garcia et al. (2012), adaptado.

A avaliação consistiu em aferições diárias do diâmetro das colônias, com auxílio de um paquímetro digital. A aferição teve início após 24 h do início da incubação e encerradas quando as colônias fúngicas do tratamento testemunha atingiram completamente a área interna da placa de Petri. A determinação do percentual de inibição de crescimento micelial foi realizada conforme equação 4, proposta por Garcia et al. (2012).

$$PCI = (DTT - DTQ) / DTT \times 100 \text{ Eq. [4]}$$

Onde: PCI = percentual de inibição de crescimento, DTT = diâmetro no tratamento testemunha, DTQ = diâmetro no tratamento químico.

Análise estatística

Os ensaios de atividade antioxidante e antifúngico para cepas de *Candida* foram realizados em triplicata, e para os isolados fúngicos de *S. sclerotiorum*, *C. gloeosporioides* e *A. flavus* em quadruplicata. As médias foram determinadas seguidas de $\pm$ desvio padrão. O teste de Tukey foi realizado para determinar a diferença estatística quando observada, com significativa ($p \leq 0,05$). O programa estatístico utilizado, foi o PAST 3 (versão livre).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, observa-se o rendimento de extração de OE com resultado de 0,18%, considerado bom comparado

aos rendimentos de outros OEs reportados na literatura para órgão floral em diferentes famílias, gêneros e espécies, como 0,06% para *Gochnatia polymorpha* (STEFANELLO et al., 2006), 0,30% para *Callistemon viminalis* (PIRES et al., 2013), e de 0,07% para *Myrcia guianensis* (MENEZES FILHO et al., 2019). A variação do rendimento na extração de OE vegetais depende de inúmeros fatores como genética, espécie vegetal, quimiotipo, tipo de órgão vegetal coletado, tipo de cultivo, bem como dos estresses abióticos e/ou bióticos que o vegetal possa confrontar, tais como, pluviosidade (excesso ou restrição hídrica), salinidade, pH e tipo de solo, excesso de radiação solar, temperaturas excessivamente baixa ou elevadas, assim como possíveis ataques de insetos ou pragas, fitopatógenos e herbívoros (DEĞİRMENCI; ERKURT, 2020; HUDAI; ABURJAI, 2007).

A densidade relativa foi de 0,91 g mL^{-1} a 20 °C, e a solubilidade em solução hidroetanólica 70% demonstrou ser positiva, com possível uso em diferentes concentrações na determinação de efeitos em diversos ensaios biológicos in vitro (Tabela 1), essa característica de solubilidade apresenta potencial principalmente em indústrias de perfumarias e cosméticos. Resultados similares ao deste estudo, foram observados por Alarcón et al. (2019) onde encontraram densidade para o OE de *Eucalyptus globulus* em dois processos de extração in natura e assistido por microondas = 0,90 e 0,90 g mL^{-1} a 20 °C, e solubilidade positiva em uma solução hidroetanólica 70%.

O ensaio antioxidante demonstrou que o OE da flor de *C. americana*, apresenta alta capacidade de capturar o radical livre DPPH, com $\text{CI}_{50} = 1,95 \mu\text{L mL}^{-1}$ (Tabela 1). Comparando o resultado deste estudo, com outros OEs, observa-se importante similaridade na redução de agentes oxidantes como espécies reativas de oxigênio ou nitrogênio (EROs/ERN). Esse é um importante fator na produção de cosméticos, loções e fotoprotetores UVA e UVB. No estudo realizado por Alarcón et al. (2019) os pesquisadores encontraram atividade antioxidante para o OE de *E. globulus* em dois processos de extração resultados de IC_{50} entre 505 a 480 $\mu\text{g mL}^{-1}$. Değirmenci e Erkurt (2020) também encontraram potencial atividade redutora para os radicais livres DPPH e H_2O_2 para o óleo essencial das flores de *Citrus aurantium*.

Na Tabela 1, estão apresentados os resultados de rendimento, propriedades físico-químicas e antioxidantes promovidos pelo OE da flor de *C. americana* coletados no município de Rio Verde, Goiás, Brasil, em 2019.

Tabela 1 – Rendimento, propriedades físico-químicas e capacidade de antioxidante do óleo essencial da flor de *Curatella americana*.

Parâmetros	OE flor <i>C. americana</i> *
Rendimento (%)	0,18 $\pm$ 0,62
Densidade (g mL^{-1}) a 20 °C	0,91 $\pm$ 0,05
Solubilidade EtOH 70% (v/v)	Positiva
DPPH IC_{50} ($\mu\text{L mL}^{-1}$)	1,95 $\pm$ 0,09

*Resultados determinados em triplicata com $\pm$ desvio padrão.

Fonte: Dados da pesquisa.

Observa-se na Tabela 2, a atividade de inibição micelial (halo de antibiose) para as quatro cepas de *Candida* sobre as concentrações de OE das flores de *C. americana*. Para as cepas de *C. albicans*, *C. guilliermondii* e *C. krusei* não foi observado sensibilidade do microrganismo em nenhuma das concentrações de OE avaliadas. Entretanto, uma inibição discreta e pouco sensível foi observada para *C. tropicalis* com halo de antibiose igual ao valor mínimo aceitável para a concentração 8%. O OE da flor de *C. americana* não apresentou efetiva ação antifúngica sobre os isolados de *Candida*, entretanto, outros estudos podem ser realizados verificando sua utilização em conjunto com outros OEs que possivelmente apresente atividade intermediária ou superior aos observados neste estudo. Os controles Cetoconazol e Tween 80 apresentaram resultados esperados conforme os dados do fabricante e da literatura consultada.

De acordo com Lima et al. (2006), alguns compostos constituintes dos OEs apresentam comprovada atividade antifúngica e antibacteriana como o citral, pineno, cineol, cariofileno, elemeno, furanodieno, limoneno, eugenol, eucaliptol, carvacrol dentre outros. Os isolados de *Can-*

dida apresentam considerável resistência a inúmeros antifúngicos comerciais, podendo-se inferir a necessidade de se buscar novas fontes naturais com características antifúngicas que possam aumentar o poder de sensibilização, proporcionando assim efetivo tratamento sobre a candidíase (DEBIASI et al., 2023; VIEIRA; NASCIMENTO, 2017).

Lima et al. (2006) analisaram diferentes OEs de *Citrus limon*, *Cinnamomum zeylanicum*, *Corymbia citriodora*, *Eugenia uniflora*, *Peumus boldus* e *Rosmarinus officinalis* sobre cepas do gênero *Candida*, *C. albicans*, *C. guilliermondii*, *C. krusei*, *C. parapsilosis*, *C. stellatoidea* e *C. tropicalis*, onde encontraram alta potencial avaliado no ensaio de concentração inibitória mínima (CIM), com halos de antibiose igual e superior a 10 mm. Barbosa, Pereira e Fortuna (2017) encontraram potencial atividade de inibição sobre o crescimento de *C. albicans*, demonstrando ser sensível a diferentes concentrações de OE do órgão floral de *Lippia alba*. Enantiômeros (R)-(+)- e (S)-(-)- citronelal promoveram alto grau de inibição através de sinergismo sobre *C. tropicalis* no estudo de Medeiros et al. (2018).

Tabela 2 – Halo de antibiose promovido pelo óleo essencial da flor de *Curatella americana* em diferentes concentrações, frente aos isolados de *Candida*, *C. albicans*, *C. guilliermondii*, *C. krusei* e *C. tropicalis*.

Cepas (%)	<i>C. albicans</i> *	<i>C. guilliermondii</i> *	<i>C. krusei</i> *	<i>C. tropicalis</i> *
2	-	1	-	-
4	-	3	-	2
6	2	4	-	5
8	3	9	-	10
Tween 80	0	0	0	0
Cetoconazol (50 µg mL ⁻¹)	26	25	28	30

* Resultados em milímetros (mm) da concentração de inibição micelial do fungo. (-) não houve inibição micelial.
Fonte: Dados da pesquisa.

A atividade antifúngica para os isolados agrícolas de *S. sclerotiorum*, *C. gloeosporioides* e *A. flavus*, apresentaram baixa sensibilidade de inibição para o OE puro e respectivas concentrações decrescentes determinadas em µL mL⁻¹. A maior sensibilidade para o OE foi observada sobre *A. flavus* nas maiores concentrações entre 50 e 100 µL mL⁻¹ com resultados de PIC = 44 e 38% respectivamente, não apresentando diferença estatística entre as concentrações pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Nas menores concentrações o OE não foi observado nenhuma eficiência de inibição, não causando sensibilidade aos isolados avaliados.

Em seguida, o isolado de *S. sclerotiorum* apresentou discreta eficiência de inibição, também apenas nas maiores concentrações. Entre as concentrações 25, 50 e 100 µL mL⁻¹ foram obtidos PIC = 36, 30 e 26% respectivamente, não apresentando diferença estatística pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

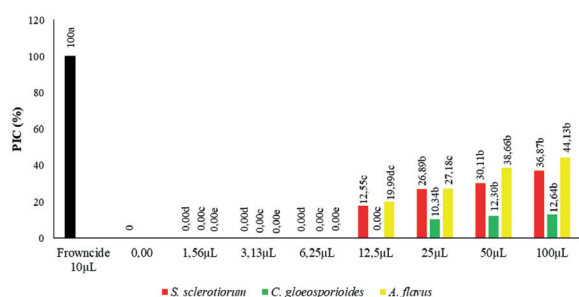
O isolado de *C. gloeosporioides* foi o isolado que apresentou as menores taxas de PIC comparadas com *A. flavus* e *S. sclerotiorum*. As três maiores concentrações

apresentaram baixa e discreta inibição, com resultados = 12, 12 e 10% para as concentrações 100, 50 e 25 µL mL⁻¹ respectivamente, não apresentando diferença estatística pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Todos os resultados apresentados obtiveram taxa de inibição inferior ao fungicida comercial *Frownicide* na concentração de 10 µL mL⁻¹ conforme observado pelo teste estatístico de Tukey ($p \leq 0,05$).

No estudo realizado por Xavier et al. (2016), os pesquisadores avaliaram o OE das folhas de *Cardioptalum calophyllum* sobre o isolado de *S. sclerotiorum* onde obtiveram inibição de crescimento micelial igual a 87,63% na maior concentração de OE de 300 µL mL⁻¹, e de 28,27% na menor concentração de 50 µL mL⁻¹. Souza Júnior, Sales e Martins (2009) encontraram alta eficiência de PIC para o isolado de *C. gloeosporioides* em diferentes concentrações de OEs de Alecrim-pimenta (*Lippia sidoides*), alfavaca-cravo (*Ocimum gratissimum*), capim-santo (*Cymbopogon citratus*), cidrão (*Lippia citriodora*) e goiaba (*Psidium guayava* var. *pomifera*) com taxas de inibição variando entre 100 a 44%.

Martinazzo, Oliveira e Teodoro (2019) testaram o OE de *C. citratus* no controle de *A. flavus* onde obtiveram porcentagem de inibição com alta eficiência na maior concentração de 1,0 $\mu\text{L mL}^{-1}$ com 100% de inibição entre os dias 1 e 8, e com 86 a 80% de inibição nos dias 9 e 10. Entretanto, na menor concentração de 0,2 $\mu\text{L mL}^{-1}$ a maior eficiência foi observada no 1º dia com taxa de inibição 100% de crescimento, já para os dias 2 a 10 com taxas decrescentes entre 47 a 11%.

Figura 2 – Porcentagem de inibição de crescimento (%PIC) em diferentes concentrações de óleo essencial da flor de *Curatella americana* frente aos isolados de *S. sclerotiorum*, *C. gloeosporioides* e *A. flavus*. Letras diferentes apresentam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$) para cada isolado, bem como para cada concentração. Fonte: Dados da pesquisa.



CONCLUSÃO

O óleo essencial da flor de *Curatella americana* apresentou efetivo quantitativo sobre o rendimento, alta taxa de eficácia como agente antioxidante sendo este, equiparável a inúmeros outros OEs propícios para uso na redução de radicais livres causadores de doenças a nível molecular. Os resultados sugerem que o OE da flor de *C. americana* pode ser um promissor antifúngico no controle de Candidíase, localizadas principalmente nos tecidos bucal, vaginal e peniana, onde a prevalência dos casos de infecção são maiores. Já para a atividade antifúngica fitopatológica, foi observada uma discreta e baixa ação fungistática para os isolados de *Aspergillus flavus*, *Colletotrichum gloeosporioides* e *Sclerotinia sclerotiorum*.

Novos estudos deverão ser realizados avaliando o OE da flor de *Curatella americana* quanto a sua composição, e na adição a outros OEs naturais na promoção de uma maior taxa de atividade antioxidante e antifúngica no controle e tratamento de *Candida* sp., *Sclerotinia sclerotiorum*, *Colletotrichum gloeosporioides* e *Aspergillus flavus*.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, GO, Brasil; aos laboratórios de Química de Produtos Naturais, Fisiologia Vegetal, Química Geral, Microbiologia Agrícola, Herbário, Sistemática Vegetal e de Química Tecnológica; aos órgãos de fomento em pesquisa, CAPES, CNPq, FINEP e FAPEG, esta última pela bolsa de mestrado em Agroquímica para o primeiro autor Antonio.

REFERÊNCIAS

- ALARCÓN, M. E. T.; CONDE, C. G.; MÉNDEZ, G. L. Extracción, caracterización antioxidante del aceite esencial de *Eucalyptus globulus* Labill. **Rev. Cub. Farmacia**, Habana, v. 52, n. 1, p. e266, 2019.
- ATERE, T. G. *et al.* In vitro antioxidant capacity and free radical scavenging evaluation of standardized extract of *Costus afer* leaf. **Food Sci. Human Wellness**, Beijing, v. 7, n. 4, p. 266-272, 2018.
- BARBOSA, C. S.; PEREIRA, R. F.; FORTUNA, J. L. Atividade antifúngica do óleo essencial de erva-cidreira *Lippia alba* (Mill.) N. E. Brown (Verbenaceae) sobre *Candida albicans*. **Rev. Biociênc.**, Taubate, v. 23, n. 1, 2017.
- BEDI, P. S.; THAKUR, N.; SINGH, B. In vivo antioxidant and hepatoprotective activity of *Girardinia heterophylla* against ethanol intoxication in mice. **J. Nat. Prod. Plant. Resour.**, Roma, v. 3, n. 5, p. 48-54, 2013.
- CAVASSANI, D. G. S. *et al.* Candidíase oral como marcador de prognóstico em pacientes portadores do HIV. **Rev. Bras. Otorrinolaringol.**, São Paulo, v. 68, n. 5, p. 630-634, 2002.
- DE TOLEDO, C. E. M. *et al.* Antifungal properties of crude extracts, fractions and purified compounds from bark of *Curatella americana* L. (Dilleniaceae) against *Candida* species. **Evid. Based Complement. Altern. Med.**, Oxford, p. 1-9, 2015.
- DEBIASI, B. W. *et al.* Phytochemical screening of *Cordia glabrata* (Mart.) A. DC. extracts and its potential antioxidant, photoprotective, antimicrobial and antiviral activities. **Braz. J. Biol.**, São Paulo, v. 83, p. e248083, 2023.
- DEĞİRMENCI, H.; ERKURT, H. Relationship between volatile components, antimicrobial and antioxidant properties of the essential oil, hydrosol and extracts of *Citrus aurantium* L. flowers. **J. Infect. Public Health**, Inglaterra, v. 13, n. 1, p. 58-67, 2020.
- GARCIA, R. Á. *et al.* Atividade antifúngica do óleo e extratos vegetais sobre *Sclerotinia sclerotiorum*. **Bioscience J.**, Uberlândia, v. 28, n. 1, p. 48-57, 2012.
- GOULART, L. S. *et al.* Colonização oral por espécies de *Candida* em pacientes HIV positivo: estudo de associação e susceptibilidade antifúngica. **Einstein**, São Paulo, v. 16, n. 3, 2018.
- HIMED, L. *et al.* Antioxidant activity of the essential oil of *Citrus limon* before and after its encapsulation in amorphous SiO_2 . **Scientific African**, Kumasi, v. 6, p. e00181, 2019.
- HUDAIB, M.; ABURJAI, T. Volatile components of *Thymus vulgaris* L. from wild-growing and cultivated plants in Jordan. **Flavour Fragr. J.**, Netherlands, v. 22, p. 322-327, 2007.
- LIMA, I. O. *et al.* Atividade antifúngica de óleos essenciais sobre espécies de *Candida*. **Rev. Bras. Farmacog.**, João Pessoa, v. 16, n. 2, p. 197-201, 2006.
- MARTINAZZO, A. P.; OLIVEIRA, F. da S. de; TEODORO, C. E. de S. Antifungal activity of *Cymbopogon citratus* essential oil against *Aspergillus flavus*. **Ciênc. Nat.**, São Paulo, v. 41, e20, p. 01-08, 2019.
- MARTINS, R. P. *et al.* Chemical characterization of *Lavandula dentata* L. essential oils grown in Uberaba-MG. **Ciênc. Rural**, Santa Maria, v. 49, n. 8, p. e20180964, 2019.
- MEDEIROS, C. I. S. *et al.* Atividade anti-*Candida tropicalis* dos enantiômeros (R)-(+)- & (S)-(-)- citrônella em associação com cetoconazol. **Rev. Ciênc. Méd. Biol.**, Salvador, v. 17, n. 1, p. 61-64, 2018.
- MENEZES FILHO, A. C. P. *et al.* Composição química do óleo essencial das flores de *Myrcia guianensis* (Aubl.) DC. **Rev. Cuba. Plantas Med.**, La Habana, v. 24, n. 4, p. e892, 2019.

- MENEZES FILHO, A. C. P.; DE SOUSA, W. C.; CASTRO, C. F. S. Atividade antioxidante e antifúngica dos óleos essenciais de *Cochlospermum regium* frente à *Sclerotinia sclerotiorum* e *Colletotrichum gloeosporioides*. *Colloquium Agrariae*, Presidente Prudente, v. 16, n. 1, p. 109-116, 2020.
- OLIVEIRA, A. C. S. D. *et al.* Chemical composition, *in vitro* larvicidal and antileishmanial activities of the essential oil from *Citrus reticulata* Blanco fruit peel. *Braz. J. Biol.*, São Paulo, v. 83, 2023.
- OLIVEIRA, A. K. M.; NUNES, A. C.; FARIAS, G. C. Predation of *Curatella americana* seeds by *Aratinga aurea* parrots. *Rev. Bras. Bioci.*, Porto Alegre, v. 10, n. 4, p. 526-529, 2012.
- PIRES, C. H. *et al.* Composição química e atividade antimicrobiana dos óleos essenciais das folhas e flores de *Callistemon viminalis* (sol. ex Gaertn.) G. Don ex. Loudon (Myrtaceae). *Rev. Ciênc. Farm. Básica Apl.*, Araraquara, v. 34, n. 4, p. 597-601, 2013.
- SILVA, B. C.; OLIVEIRA, R. G. S.; VASCONCELOS, M. A. Efeito modulador do óleo essencial do limão Taiti (*Citrus latifolia*) em células somáticas de *Drosophila melanogaster*. *Rev. Ciênc. Méd. Biol.*, Salvador, v. 19, n. 1, p. 72-77, 2020.
- SILVA, L. A. *et al.* Atividade antioxidante do óleo de *Myrcia sylvatica* (G. Mey.) DC. por diferentes métodos de análises antioxidantes (ABTS, DPPH, FRAP, β -caroteno/ácido linoleico). *Rev. Fitos*, Rio de Janeiro, v. 12, n. 2, p. 117-126, 2018.
- SILVA, S. R. S. *et al.* Efeito do estresse hídrico sobre características de crescimento e a produção de óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* Cheel. *Acta Scientiarum*, Maringá, v. 24, n. 5, p. 1363-1368, 2002.
- SOUZA JÚNIOR, I. T.; SALES, N. L. P.; MARTINS, E. R. Efeito fungitóxico de óleos essenciais sobre *Colletotrichum gloeosporioides*, isolado do maracujazeiro amarelo. *Biotemas*, Florianópolis, v. 22, n. 3, p. 77-83, 2009.
- STEFANELLO, M. É. A. *et al.* Óleo essencial de *Gochnatia polymorpha* (Less) Cabr. ssp. *floccosa* Cabr. *Quím. Nova*, São Paulo, v. 29, n. 5, p. 999-1002, 2006.
- TEIXEIRA, J. V.; RIBEIRO, R. N.; DAUD, R. D. Mites on *Curatella americana* L. (Dilleniaceae) from Cerrado vegetation remnants in mining site vicinities. *International J. Acarology*, Arkansas, v. 43, n. 4, p. 302-307, 2017.
- VENTUROSO, L. R. *et al.* Atividade antifúngica de extratos vegetais sobre o desenvolvimento de fitopatógenos. *Summa Phytopathol.*, Botucatu, v. 37, n. 1, p. 18-23, 2011.
- VIEIRA, F.; NASCIMENTO, T. Resistência a fármacos antifúngicos por *Candida* e abordagem terapêutica. *Revista Portuguesa de Farmacoterapia*, Lisboa, v. 9, n. 3, p. 161-168, 2017.
- WHALEY, S. *et al.* Azole antifungal resistance in *Candida albicans* and emerging non-*albicans* *Candida* species. *Front. Microbiol.*, Aberdeen, v. 7, p. 1-12, 2017.
- XAVIER, M. N. *et al.* Composição química do óleo essencial de *Cardiopetalum calophyllum* Schltdl. (Annonaceae) e suas atividades antioxidante, antibacteriana e antifúngica. *Rev. Virtual de Química*, Rio de Janeiro, v. 8, n. 5, 2016.

Submetido em: 03/03/2020

Aceito em: 26/07/2021