

Controle alternativo de *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc. com óleo essencial de araticum (*Annona glabra* L.) da Amazonia Ocidental

William Ferreira Alves^{1*}, Rychaellen Silva de Brito², Ruthe Lima de Souza³, Patrícia Ferreira Alves⁴, Maria Cristina de Souza⁵, Fausia Barbosa da Silva⁴, Karina Rillaly Barbosa da Silva⁴

¹Professor da Universidade Federal do Acre, Centro de Ciências Biológicas e da Natureza, Brasil, Acre, Brasil. ²Professora do Instituto Federal do Acre, Ensino Profissional, Técnico e Tecnológico, Sena Madureira, Acre, Brasil. ³Doutoranda da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil. ⁴Pós-Doutorado na Universidade Estadual Paulista, São Paulo, Brasil. ⁵Professora da Universidade Federal do Acre, Centro Multidisciplinar, Cruzeiro do Sul, Brasil. *william.alves@ufac.br

Recebido em: 12/12/2023

Aceito em: 18/10/2024

Publicado em: 30/11/2024

DOI: <https://doi.org/10.29327/269504.6.2-11>

RESUMO

A antracnose, principal doença pós-colheita da banana, é causada pelo fungo *Colletotrichum gloeosporioides*. Essa infecção ocorre no campo e se intensifica durante o amadurecimento do fruto, formando lesões que podem evoluir para grandes áreas necróticas. Paralelamente, o uso excessivo de pesticidas na agricultura tem agravado a crise da água potável, afetando a saúde de humanos e animais. Isso impulsionou entidades nacionais e internacionais a desenvolver práticas de agricultura sustentável, alinhadas aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), para garantir segurança hídrica e valorizar produtos florestais. Este estudo avaliou *in vitro* o efeito antifúngico do óleo essencial de araticum (*Annona glabra*) - extraído de casca, polpa e semente - no crescimento do fitopatógeno *C. gloeosporioides*. Foram analisados índice de acidez, índice de refração e composição química, utilizando cromatografia em camada delgada e espectrometria de UV-Vis. O experimento, em delineamento inteiramente casualizado e esquema fatorial 3 x 5, testou diferentes concentrações de óleo (2,5; 5,0; 7,5 e 10 µL), com quatro repetições e um controle. Os resultados mostraram que os óleos de polpa e semente têm atividade fungistática significativa, com 7,5 µL do óleo de semente inibindo 80% do crescimento de *C. gloeosporioides*.

Palavras-chave: Antracnose. Bioprospecção. Agricultura sustentável.

Alternative control of *Colletotrichum gloeosporioides* with essential oil of araticum (*Annona glabra* L.) from the Western Amazon

ABSTRACT

Anthrachnose, the primary post-harvest disease of bananas, is caused by the fungus *Colletotrichum gloeosporioides*. This infection occurs in the field and intensifies during fruit ripening, forming lesions that can evolve into large necrotic areas. Concurrently, the excessive use of pesticides in agriculture has exacerbated the potable water crisis, impacting the health of humans and animals. This has spurred national and international entities to develop sustainable agricultural practices, aligned with the Sustainable Development Goals (SDGs), to ensure water security and value forest products. This study evaluated the *in vitro* antifungal effect of araticum (*Annona glabra*) essential oil - extracted from bark, pulp, and seed -

on the growth of the phytopathogen *C. gloeosporioides*. Acidity index, refraction index, and chemical composition were analyzed using thin-layer chromatography and UV-Vis spectrometry. The experiment, conducted in a completely randomized design and a 3 x 5 factorial scheme, tested different oil concentrations (2.5; 5.0; 7.5, and 10 µL), with four repetitions and a control. The results showed that the oils from the pulp and seed have significant fungistatic activity, with 7.5 µL of seed oil inhibiting 80% of the growth of *C. gloeosporioides*.

Keywords: Anthracnose. Bioprospecting. Sustainable agriculture.

INTRODUÇÃO

A bananeira é uma planta herbácea, de caule rizomatoso, pertencente à família Musaceae e ordem Zingiberales. Seus frutos são partenocárpicos, estéreis, e a maioria cultivados por propagação vegetativa (APG III, 2009; DROC et al., 2022). Existem aproximadamente 1000 variedades de bananas espalhadas no globo terrestre, cuja maioria é de origem asiática, embora existam centros de origem secundária nas ilhas do Pacífico e na África Oriental (CHEESMAN, 1932; SILVA et al., 2013). Seu cultivo abrange mais de 125 países e com uma produção global anual crescendo a uma taxa de 3,2%, com registro de produção recorde de 114 milhões de toneladas em 2017. O Brasil é o 4º maior produtor, com uma área de cultivo de aproximadamente 500 mil hectares e a produção anual de aproximadamente 7 milhões de toneladas (NOMURUA et al., 2020; FAO, 2022). Mas devido a pouca exportação (apenas cerca de 1%) pode também ser considerado grande consumidor, com a quase totalidade da produção sendo consumida internamente (FAO, 2017).

Dentro desse contexto, destaca-se a região norte, onde o cultivo da banana ocorre em todos os Estados, sendo uma das principais bases alimentares, sobretudo para as populações localizadas às margens dos rios e nas zonas periféricas das cidades (GASPAROTTO; PEREIRA, 2010). No que se refere ao estado do Acre, a bananicultura ocupa 66% da área cultivada com culturas permanentes, ressaltando a sua importância econômica, social e cultural. Contudo, muitos problemas ainda interferem na produtividade da cultura, principalmente os de caráter fitossanitário (NOGUEIRA, 2013).

Entre as doenças que acometem a banana, a antracnose é a principal de pós-colheita, sendo causada pelo fungo *Colletotrichum gloeosporioides*.

Do ponto de vista taxonômico, *C. gloeosporioides* tem sido foco de discussão ao longo de décadas, cujas limitações na distinção dos táxons com base na morfologia tem levado a sinônimas inconsistentes; sendo considerada um complexo de espécies. Uma

análise filogenética com base em oito genes revelou um clado com a inclusão de 22 espécies e uma subespécie (CANNON et al., 2012; WEIR et al., 2012).

A infecção desse patógeno ocorre no campo, com os frutos ainda verdes, e se desenvolve durante o amadurecimento na forma de pequenas lesões que podem coalescer e levar a grandes áreas necrosadas (NOGUEIRA et al., 2013; OLIVEIRA et al., 2016). Frutas infectadas por *C. gloeosporioides* têm o amadurecimento acelerado e, ainda que a polpa não tenha sido afetada, a fruta torna-se inadequada para o consumo em decorrência de seu aspecto, tornando, deste modo, o processo de embalagem, transporte, exportação e comercialização inviabilizados (OLIVEIRA et al., 2013). Sob condições de alta temperatura e umidade, os frutos ficam cobertos com uma frutificação rosada. Em casos severos pode ocorrer o aprofundamento das lesões, atingindo a polpa (CORDEIRO et al., 2005).

O controle de *C. gloeosporioides* ocorre, principalmente, por meio da utilização de fungicidas químicos, como o Imazalil e Tiabendazole, os únicos liberados pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) para o uso nesta cultura em pós-colheita (AGROFIT, 2022). Entretanto, a utilização de óleos e extratos extraídos de plantas tem apresentado potencial antifúngico (SILVA et al., 2007; SOUZA et al. 2023).

Há uma crescente demanda do mercado consumidor por frutas de elevada qualidade produzidas sem a utilização de insumos não renováveis e poluentes, que em conjunto com a resistência de alguns fitopatógenos aos compostos sintéticos, tem levado ao desenvolvimento de tecnologias alternativas e limpas para o controle de doenças em pós-colheita (NOGUEIRA et al., 2013). A agricultura alternativa que abrange a agricultura biodinâmica, natural, ecológica, orgânica, biológica e a permacultura, tem se destacado, principalmente por não seguir o modelo convencional de produção de alimentos. Os sistemas alternativos de produção de base agroecológica utilizam tecnologias que levam em consideração os princípios ecológicos, buscando a conservação da biodiversidade, preservação dos espaços naturais e favorecem a ciclagem dos nutrientes (SANTOS et al., 2013).

A procura por produtos isentos de resíduos químicos tem motivado muitos pesquisadores a buscarem alternativas capazes de controlar agentes patogênicos, sem perturbar a saúde humana e o meio ambiente, com o objetivo de amenizar o uso dos fungicidas convencionais. Nesse cenário, os óleos essenciais vêm obtendo significativo destaque, e sendo apontados como alternativa para a proteção das lavouras, trazendo

melhores condições ecológicas, econômicas e sociais isso porque, são fontes de agentes biocidas (FONSECA et al., 2015; ALVES et al., 2015; 2021; 2023). Neste contexto, é importante o direcionamento de estudos com a finalidade do desenvolvimento de medidas alternativas não poluentes, atóxicas ou não residuais e que minimizem o uso de agrotóxicos no controle de patógenos.

Tal fato encontra respaldo na diversificada natureza química das mais variadas partes das plantas; sendo a casca, fruto, sementes e folhas do araticum (*Annona glabra*) um excelente exemplo (SIEBRA et al., 2009). A extração de óleo essencial de *A. glabra* se faz promissora, visto que alguns estudos já vêm mostrando propriedades ligadas a ações inseticida, antimicrobiana, antifúngica, antiparasitária, antirreumática e emoliente, além do efeito antioxidante e da inibição de células carcinogênicas, leucemia linfocítica crônica e do complexo mitocondrial I (THANG et al., 2013; D'ELIA et al., 2022).

Sendo assim, o presente trabalho teve por objetivo avaliar “*in vitro*” o efeito do óleo essencial extraído do araticum (*A. glabra*), proveniente da casca, polpa e semente, sobre o crescimento micelial do fitopatógeno *C. gloesporioides*.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada no Laboratório de Química da Universidade Federal do Acre, Campus de Cruzeiro do Sul, região do Alto Juruá (74°0' W a 72°W e 7° 0 5' S a 9°40' S), no estado do Acre. O clima da região é caracterizado como equatorial quente e úmido, com temperaturas variando entre 24,5°C e 32 °C. A sazonalidade da região é caracterizada por uma estação seca de junho a outubro e outra chuvosa, de novembro a maio.

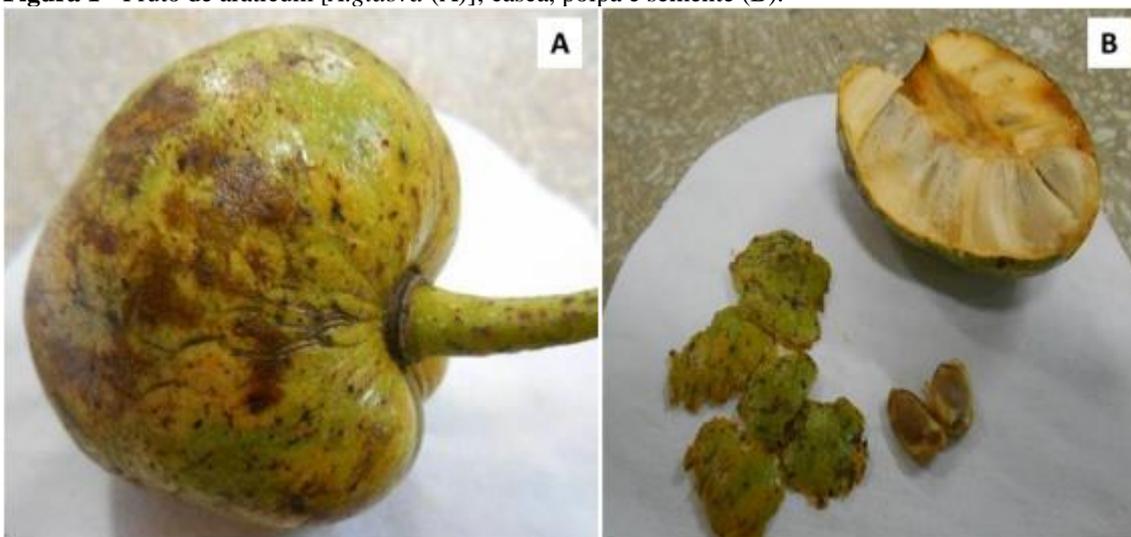
Coleta, identificação botânica e obtenção do óleo essencial de araticum

O material botânico foi coletado na região do Alto Juruá (7°44'20.48" S, 72°42'1.06" O), identificado com base em literatura especializada (LEMOS e PINHO, 2020) e consulta a banco de dados (SPECIESLINK, 2023, MENDES-SILVA et al. 2023), e em incorporado ao acervo da Carpoteca do Herbário Campus Floresta da UFAC (CFCZS N°. 1818). Posteriormente, no Laboratório de Química, amostras do fruto foram lavadas em água corrente, em seguida sanitizados com 3 litros de água contendo 3,75 mL de hipoclorito a 12% por 15 minutos, enxaguados em água corrente, enxutos e, então pesados. Estes foram mantidos sob refrigeração a 3 °C até o momento das análises. As

amostras de óleo foram submetidas a caracterização físico-química, análise antifúngica e determinação do teor de umidade.

A extração do óleo essencial da casca (OEC), polpa (OEP) e semente (OES) de araticum (*A. glabra*) foi realizada no laboratório de Química do Solo da Universidade Federal do Acre – UFAC por meio do método de extração por Soxhlet. Este aparelho foi desenvolvido para extração de óleos essenciais ou vegetais de uma amostra sólida, podendo ser fruto, semente, folhas, casca, entre outros. O processo baseia-se na circulação do solvente (n-hexano ou éter) através da amostra, em refluxo. Para tal, foram utilizados de 95 a 150 g do material (polpa, casca e sementes – Figura 1), os quais foram secos em estufa na temperatura entre 60-70°C por 2 dias. Em seguida, foram triturados e embalados em papel de filtro para então ser realizada a extração do óleo pelo método de Soxhlet com o solvente orgânico éter. Após a extração, os óleos foram armazenados em um recipiente fechado, sem contato com luz e a temperatura baixa ($\pm 5^{\circ}\text{C}$).

Figura 1 - Fruto de araticum [*A. glabra* (A)]; casca, polpa e semente (B).



Fonte: Autores

O rendimento do óleo essencial (teor de óleo) pode ser calculado com base na matéria sem óleo e com óleo, para tanto, foi empregada, a seguinte equação:

$$T_0 = \left(\frac{m_s - m_{ex}}{m_s} \right) \times 100$$

T_0 = teor de óleo ou rendimento de extração (%)

m_s = massa seca com óleo

m_{ex} = massa seca sem óleo

100 = fator de conversão para porcentagem

Análises físico-químicas

Para o araticum, foi realizada a determinação do teor de umidade e para os óleos, foram determinados o índice de refração, acidez, análise de componentes com a técnica de cromatografia em camada delgada e espectrometria Uv-Vis. Todas as análises foram realizadas em triplicata.

Determinação do teor de umidade do fruto (polpa, casca e semente)

A umidade aqui determinada foi aquela correspondente à perda em peso do fruto quando aquecido em condições de remoção da água. Após a sanitização (item 2.1), os frutos foram pesados em balança semianalítica e congelados a uma temperatura de -15°C por uma semana. Após, foram colocados em estufa com temperatura entre $60-70^{\circ}\text{C}$ por 2 dias para secagem. Em seguida, foram pesados, sendo que o teor de umidade foi calculado da diferença entre a massa do fruto após sanitização e do fruto seco (BRASIL, 2008).

Determinação do índice de refração

Um refratômetro ABBE de bancada foi utilizado para determinar o índice de refração dos OEC, OEP e OES. Aproximadamente 4 gotas de cada óleo foram colocadas na porta amostra do refratômetro e, após atingir $20 \pm 1^{\circ}\text{C}$, foi obtido o índice de refração de cada amostra. Foi realizado em triplicata, com seu respectivo desvio padrão (σ) (BRASIL, 2008).

Determinação da acidez

Foram pesados 2 g de cada uma das amostras de OEC, OEP e OES em um frasco Erlenmeyer de 125 mL, onde foi adicionado 25 mL de solução, previamente preparada, de éter-álcool (2:1), e em seguida adicionado duas gotas do indicador fenolftaleína. As amostras foram tituladas com solução de hidróxido de sódio 0,1 M até o aparecimento da coloração rósea, a qual persistiu por 30 segundos. Após este tempo, foi calculada a quantidade de NaOH gasto por grama de óleo (BRASIL, 2008).

Espectrofotometria Uv-Vis

Essa análise investigou a absorção dos óleos extraídos de diferentes partes do fruto por espectrometria Uv-Vis na região entre 320-780 nm. Para tal, o óleo essencial foi dissolvido em tolueno na razão de 10:0,3 v/v (tolueno: óleo essencial) (BRASIL, 2008).

Cromatografia em camada delgada

Os OEC, OEP e OES foram submetidos à cromatografia em camada delgada. Para tanto, foram preparadas placas de cromatofolha de 20x20 cm e 30 µm de espessura, as quais foram aquecidas a 100 °C por 1 hora para ativação. Foi estabelecido um percurso de 10 cm na placa de cromatofolha e como fase móvel foi utilizado tolueno/acetato de etila (93:7) (WAGNER et al., 1984). Os óleos foram diluídos em 10% com o solvente n-hexano. Após a ativação da placa de cromatofolha, aplicou-se na superfície inferior da placa uma gota da amostra diluída com o auxílio de um conta-gotas. Em seguida, esta placa foi colocada em uma cuba saturada com solução de tolueno/acetato de etila. Depois de percorrido e evaporado o solvente, a placa foi submetida ao revelador de vanilina sulfúrica e, posteriormente, aquecida a uma temperatura de 120 °C, durante 5 a 10 minutos.

Obtenção do isolado do fitopatógeno (*Colletotrichum gloeosporioides*)

O *C. gloeosporioides* foi isolado seguindo a metodologia descrita por Menezes e Solva-Hanlin (1997). Para tanto, foram utilizados frutos de bananeira do cultivar maçã provenientes do município de Cruzeiro do Sul, que apresentaram sintomas e sinais da doença (Figura 2).

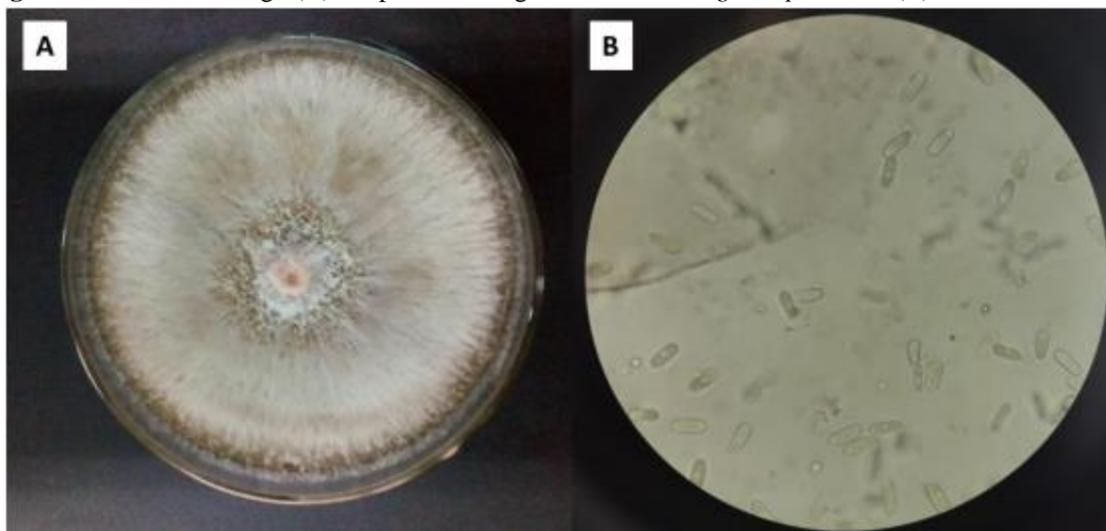
Figura 2 - Frutos de banana com sinais de antracnose.



Fonte Autores.

Primeiramente, os frutos foram sanitizados através da imersão em uma solução de hipoclorito de sódio a 1,5% por dois minutos. Após, com o auxílio de um bisturi flambado, foram retirados fragmentos da região de transição da lesão (área entre o tecido sadio e doente) para o plaqueamento em meio de cultura ágar-água, sendo colocados quatro fragmentos por placa, distribuídos equidistantemente. As culturas foram incubadas em temperatura ambiente de 25°C e sob luz fluorescente para a obtenção do isolado de *C. gloeosporioides* (Figura 3A), cujos esporos podem ser vistos na Figura 3B.

Figura 3 - Isolado do fungo (A) e esporos do fungo *Colletotrichum gloeosporioides* (B).



Fonte: Autores.

Ensaio do controle (análise antifúngica) de C. gloeosporioides com os óleos essenciais de araticum (A. glabra)

O experimento foi realizado com delineamento inteiramente casualizado, em fatorial 3 x 5, sendo o primeiro fator os óleos (OEC, OEP, OES) de araticum e o segundo as concentrações de 2,5; 5,0; 7,5 e 10 μL para o patógeno *C. gloeosporioides*, com quatro repetições (meio de cultura BDA) e um controle (sem a presença de óleo). Os óleos foram diluídos em meio de cultura fundente (45 °C), constituído de ágar, batata e dextrose (BDA) e os óleos vertidos em placas de Petri de 9 cm de diâmetro. Discos de micélio com 0,5 cm de diâmetro foram transferidos para as placas e acondicionados em câmara de crescimento (BOD) sob temperatura de 25 ± 1 °C e fotoperíodo de 12 horas. As avaliações foram realizadas mensurando o crescimento micelial, considerando o diâmetro médio (cm) das colônias em dois sentidos perpendiculares.

As avaliações do crescimento micelial foram realizadas pela medição diária do *C. gloeosporioides*, a cada 24 horas, mensurando-se o diâmetro em milímetros (cm) das colônias a partir do momento em que foram repicados os discos de micélio contendo o isolado até que o tratamento controle (BDA) ocupasse 2/3 da placa.

Os resultados de crescimento micelial foram utilizados no cálculo do índice de crescimento micelial (ICM), conforme a fórmula descrita por (SALGADO et al., 2003):

$$ICM = \frac{C1}{N1} + \frac{C2}{N2} + \dots + \frac{Cn}{Nn}$$

As variáveis contidas na equação para o cálculo do índice de crescimento micelial (ICM) foram as do crescimento micelial do primeiro até o último dia (C1, C2,..Cn) e o número de dias da avaliação (N1, N2,..Nn).

Para o cálculo da porcentagem de inibição do crescimento micelial (PIC), proposta por Garcia et al. (2012), o diâmetro da amostra testemunha (controle, sem a presença de óleo -DT) e o diâmetro do tratamento (DTRAT) foram as variáveis envolvidas.

$$PIC = \frac{DT-DTRAT}{DT} \times 100$$

Análise estatística

Os dados foram submetidos às análises de variância (ANOVA) e de regressão, com a diferença entre as médias dos tratamentos testada por meio do teste de Tukey a 5% de significância, realizada com o software RStudio Core Team, versão 3.6.3 e com os pacotes ExpDes.pt, car, stats e fBasics.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 estão contidos os valores do teor de umidade da polpa, casca e sementes do fruto de araticum (*A. glabra*).

Tabela 1 – Resultado da análise do teor de umidade da polpa, casca e semente do fruto de araticum (*A. glabra*).

	Umidade (%)
Polpa	19,8 ± 0,5
Casca	17,6 ± 0,3
Semente	16,4 ± 0,4

Fonte: Autores.

Após a secagem das amostras na temperatura entre 70°C e 72°C durante 50h, a porcentagem do teor de umidade para a amostras da polpa, da casca e das sementes foi de aproximadamente 19,8%, 17,6% e 16,4% de umidade. Resultados semelhantes foram encontrados para sementes de araticum submetidas à secagem durante 12 h, em temperatura ambiente (23±2°C), obtendo um teor de umidade: de 11,4% (CARVALHO et al., 2001).

A Tabela 2 apresenta os resultados das análises dos parâmetros físico-químicos dos óleos de araticum (OEC, OEP e OES).

Tabela 2 – Resultado das análises do teor de óleo, índice de acidez e índice de refração dos óleos extraídos da polpa (OEP), da casca (OEC) e das sementes (OES) do araticum.

	OEP	OEC	OES
Teor de óleo	7,23 ± 0,68	3,71 ± 0,42	2,03 ± 0,72
Índice de acidez	2,41 ± 0,04	2,32 ± 0,03	2,53 ± 0,03
Índice de refração	1,366 ± 0,0005	1,366 ± 0,0005	1,437 ± 0,0005

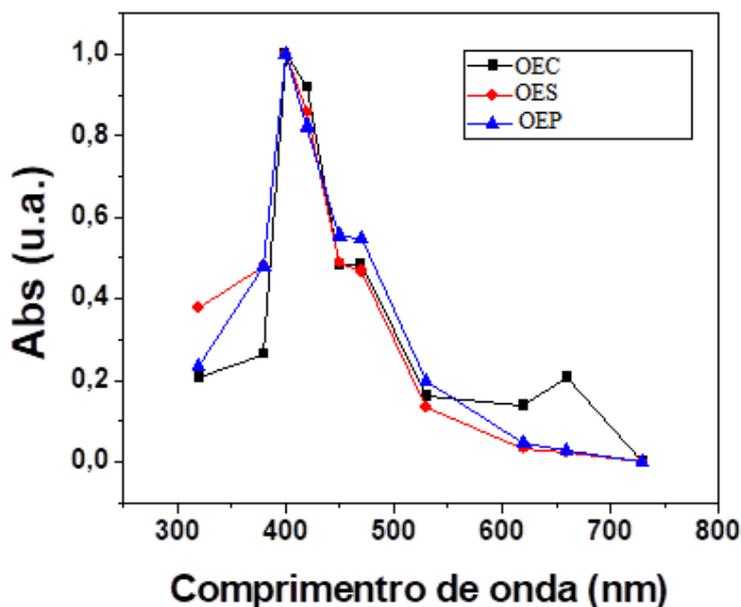
Fonte: Autores.

O teor de óleo extraído das amostras foi de 7,23±3,68, 3,71±0,42, e 2,03±0,72, respectivamente para a polpa, casca e sementes. Resultado diferente foi encontrado por Castro et al. (1984) quando investigaram as características físico-químicas do fruto da graviola (*A. muricata* L.), obtendo valores de 50,40%, 29,80% e 5,20% para o teor de óleo respectivamente da polpa, casca e sementes.

O índice de refração é um parâmetro de grande importância nos processos de hidrogenação; descrevem, tanto para os óleos como para as gorduras, o grau de oxidação, o qual é uma das principais formas de investigação de deterioração destes produtos. O índice de refração é característico para cada tipo de óleo (ALVES et al., 2021; RIOS et al., 2013), fazendo com que estes tenham diferentes refingências (capacidade de reduzir a velocidade da luz), desviando com maior ou menor intensidade os raios luminosos que os atravessam (RIOS et al., 2013; BORSATO et al., 2008). Esse índice é considerado muito importante, não só para identificar a substância, mas, também, para detectar a presença de impurezas e determinar a pureza de óleos voláteis (ANVISA, 2010). Para o fruto de araticum, foi obtido índices de refração, a 25°C, de 1,366, 1,366 e 1,473, respectivamente para o OEC, OEP e OES (Tabela 2).

A espectrometria Uv-Vis é baseada nas medidas de absorção da radiação eletromagnética nas regiões visível e ultravioleta do espectro. A quantidade de luz absorvida pela amostra é medida e relacionada com a concentração do analito (LEONG et al., 2018). Na Figura 4 são mostrados os espectros na região entre 320 e 780 nm dos óleos essenciais de araticum.

Figura 4 - Absorbância vs. comprimento de onda dos óleos vegetais extraídos do fruto de araticum (*A. glabra*).



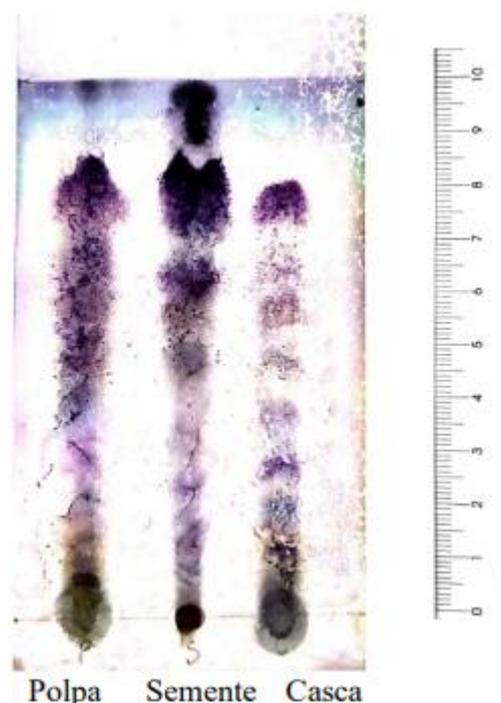
Fonte: Autores.

Na Figura 4 observou-se diferenças significativas entre os perfis das curvas nas regiões de comprimento de onda entre 320-380 nm e 520-740 nm, as quais representam o espectro Uv (320-370) início do Vis (380 nm) e o espectro de luz visível no verde-vermelho, respectivamente (GOEL, 1988). Alves et al. (2021), quando analisaram quatro óleos essenciais de pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth) por espectrofotometria Uv-Vis, na região entre 320 a 780 nm, observaram bandas distintas em toda faixa do espectro, as quais foram atribuídas à presença de diferenças nas estruturas carbônicas, tais como ligações, e na composição química dos óleos analisados.

Os perfis cromatográficos mostraram diferenças significativas na composição entre os óleos essenciais de araticum extraídos da semente, casca e polpa (Figura 5), sendo observado um deslocamento ascendente maior para os óleos essenciais extraídos da semente, seguido dos da polpa e os da casca. Uma vez que o princípio dessa técnica se

baseia no processo físico-químico de separação de substâncias químicas fundamentado na migração dos componentes de uma mistura que ocorre em consequência de diversas interações entre as fases móvel e a fase estacionária (COSKUN, 2016; POOLE, 2000), foi possível inferir diferenças na composição química e nas ligações desses óleos extraídos das diferentes partes, corroborando com os resultados de espectrofotometria Uv-Vis (Figura 4).

Figura 5 - Perfis cromatográficos do óleo de araticum (*A. glabra*) extraído da polpa, semente e casca (esquerda para direita). Percurso de 10 cm sobre fase móvel tolueno/acetato de etila e revelador ácido sulfúrico/vanilina sulfúrica/água/metanol.



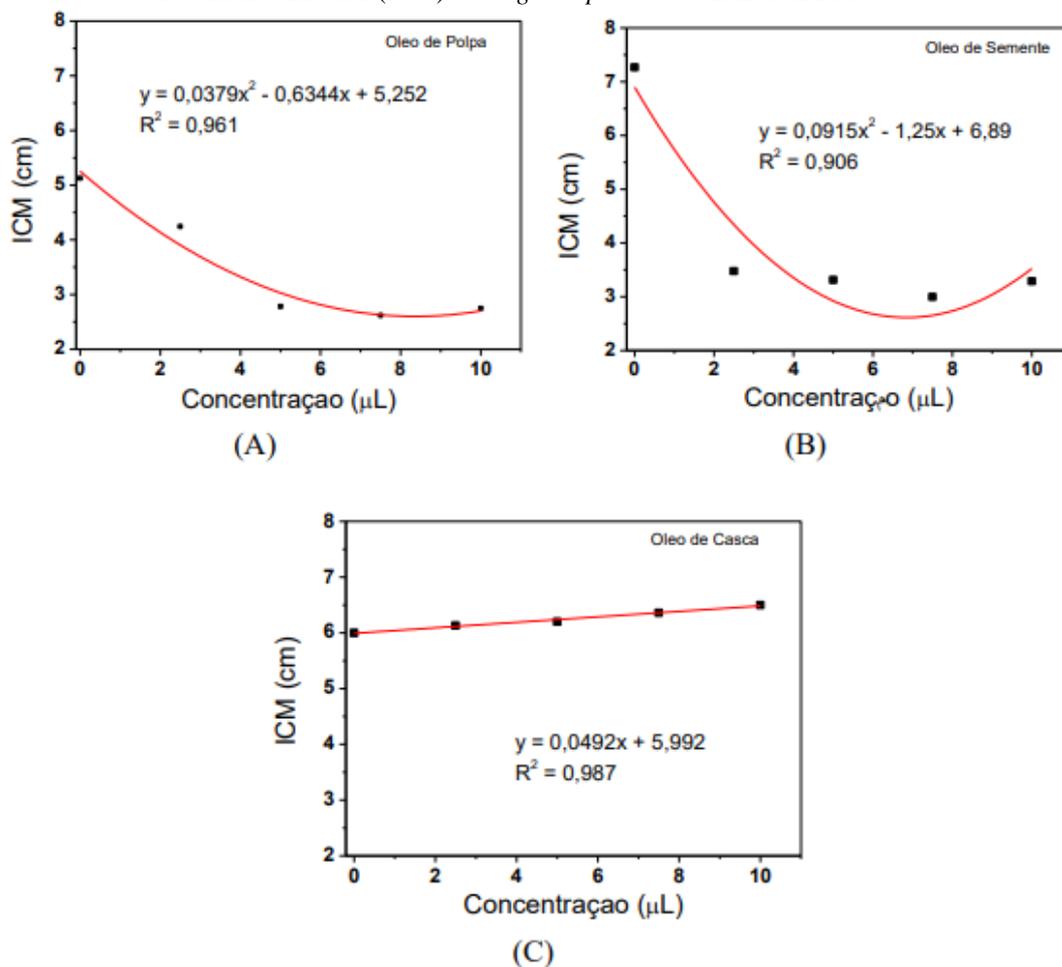
Fonte: Autores.

O efeito dos óleos extraídos de diferentes partes de araticum e de suas concentrações sobre o crescimento micelial (Figuras 6ABC e Tabela 3) e a porcentagem de inibição do fitopatógeno *C. gloeosporioides* (Figura 7) foram analisados, obtendo-se uma interação significativa ($p < 0,01$). As equações de regressão foram ajustadas de acordo com a concentração de cada óleo.

Para o índice de crescimento micelial na faixa de concentração de 0 a 10,0 μL , uma redução significativa desse crescimento foi observada com os óleos extraídos da polpa e da semente (Figuras 6AB e Tabela 3). Já, para o óleo extraído de casca não houve

efeito inibitório significativo quando comparado com os óleos da polpa e semente (Figura 6C e Tabela 3).

Figura 6 – Efeito de diferentes concentrações (A) do óleo extraído da polpa (CV: 8,12%) (B) do óleo extraído da semente (CV: 13,7%) e (C) do óleo extraído da casca (CV: 8,78%) sobre o índice de crescimento micelial (ICM) do *C. gloeosporioides* em meio BDA.



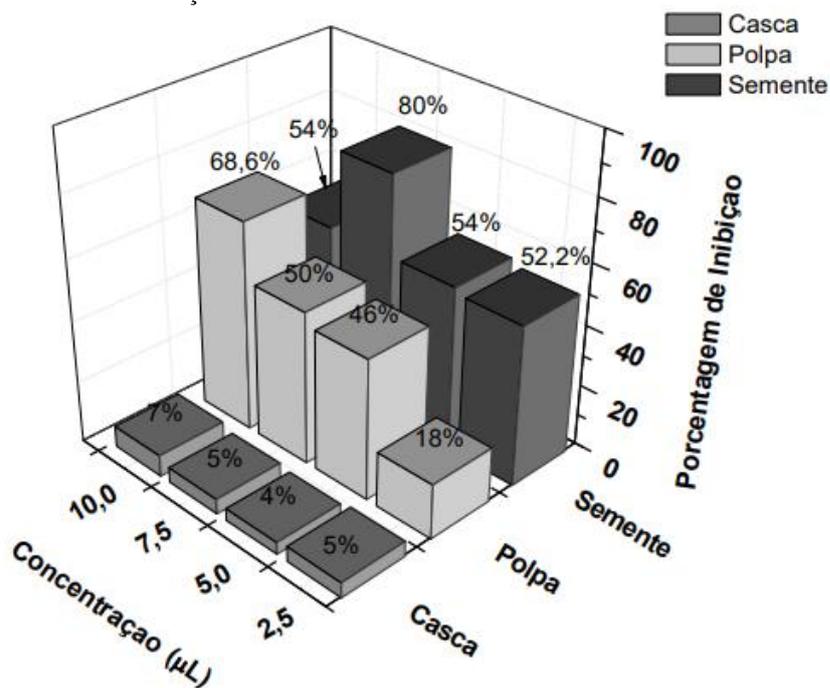
Fonte: Autores.

Tabela 3 - Efeito das concentrações do óleo (casca, polpa e semente) no percentual de inibição do crescimento micelial de *C. gloeosporioides* em meio BDA.

Concentração (µL)	OEC	OEP	OES
0	5,399a	5,126 ^a	5,764 ^a
2,5	5,032a	2,748c	3,288bc
5,0	5,125a	4,245b	3,477b
7,5	5,136a	2,783c	3,314bc
10	5,284a	2,715c	2,999c

Nas colunas, médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente entre si, de acordo com o teste Tukey a 5% de probabilidade. Fonte: Autores.

Figura 7 - Representação da porcentagem de inibição do crescimento micelial de *C. gloeosporioides* na presença dos óleos essenciais extraídos da casca, polpa e semente de araticum, considerando as diferentes concentrações.



Fonte: Autores.

Os melhores resultados para inibição do crescimento micelial foram obtidos com o óleo essencial extraído da semente do araticum, onde todas as concentrações mostraram bons resultados, com destaque para a concentração de 7,5 µL que inibiu 80% do crescimento micelial do *C. gloeosporioides* (Figura 6B e Figura 7). Já o óleo essencial extraído da polpa mostrou o melhor resultado na concentração de 10 µL, inibindo 69 % do crescimento micelial do referido fitopatógeno (Figura 6A e Figura 7). Por sua vez, o óleo essencial extraído da casca de araticum mostrou melhor resultado na concentração 10 µL, inibindo 7% do crescimento micelial do fitopatógeno. No entanto, esse resultado não foi significativo (Figura 6C e Figura 7). Tais resultados indicam que o aumento da concentração do óleo pode causar um efeito inibitório no crescimento do fungo. De maneira semelhante, de Figuerreiro et al. (2021), avaliaram a sensibilidade do *C. gloeosporioides* do maracujazeiro a 6 diferentes óleos essenciais, sendo testados óleo de canela, óleo de cravo, óleo de tomilho, óleo de orégano e óleo de menta. Variando a concentração inibitória mínima de 160 a 5 µL/mL nos diferentes óleos essenciais, sendo que dentre os óleos analisados o óleo de canela foi o que mostrou melhor resultado (5 µL/mL).

A redução do crescimento micelial de patógenos utilizando extratos e óleos essenciais foi verificada por diversos pesquisadores utilizando vários patossistemas (OLIVEIRA et al., 2016). Moura et al. (2017), comprovaram que os óleos essenciais de laranja doce e limão siciliano tem atividade inibitória direta sobre *C. gloeosporioides*, sobretudo nas maiores concentrações. Resultado semelhante foi visto por Soares et al. (2020), onde a aplicação do óleo essencial de orégano *in vitro* inibiu totalmente o crescimento micelial e germinação dos conídios de *C. gloeosporioides*. Assim como o óleo de copaíba (*Copaifera* spp) que também revelou ação fungicida sobre antracnose em mamão, onde diferentes variedades de óleos foram testadas nas dosagens de 50, 100, 150 e 200 µL/mL, dos óleos, sendo as dosagens de 100 e 200 µL/mL as de maior poder inibidor (SOUZA et al., 2023). Solino et al. (2012), por sua vez, mostraram a atividade fungicida *in vitro* dos óleos de nim, soja, copaíba e de jatobá sobre a antracnose, sendo que os óleos de soja e de nim reduziram em maior grau a gravidade da doença. Rodrigues et al. (2018) analisaram os óleos de cravo [*Pimenta pseudocaryophyllus* (Gomes) Landrum], óleo de melaleuca [*Melaleuca alternifolia* (Maiden & Betche) Cheel, óleo de tomilho (*Thymus vulgaris* L.) e óleo de gengibre (*Zingiber officinale* Roscoe) na inibição micelial da antracnose em bananas 'Prata Ana' e verificaram que o óleo de canela foi o mais eficaz na inibição do crescimento do fungo *C. musae* (do clado *C. gloeosporioides*, sensu (WEIR et al 2012), com concentrações de 2 e 8 µL, atingindo uma diminuição de 48% e 24%, respectivamente.

Na Figura 7 se pode observar uma porcentagem de inibição do crescimento micelial (PIC) de 80% do fungo na concentração 7,5 µL com o óleo extraído da semente de araticum (*A. glabra* L.). Peres et al. (2009), comprovaram a potencialidade de inibição fungicida do extrato etanólico de *Achillea millefolium* L. sobre o crescimento micelial do *C. gloeosporioides*, constando no extrato compostos fenólicos, taninos, flavonóides e cumarinas. Figueiredo et al. (2017) também constataram a ação da planta mil folhas (*Achillea millefolium*) com redução do crescimento do fungo *C. gloeosporioides*, obtendo os melhores resultados nas frações mais polares e as partes mais ativas foram as flores.

CONCLUSÃO

Os tratamentos com óleos essenciais extraídos da polpa e sementes de araticum (*Annona glabra*) mostraram atividade antifúngica na cultura *in vitro* referente ao desenvolvimento micelial do fungo *C. gloeosporioides*.

O óleo essencial extraído da casca de araticum (*A. glabra*) tem potencial para aplicação no controle de *C. gloeosporioides* desde que suas concentrações sejam aumentadas.

Estudos complementares com os frutos inteiros devem ser realizados para observar mudanças nas características organolépticas dos frutos.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Laboratório de Geoprocessamento aplicado ao Meio Ambiente (LabGAMA) da Universidade Federal do Acre, Campus de Cruzeiro do Sul, pelo georreferenciamento da planta, e aos editores e revisores do manuscrito pelas valiosas sugestões.

REFERÊNCIAS

- AGROFIT. **Sistema de agrotóxicos fitossanitários.** Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 24 mar. 2022.
- ALVES, W. F.; RIBEIRO, G. S.; SOUZA, M. C.; SOUZA, R. L.; OLIVEIRA, F. N. L.; MESQUITA, F. R. Análise físico-química do óleo essencial de pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth - Arecaceae), do município de Cruzeiro do Sul, Acre, Brasil. **Ciência Florestal**, v. 31, n. 1, p. 533–549, 2021.
- ALVES, W. F.; SOUZA, M. C.; ALMEIDA, A. N. S.; OLIVEIRA, S. S.; RIBEIRO, I. L. R. 2015 Características físico-químicas de óleos essenciais de plantas da Região do Vale do Juruá. **Enciclopédia Biosfera**. v. 11, n. 22, p. 535-546, 2015.
- ANVISA. **Farmacopeia Brasileira.** Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Brasília: Anvisa, v. 2, 2010. 546 p. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br>. Acesso em: 24 mar. 2022.
- BORSATO, A. V; DONI-FILHO, L.; MIGUEL, O. G.; PAGLIA, E. C. Propriedades físico-químicas do óleo essencial de camomila [*Chamomilla recutita* (L.) Rauschert] submetida à secagem em camada fixa. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 10, n. 3, p. 24–30, 2008.
- BRASIL. INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos.** 4. ed. São Paulo, 2008.
- CANNON, P. F.; DAMM, U; JOHNSTON, P.R.; WEIR, B.S. *Colletotrichum* – current status and future directions. **Studies in Mycology**, n. 73: p.181–213., 2012.
- CARVALHO, J. E. U.; NASCIMENTO, W. M. O.; MULLER, C. H. Tolerância de sementes de araticum-do-brejo (*Annona glabra* L.) Ao dessecamento e ao congelamento. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 23, n. 1, p. 179–182, 2001.
- CASTRO, F. A.; MAIA, G. A.; HOLANDA, L. F. F.; GUEDES, Z. B.; FÉ, J. A. M. Características físicas e químicas da graviola. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 19, n. 3, p. 361–365, 1984.
- CHEESMAN, E. E. Genetic and cytological studies of *Musa*. I Certain hybrids of the Gros Michel banana. **Journal of Genetics**, v. 26, p. 291–312, 1932.

CORDEIRO, M. J.; MATOS, A. P.; FILHO, P. E. M. Doenças e Métodos de Controle. In: Ceres (Ed.); São Paulo. **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. p.146–182, 2005.

COSKUN, O. Separation Techniques: chromatography. **Northern Clinics of Istanbul**, 2016.

D'ELIA OLIVEIRA, L. E.; DUTOK-SÁNCHEZ, C. M.; BALIEIRO MONTEIRO, R.; DE MEDEIROS, F. A. Aplicação de *Annona glabra* L. (Annonaceae) na área da saúde, composição química e atividade biológica. **Revista Amazonia Investiga**, v. 11, n. 49, p. 224–238, 2022.

DROC, G.; MARTIN, G.; GUIGNON, V.; SUMMO, M.; SEMPÉRÉ, G.; DURANT, É.; SORIANO, A.; BAURENS, F.; CENCI, A.; BRETON, C.; SHAH, T.; AURY, J.; GE, X.; HARRISON, P.; YAHIAOUI, N.; D'HONT, A.; ROUARD, M. The banana genome hub: a community database for genomics in the Musaceae. **Horticulture Research**, v. 9, 2022. <https://doi.org/10.1093/hr/uhac221>.

FAO (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION). **Banana Market Review 2017**. Disponível em: https://www.fao.org/fileadmin/templates/est/COMM_MARKETS_MONITORING/Bananas/Documents/web_Banana_Review_2018_Final_DV.pdf. Acesso em: 24 mar. 2022.

FAO (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION). **EST: Banana facts**. Disponível em: <https://www.fao.org/economic/est/est-commodities/oilcrops/bananas/bananafacts/en/#.Yj3PW-fMJPY>. Acesso em: 24 mar. 2022

FIGUEIREDO, Y.; ALTOÉ, L.; GONÇALVES, L.; RODRIGUEZ, G.; SILVA, M. Controle alternativo de *Colletotrichum musae* com extrato de mil folhas. **Revista Fitos**, v. 11, n. 2, 2017.

FIGUEIREDO, A.; SILVA, L.; MORAIS, L. Sensibilidade do *Colletotrichum gloeosporioides* do maracujazeiro a óleos essenciais, **Revista Desafios**, v. 8, p. 19-30, 2021

FONSECA, M. C. M.; LEHNER, M. S.; GONÇALVES, M. G.; PAULA JÚNIOR, T.J.; SILVA, A.F.; BONFIM, F.P.G.; PRADO, A.L. Potencial de óleos essenciais de plantas medicinais no controle de fitopatógenos. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 17, n. 1, p. 45–50, 2015.

GARCIA, R. Á.; JULIATTI, F. C.; BARBOSA, K. A. G.; CASSEMIRO, T. A. Atividade antifúngica de óleo e extratos vegetais sobre *Sclerotinia sclerotiorum*. **Bioscience Journal**, v. 28, n. 1, 2012.

GASPAROTTO, L.; PEREIRA, J. C. R. **A cultura da bananeira na região Norte do Brasil**. 1st ed. Brasília, 2010.

GOEL, N. S. Models of vegetation canopy reflectance and their use in estimation of biophysical parameters from reflectance data. **Remote Sensing Reviews**, v. 4, n. 1, p. 1–212, 1988.

LEMONS, J. R.; PINHO, I. F. **Guia ilustrado de plantas da região do Delta do Parnaíba (NE do Brasil). Annonaceae: *Annona glabra* L.** São Paulo: Blucher Open Access, 2020. 92 p.

LEONG, Y.; KER, P.; JAMALUDIN, M.; NOMANBHAY, S. M.; ISMAIL, A.; ABDULLAH, F.; LOOE, H. M.; LO, C. K. UV-Vis Spectroscopy: A New Approach for Assessing the Color Index of Transformer Insulating Oil. **Sensors**, v. 18, n. 7, p. 2175, 2018.

MENDES-SILVA, I.; LOPES, J. C.; SILVA, L. V.; BAZANTE, M. L. *Annona* in **Flora e Funga do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB117159>. Acesso em: 10 nov. 2023.

MENEZES, M.; SOLVA-HANLIN, D. M. W. Guia Prático para fungos fitopatogênicos. Recife: **Imprensa Universitária Federal de Pernambuco**, 1997, 106 p.

MOURA, G. S.; SCHEFFER, D. C.; FRANZENER, G.; JASKI, J. M. Vista do Efeito de óleos essenciais de *Citrus* spp. no controle pós-colheita da antracnose em banana e pimentão. **Revista Cultivando o Saber**, v. 10, n. 3, p. 73–87, 2017.

NOGUEIRA, S. R.; ANDRADE NETO, R. C.; NASCIMENTO, G. C.; CAVALCANTE, M. de J. B.; SIVIERO, A.; SANTOS, R. S. **Bananicultura acreana: situação atual e desafios**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2013.

NOMURA, E. S., JUNIOR DAMATTO, E. R., MARUYAMA, I. S., MENDONÇA, J. C., SAES, L. A., PENTEADO, L. A. C., KOBORI, R. T., MORAES, W. S. Cultivo da Bananeira. Campinas, **CDRS**, 2020, 178 p. (Manual Técnico, 82).

OLIVEIRA, E. S. DE; VIANA, F. M. P.; MARTINS, M. V. V. Alternativas a fungicidas sintéticos no controle da antracnose da banana. **Summa Phytopathologica**, v. 42, n. 4, p. 340–350, 2016.

OLIVEIRA, E. S.; VIANA, F. M. P.; MARTINS, M. V. V.; PESSOA, M. N. G. **Alternativas limpas para controle da podridão pós-colheita causada por Colletotrichum em banana**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2013, 29 p.

PERES, R.; MORAES, S.; CARVALHO, C.; NASCIMENTO, P.; CARVALHO, L.; SILVA, M.; RAMPELOTTO, P.; ROSA, M. *Achillea millefolium* – Asteraceae: estudo fitoquímico, espectrofotométrico e da atividade antifúngica (*Colletotrichum musae*). **Revista Eletrônica de Farmácia**, v. 6, n. 3, 2009.

POOLE, C. F. CHROMATOGRAPHY. **Encyclopedia of Separation Science**. p.40–64, 2000. Elsevier.
RIOS, H. C. S.; PEREIRA, I. R. O.; ABREU, E. S. Avaliação da oxidação de óleos, gorduras e azeites comestíveis em processo de fritura. **Ciência & Saúde**, v. 6, n. 2, p. 118, 2013.

RODRIGUES, M. L. M.; MIZOBUTSI, E. H.; NACARATH, I. R. F. F.; FERNANDES, M. B.; MIZOBUTSI, G. P.; RIBEIRO, R. C. F.; REIS, S. T.; PINHEIRO, J. M. S.; PRATES, P. J. L.; LAGE, G. G. A. Essential Oils in the Control of Anthracnose on ‘Prata Ana’ Banana. **Journal of Agricultural Science**, v. 10, n. 9, p.116-124, 2018.

SALGADO, A. P. S. P.; CARDOSO, M. DAS G.; SOUZA, P. E.; SOUZA, J. A.; ABREU, C. M.; PINTO, J. E. B. P. Avaliação da atividade fungitóxica de óleos essenciais de folhas de Eucalyptus sobre *Fusarium oxysporum*, *Botrytis cinerea* e *Bipolaris sorokiniana*. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 27, n. 2, p. 249–254, 2003.

SANTOS, J. O.; SANTOS, M. R. S.; FERNANDES, A. A.; SOUTO, J. S.; BORGES, M. G. B.; FERREIRA, R. T. F. V.; SALGADO, A. B. Os sistemas alternativos de produção de base agroecológica. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 9, n. 1, p. 01–08, 2013.

SIEBRA, C. A.; NARDIN, J. M.; FLORÃO, A.; ROCHA, F. H.; BASTOS, D. Z.; OLIVEIRA, B. H.; WEFFORT-SANTOS, A. M. Potencial antiinflamatório de *Annona glabra*, Annonaceae. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 19, n. 1A, p. 82–88, 2009.

SILVA, M. B.; NICOLI, A.; COSTA, A. S.; BRASILEIRO, B.G.; JAMAL, C.M.; SILVA, C.A.; PAULA JÚNIOR, T.J.; TEIXEIRA, H. Ação antimicrobiana de extratos de plantas medicinais sobre espécies fitopatogênicas de fungos do gênero *Colletotrichum*. **Revista Brasileira de Plantas Medicinai**s, v. 10, n. 3, p. 57–60, 2007.

SILVA, S. O.; AMORIM, E. P.; DOS SANTOS-SEREJO, J. A.; FERREIRA, C. F.; RODRIGUEZ, M. A. D. Melhoramento genético da bananeira: estratégias e tecnologias; **Revista Brasileira de Fruticultura**. v. 35, n. 3, 2013.

SOARES, M. G. O.; ALVES, E.; FREITAS, A. S.; ALMEIDA, C. A.; COSTA, S. S. Control of anthracnose in banana with cassava starch film associated or not with essential oils. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 15, n. 3, p. 1–9, 2020.

SOLINO, A. J. DA S.; ARAÚJO NETO, S. E. DE; SILVA, A. N. DA; RIBEIRO, A. MARIA A. S. Severidade da antracnose e qualidade dos frutos de maracujá-amarelo tratados com produtos naturais em pós-colheita. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 1, p. 57–66, 2012.

SPECIESLINK. *Specieslink.net/Search*. Disponível em: <https://specieslink.net/>. Acesso em: 26 nov. 2023

SOUZA, R. L.; BRITO, R. S.; MESQUITA, F. R.; SOUZA, M. C.; SILVA, M. C.; ARCHANIO, B. S.; ALVES, W. F. Avaliação da atividade fungitóxica do óleo de copaíba (*Copaifera* spp.) da Amazônia Ocidental contra a antracnose [*Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc.] em mamoeiros (*Carica papaya* L.). **Research, Society and Development**, v. 12, n. 12, p. 1-10, 2023. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v12i12.43960>

THANG, T. D.; DAI, D. N.; HOI, T. M.; OGUNWANDE, I. A. Study on the volatile oil contents of *Annona glabra* L., *Annona squamosa* L., *Annona muricata* L. and *Annona reticulata* L., from Vietnam. **Natural Product Research**, v. 27, n. 13, p. 1232–1236, 2013.

WAGNER, H.; BLADT, S.; ZGAINSKY, E. M. **Plant drug analysis: a thin layer chromatography atlas**. Berlin: Springer-Verlag, 1984.

WEIR, B. S.; JOHNSTON, P. R.; DAMM, U. The *Colletotrichum gloeosporioides* species complex. **Studies in Mycology**, n. 73, p. 115–180, 2012.