

# Composição química, físico-química e atividade antifúngica dos óleos essenciais da flor e do fruto de *Myrcia guianensis* (Aubl.) DC.

Antonio Carlos Pereira de Menezes Filho <sup>[1]</sup>, Wendel Cruvinel de Sousa <sup>[2]</sup>, Carlos Frederico de Souza Castro <sup>[3]</sup>

[1] astronomoamadorgoias@gmail.com. [2] wendelcruvinel@gmail.com. [3] carlosfscastro@gmail.com. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano/Mestrado em Agroquímica, Campus Rio Verde, Rio Verde, Goiás, Brasil.

## RESUMO

*Myrcia guianensis* é uma espécie vegetal encontrada no domínio Cerrado, sendo chamada de “guamirim”. Este trabalho teve como objetivo caracterizar o perfil químico, físico-químico e a atividade antifúngica dos óleos essenciais da flor e do fruto de *M. guianensis*. Flores e frutos foram coletados pela manhã. A extração dos óleos essenciais foi realizada por Clevenger, o rendimento foi determinado em porcentagem, a observação das características cor, aroma e tato foi realizada por análise proximal, a densidade relativa foi aferida por picnômetro, a solubilidade foi determinada em solução hidroetanólica 70%, e o perfil químico foi analisado por cromatografia gasosa com espectrometria de massas acoplada. A análise antifúngica foi realizada em diferentes concentrações de óleo essencial, e a porcentagem de inibição de crescimento foi determinada para *Sclerotinia sclerotiorum*, *Colletotrichum gloeosporioides* e *Aspergillus flavus*. O rendimento de óleo essencial foi de 0,08% e 1,01%, cor incolor e amarelo claro, densidade de 0,906 g mL<sup>-1</sup> e 0,908 g mL<sup>-1</sup>, para flor e fruto, respectivamente. Atividade antifúngica de 70,71% a 100% para *S. sclerotiorum*, 10,55% a 89,91% para *C. gloeosporioides*, 53,32% a 100% para *A. flavus* para o óleo da flor, e de 70,71% a 100% para *S. sclerotiorum*, 12,45% a 100% para *C. gloeosporioides*, e de 8,37% a 25,12% para *A. flavus* para o óleo do fruto. Os óleos essenciais da flor e dos frutos apresentaram importantes resultados químicos e antifúngicos para isolados fúngicos testados.

**Palavras-chave:** Perfil químico. *Myrcia guianensis*. Compostos voláteis. *Sclerotinia sclerotiorum*. *Colletotrichum gloeosporioides*. *Aspergillus flavus*.

## ABSTRACT

*Myrcia guianensis* is a plant species found in the Cerrado domain, being called “guamirim”. This work aimed to characterize the chemical profile, physicochemical and antifungal activity of the essential oils from *M. guianensis* flower and fruit. Flowers and fruits were collected in the morning. Essential oil extraction was carried out by Clevenger, the yield was determined in percentage, the observation of color, aroma and touch was performed by proximal analysis, the relative density was measured by a pycnometer, the solubility was determined in a 70% hydroethanolic solution, and the chemical profile was analyzed by gas chromatography with coupled mass spectrometry. The antifungal activity was performed in different concentrations of essential oil, and the percentage of growth inhibition was determined from *Sclerotinia sclerotiorum*, *Colletotrichum gloeosporioides* and *Aspergillus flavus*. The yield of essential oils varied from 0.08% to 1.01%, colorless and light yellow, density of 0.906 g mL<sup>-1</sup> and 0.908 g mL<sup>-1</sup>, for flower and fruit, respectively. The antifungal activity varied between 70.71% and 100% for *S. sclerotiorum*, 10.55% and 89.91% for *C. gloeosporioides*, and 53.32% and 100% for *A. flavus* by the flower oil, and between 70.71% and 100% for *S. sclerotiorum*, 12.45% and 100% for *C. gloeosporioides* and from 8.37% to 25.12% for *A. flavus*, by the essential oil from fruit. The essential oils of flowers and fruits showed important chemical and antifungal results for isolated tested fungal.

**Keywords:** Chemical profile. *Myrcia guianensis*. Volatile compounds. *Sclerotinia sclerotiorum*. *Colletotrichum gloeosporioides*. *Aspergillus flavus*.

## 1 Introdução

O domínio Cerrado é o segundo maior em área florestal do Brasil, sendo esse ambiente considerado uma savana neotropical sul-americana, e apresenta numerosa quantidade de espécies da flora, com cerca de 11.000 espécies nativas e 4.400 endêmicas (BUENO *et al.*, 2018; MENEZES *et al.*, 2018).

A família Myrtaceae possui ampla distribuição pelo Cerrado, com espécies ricas em óleos voláteis, sendo descritos 140 gêneros e aproximadamente 5.671 espécies, compreendendo três centros de distribuição: na América tropical e nos continentes australiano e asiático (CASCAES *et al.*, 2015; CERQUEIRA *et al.*, 2009).

O gênero *Myrcia* DC. pertence à subtribo Myrciinae, que conta com cerca de 400 espécies encontradas em todo o território brasileiro. Relatos de pesquisa também referem distribuição de algumas espécies em países como Paraguai, Argentina, Bolívia e Peru (STEFANELLO *et al.*, 2010; LIMBERGER *et al.*, 2004).

Os óleos essenciais (OEs) são uma mistura de compostos químicos monoterpênicos, sesquiterpênicos e fenilpropanoides (CASCAES *et al.*, 2015), com inúmeras atividades biológicas. O gênero *Myrcia* já conta com importantes estudos que relatam ações antioxidantes, antifúngicas, antibacterianas, adstringentes, diuréticas, anti-hemorragicas, anti-inflamatórias, anti-hipertensivas, antiulcerosas e no tratamento de diabetes *mellitus* (VOGADO *et al.*, 2016; ALVES *et al.*, 2016; ROSA *et al.*, 2016; LIMBERGER *et al.*, 2004). Outros trabalhos demonstram ação citotóxica sobre as larvas de *Aedes aegypti*, apresentando também modelo de toxicidade em *Artemia salina* com óleo essencial das folhas de *Myrcia sylvatica* (ROSA *et al.*, 2016).

Nos estudos de Cerqueira *et al.* (2007), os pesquisadores encontraram, nos OEs das folhas, flores e frutos de *M. myrtifolia*, os compostos majoritários  $\alpha$ -pineno,  $\alpha$ -terpineol e  $\beta$ -cariofileno. Zoghbi *et al.* (2003) acharam, nos OEs de *M. bracteata* (Rich.) DC., *M. cuprea* e *M. sylvatica* (G. Mey.) DC., os compostos mirceno, (*E*)-nerolidol, (*E*)- $\beta$ -farneseno, espatulenol,  $\beta$ -cariofileno, germacreno D, selin-11-en-4- $\alpha$ -ol e *Cis*-calameneno. No OE das folhas de *M. acuminatissima* O. Berg, *M. bombycina* (O. Berg) Kiaersk., *M. fallax*, *M. glabra* (O. Berg) D. Legrand e *M. multiflora*, foram identificados os compostos linalol,  $\alpha$ -pineno, germacreno D,  $\beta$ -cariofileno,  $\alpha$ -bisabolol e selineno (HENRIQUES *et al.*, 1997). Já o OE de *M. cuprea* (O. Berg) Kiaersk. apresenta o (*E*)-nerolidol como composto majoritário (GOTTLIEB *et al.*, 1981).

A espécie *Myrcia guianensis* (Aubl.) DC. é conhecida popularmente como “guamirim” (VOGADO *et al.*, 2016).

Os indivíduos de *M. guianensis* têm porte semiarbusivo; as folhas simples, opostas e coriáceas; as flores brancas, em panículas terminais ou auxiliares, com aroma; os frutos consistentes, em bagas globulares de coloração vermelha a roxa e leve aroma (VOGADO *et al.*, 2016; STAGGEMEIER *et al.*, 2015).

Como observado, há vários estudos avaliando a composição química dos OEs em diversas espécies de *Myrcia*, mas há poucos estudos avaliando a composição química dos OEs das inflorescências e dos frutos de *M. guianensis* (CERQUEIRA *et al.*, 2009).

Inúmeros fungos fitopatológicos, como o *Sclerotinia sclerotiorum*, o *Colletotrichum gloeosporioides* e o *Aspergillus flavus*, causam sérios problemas agrícolas todos os anos, ocasionando perda considerável de produção (SILVA *et al.*, 2018; DA SILVA *et al.*, 2018; SANTOS *et al.*, 2014).

O uso intensificado de fungicidas sintéticos em lavouras e na fruticultura ocorre durante todo o ano, sendo aplicados até três vezes, principalmente em pomares, no período de florescimento até a frutificação. Essa prática favorece o desenvolvimento de formas fúngicas resistentes, bem como a contaminação do solo, da água e do ar, e prejudica o desenvolvimento das formas de vida, principalmente dos insetos polinizadores (DA SILVA *et al.*, 2018).

Com isso, este estudo teve por objetivo avaliar a composição química, físico-química e a atividade antifúngica dos óleos essenciais da flor e do fruto de *Myrcia guianensis*.

## 2 Referencial teórico

A família Myrtaceae é composta por 5.671 espécies distribuídas em 140 gêneros, apresentando três grandes centros de dispersão: América do Sul, Austrália e Ásia tropical (CASCAES *et al.*, 2015; FRANCO *et al.*, 2015). No Brasil, essa família é uma das mais abrangentes, com 23 gêneros e 1.034 espécies, distribuídas em todos os biomas, inclusive no domínio Cerrado (CASCAES *et al.*, 2015; GOVAERTS *et al.*, 2014). Todos os representantes nativos do Brasil pertencem à subfamília Myrtoideae, representada no país por apenas uma tribo, Myrteae, que se divide em três subtribos: Eugeniinae, Myciinae e Myrtinae (LIMBERGER *et al.*, 2004).

O gênero *Myrcia* possui inúmeras espécies com alto potencial e significativo interesse para o Brasil, entretanto ainda pouco se conhece sobre as espécies de Myrtaceae (BANHOS *et al.*, 2014). Alguns estudos analisam espécies com potencial fitoterapêutico, bem como para o uso como plantas ornamentais, para o

extrativismo madeireiro e para a produção alimentícia a partir dos frutos, que, em algumas espécies, são comestíveis (JORGE; AGUIAR; SILVA, 2000).

Algumas espécies de *Myrcia* se destacam como agentes promotores de atividades de grande importância farmacêutica, biológica e agrícola: é o caso de *M. puniceifolia*, *M. uniflora*, *M. citrifolia*, *M. multiflora*, *M. guianensis*, *M. tomentosa*, *M. salicifolia*, *M. paivae*, *M. speciosa*, *M. amazonica*, *M. sylvatica* e *M. sphaerocarpa*, que apresentam importantes ações biológicas a partir dos constituintes químicos isolados do metabolismo secundário, com ações alelopáticas e fitotóxicas, e tônicas durante a gravidez e no tratamento de diabetes, pelos extratos foliares e OEs e com a presença dos ácidos gálico e protocatecuico (FRANCO *et al.*, 2015; IMATOMI *et al.*, 2013; NASCIMENTO; MARENCO, 2013).

As espécies *M. uniflora* e *M. bracteata* possuem ação fitoterapêutica antidiarreica e anti-hemorrágica e são utilizadas nos tratamentos de aftas e dispepsia (CASCAES *et al.*, 2015). A espécie *M. ovata* é usada no tratamento de doenças gástricas (CÂNDIDO *et al.*, 2010). Para *M. fallax*, estudos demonstraram excepcional atividade anticarcinogênica em células do tipo KB (LIMBERGER *et al.*, 2004). Já *M. citrifolia* e *M. sphaerocarpa* apresentam boa eficiência com ações hipoglicemiante, diurética, hipotensora e antagonista da bradicinina (MORS; GRUNE, 1978), e as espécies *M. ovata* e *M. acris*, importante atividade antifúngica e antibacteriana (DE JESUS *et al.*, 2016).

Foco deste estudo, a espécie *M. guianensis* possui distribuição heterogênea em todo o território brasileiro. O OE extraído de suas folhas demonstrou eficácia como inibidor de germinação da espécie *Mimosa pudica* (malícia) no estudo de Souza Filho *et al.* (2006).

O *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary é um fungo ascomiceto necrotrófico que causa sérios danos em numerosos cultivares agrícolas no mundo, atingindo mais de 450 espécies de plantas (ANDRADE *et al.*, 2016). Entre os produtores rurais e os especialistas em culturas, o mofo-branco, como é conhecido, representa perdas superiores a 10 milhões de dólares ao ano, ou cerca de 270 milhões de toneladas de grãos comercializados e beneficiados (RAJAN *et al.*, 2018).

O *Colletotrichum gloeosporioides sensu lato* (s. l.) é popularmente conhecido entre os citricultores por antracnose, sendo classificado como um ascomiceto e cosmopolita (PARDO-DE LA HOZ *et al.*, 2016). O gênero *Colletotrichum* inclui número importante de fitopatógenos que atacam principalmente legumes, cereais e frutas, principalmente cítrus, em todo o mundo (PARDO-DE LA HOZ *et al.*, 2016). Frutos da bananeira

(*Musa* sp) apresentam grandes índices de infestação, que causa o apodrecimento (podridão negra) do fruto (RIERA *et al.*, 2019; RAMOS *et al.*, 2016).

Outro gênero importante de fungos é o *Aspergillus*, que produz micotoxinas como a aflatoxina. A aflatoxina é extremamente tóxica, estando relacionada a atividades carcinogênica e teratogênica em humanos e animais que se alimentam de grãos e rações feitas a partir de grãos contaminados (BHATNAGAR-MATHUR *et al.*, 2015). Colônias de *A. flavus* possuem coloração natural amarelada. O desenvolvimento torna-se mais acentuado em períodos de ondas de calor e tempo seco, ocasionando acelerado crescimento fúngico e consequente deterioração dos grãos armazenados (BHATNAGAR-MATHUR *et al.*, 2015).

Animais e humanos que recebem alimentação à base de grãos contaminados podem apresentar perda de massa corpórea, como ocorre em pacientes com doenças imunossupressoras como AIDS, que apresentaram taxas de aumento de células TCD4 e distúrbios acelerados de desnutrição devido à deficiência proteica (WILLIAMS *et al.*, 2004).

### 3 Método da pesquisa

O material vegetal foi coletado entre os meses de outubro e novembro de 2019. As flores e frutos de *M. guianensis* foram coletados pela manhã, entre as 6 e as 8 horas. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos de cor preta e enviadas para o Laboratório de Química Tecnológica no IF Goiano, Campus Rio Verde, Goiás, Brasil. A localização geográfica da área de coleta foi georreferenciada nas seguintes coordenadas: 17°30'53.65''S 50°42'10.6''W, 17°52'50.7''S 50°44'53.1''W e 17°59'14.1''S 50°44'21.0''W.

O espécime de *M. guianensis* foi coletado em área de preservação permanente, que apresentava fitofisionomia Cerradão, e identificado pela professora Dr<sup>a</sup>. Luzia Francisca de Souza. Após a identificação, uma exsicata foi herborizada e depositada no Herbário do IF Goiano com o seguinte número de registro HRV: 1114b.

Para a extração do OE, alíquotas de 100 g de flores e frutos foram pesadas em triplicata separadamente. Em seguida, foram processadas em processador (Philco, Mod. PH900) com 500 mL de água destilada. As soluções foram transferidas para conjuntos de sistema tipo Clevenger com balões de 2.000 mL. O sistema permaneceu em refluxo por 4 horas para ambas as amostras. O hidrolato foi recolhido e separado por congelamento. O sobrenadante foi recolhido e mantido em frasco âmbar refrigerado a -4 °C em freezer. Em seguida, a massa do OE foi determinada em balança

analítica digital (Marte, Mod. W220), e o rendimento foi determinado em porcentagem. A cor, o odor e o tato foram observados por análise proximal (visual e tato).

A densidade relativa foi determinada em picnômetro de 1 mL a 20 °C, conforme metodologia descrita por Alarcón, Conde e Méndez (2019). Os resultados foram expressos em g mL<sup>-1</sup>. Para verificar a solubilidade, foi utilizada solução hidroetanólica 70% (v/v) em tubo Eppendorf (Gene) de 2 mL. Foram adicionados 100 µL da solução hidroetanólica 70% e 2 µL de OE. Em seguida, o tubo foi agitado a 100 rpm em Vortex (Fanem, Mod. 251) por 5 minutos, conforme metodologia de Alarcón, Conde e Méndez (2019).

A análise dos constituintes químicos do OE da flor e do fruto de *M. guianensis* foi realizada em sistema de cromatógrafo a gás acoplado a espectrômetro de massas sequencial (CG-EM), equipado com autoinjeter (Combi PAL Shimadzu), coluna Restek Rtx-5ms (30 m x 0,250 mm x 0,25 µm) fundida com sílica, e espectrômetro de massas sequencial (Shimadzu) e detector por ionização por impacto eletrônico (II) (70 eV). A temperatura inicial foi mantida em 60 °C por 3 minutos, seguindo-se um acréscimo de 3 °C min<sup>-1</sup> até atingir 200 °C, e posteriormente foi programada para aumento de temperatura de 15 °C min<sup>-1</sup> até 280 °C, permanecendo nessa temperatura por mais 1 minuto.

As temperaturas do injeter e do detector foram de 230 °C e 300 °C. A análise foi realizada utilizando gás hélio como carreador, com pressão de injeção de 57,4 KPa, faixa de detecção do espectrômetro de massas 43-550 m/z, *start time* 3 minutos e fluxo de 3 mL min<sup>-1</sup>. A identificação dos componentes do OE foi baseada no índice de retenção linear (Índice de Kovats) (IK) calculado em relação aos tempos de retenção da série homóloga de *n*-alcanos (C-07 a C40) (Sigma-Aldrich) e na fragmentação baseada nos espectros de massas, por comparação com a literatura (ADAMS, 2007) e com a espectroteca do CG-EM (versão Nist 11).

A atividade antifúngica foi observada utilizando isolados de *Sclerotinia sclerotiorum* AWT 12, *Colletotrichum gloeosporioides* AT01 e *Aspergillus flavus* AY07, mantidos em meio BDA (batata, dextrose, ágar) (Kasvi). As cepas foram doadas pelo Laboratório de Produtos Naturais e mantidas no banco micológico do Laboratório de Química Tecnológica do IF Goiano, Campus Rio Verde, Goiás, Brasil. A atividade antifúngica dos OEs de *M. guianensis* foi avaliada através de diferentes concentrações, partindo de 100 (óleo puro); 50; 25; 12,5; 6,25; 3,13 e 1,56 µL mL<sup>-1</sup>, diluídas

em dimetilsulfóxido (DMSO) (Vetec, P.A. – ACS, pureza 99,7%). Como controle negativo, utilizou-se a testemunha (ausência de OE) e DMSO, e como controle positivo, fungicida Frowncide® 500 SC (ISK) (Fluazinam), na concentração pré-determinada de 10 µL mL<sup>-1</sup>.

As concentrações dos OEs foram adicionadas ao meio de cultura BDA após esterilização e resfriamento, bem como aos tratamentos com fungicida comercial e com DMSO. Após solidificação do meio, em câmara de fluxo laminar (Generaled, Mod. PCR T2 ECO), foi depositado um disco (7 mm de diâmetro) de micélio para cada isolado separadamente de *S. sclerotiorum*, *C. gloeosporioides* e *A. flavus*, foi depositado no centro de placas de Petri com 10 cm de diâmetro. Em seguida, as placas de Petri foram incubadas em estufa bacteriológica (SSD, Mod. 40L) nas temperaturas de 20 °C, 23 °C e 25 °C, respectivamente, conforme descrito por Garcia *et al.* (2012), Bagherabadi *et al.* (2018) e Hu *et al.* (2017), com adaptações.

A avaliação consistiu em medições diárias do diâmetro das colônias, por meio de um paquímetro digital (Digimess, Mod. 100.174) 150 mm, com resolução de 0,01 mm, iniciadas 24 horas após o início da incubação e encerradas quando as colônias fúngicas do tratamento testemunha cobriram completamente a área interna da placa de Petri. A determinação do percentual de inibição de crescimento (PIC) foi realizada conforme proposto por Garcia *et al.* (2012). A equação utilizada foi

$$\text{PIC} = (\text{DTT} - \text{DTQ}) / \text{DTT} * 100 \quad (1)$$

onde: PIC = percentual de inibição de crescimento; DTT = diâmetro no tratamento testemunha; DTQ = diâmetro no tratamento químico.

A determinação do rendimento de extração do OE e da atividade antioxidante foi realizada em triplicata, e em quadruplicata para a atividade antifúngica, seguida de desvio padrão (±). Para a determinação da diferença estatística ( $p \leq 0,05$ ), foram utilizados os testes de Tukey e Scott-Knott 5%. O *software* estatístico utilizado foi o PAST 3 (versão livre, 3.22, 2019).

## 4 Resultados da pesquisa

Na Figura 1 (próxima página), está apresentado um indivíduo de *M. guianensis* em ambiente natural de Cerrado *sensu restrito*, no município de Rio Verde, Goiás, Brasil, coletado em 2019.

**Figura 1** – Indivíduo de *M. guianensis* em período de floração em formação de Cerradão, GO, Brasil



Fonte: Acervo dos autores

No estado de Goiás, Brasil, a espécie *M. guianensis* floresce entre outubro e novembro, período que coincide com as chuvas, com produção de frutos entre dezembro e janeiro.

Os OEs da flor e do fruto de *M. guianensis* apresentaram, respectivamente, coloração incolor e amarelo claro e rendimentos de extração iguais a 0,08% e 1,01%. Stefanello *et al.* (2010) obtiveram OE incolor e média de rendimento de 0,01% para o OE da flor de *M. obtecta*. Em outro estudo, realizado por Cerqueira *et al.* (2009), avaliando a espécie *M. salzmannii*, os pesquisadores não conseguiram quantificar o rendimento de OE extraído das flores.

A densidade relativa foi de 0,906 g mL<sup>-1</sup> e 0,908 g mL<sup>-1</sup> a 20 °C, e a solubilidade foi positiva para ambas as amostras dos OEs da flor e do fruto de *M. guianensis*. Alarcón, Conde e Méndez (2019) avaliaram o OE de *Eucalyptus globulus* em dois processos de extração por Clevenger assistidos por ultrassom, nos quais obtiveram densidades de 0,901 g mL<sup>-1</sup> e 0,905 g mL<sup>-1</sup> a 20 °C e solubilidade positiva, similar ao observado neste estudo.

Na Tabela 1, está apresentada a composição química dos OEs da flor e do fruto de *M. guianensis*, avaliada por CG-EM.

Para os OEs da flor e do fruto de *M. guianensis*, foram identificados 38 e 19 compostos, respectivamente. Os compostos majoritários foram salicilato de metila (5,19%), geraniol (7,00%), metil eugenol (20,27%) e valenceno (6,75%), para o OE da flor, e silvestreno (11,57%), valenceno (10,63%), germacreno B (8,81%), cubenol (7,48%), *p*-cimeno (9,69%) e acetato de farnesila (10,29%), para o OE do fruto.

**Tabela 1** – Perfil químico dos óleos essenciais da flor e do fruto de *Myrcia guianensis* por CG-EM, coletados em 2019, em Goiás, Brasil.

Compostos	IR <sub>lit</sub>	Flor (%)	Fruto (%)
4-hidróxi-4-metil-2-pentanona	721	-	0,99
Triciclono	922	921	1,70
Canfeno	-	956	-
$\beta$ -mirceno	-	984	-
<i>p</i> -cimeno	1018	1021	0,03
Limoneno	-	1025	-
Silvestreno	-	1035	-
(Z)- $\beta$ -Ocimeno	1035	-	0,33
Terpinoleno	1083	-	1,11
Linalool	1096	1089	1,80
$\alpha$ -terpineol	1185	-	0,11
Salicilato de metila	1191	-	5,19
Mirtenol	-	1192	-
Nerol	1227	-	0,19
Geraniol	1249	-	7,00
Acetato de geraniol	1379	-	2,28
$\alpha$ -copaeno	1375	1378	1,08
Metil eugenol	1403	-	20,27
Cariofileno E	1417	-	2,68
$\alpha$ -Trans-bergamoteno	1434	-	0,32
$\alpha$ -guaieno	1437	-	3,47
Aromadendreno	1440	-	0,16
Allo-aromadendreno	1458	1455	1,11
$\gamma$ -muuroloeno	1477	-	1,66
Germacreno D	-	1485	-
$\beta$ -selineno	1486	-	2,11
Aristoloqueno	1487	-	2,80
Valenceno	1496	1489	6,75
$\alpha$ -muuroloeno	1501	-	0,59
$\delta$ -amorpheno	1510	-	2,29
$\gamma$ -cadieno	-	1511	-
$\delta$ -cadieno	-	1522	-
Trans-caina-1,4-dieno	1533	-	1,05
$\alpha$ -cadineno	1536	-	1,69
$\alpha$ -Epi-Muurolool	-	1641	-
Germacreno B	-	1545	-
Trans-dauca-4(11),7-dieno	1556	-	1,62
Espatuleno	1577	-	3,51
Globulol	1590	-	1,02
Viridiflorol	1592	-	2,35
Rosifoliol	1601	-	4,00
Junenol	1617	-	0,05
$\beta$ -acorenol	-	1627	-
Sesquilandulol E	1632	-	1,49
$\alpha$ -Epi-cadinol	1638	-	1,04
Cubenol	-	1647	-
$\beta$ -Epi-bisabolol	1670	-	0,56
2,3-dihidro-farnesol	1689	-	0,12
$\alpha$ -sinensal	1754	-	4,55
Acetato de farnesila	-	1778	-
Abieta-8, 12-dieno	2022	-	2,33
Total identificado		99,59	86,09

Legenda: IR<sub>lit</sub>: índice de retenção da literatura; (Flor e Fruto) = AR%: área relativa (área relativa do pico em relação à área total do pico no cromatograma de CG-EM) dos OEs das flores e dos frutos de *M. guianensis*. Fonte: Dados da pesquisa

O OE da flor demonstrou ser rico em compostos voláteis. O mesmo foi observado por Menezes Filho *et al.* (2019), que avaliaram o OE das flores de *M. guianensis* coletadas em uma área de fitofisionomia de Cerrado ralo. No perfil químico apresentado no estudo, os pesquisadores descreveram a presença de 42 compostos, apresentando as classes dos monoterpenos oxigenados e dos sesquiterpenos hidrocarbonados como majoritários.

Ainda comparando o estudo de Menezes Filho *et al.* (2019) com este estudo, avaliando a mesma espécie e o mesmo órgão vegetal, podemos constatar que os compostos dos OEs variaram dentro da espécie em áreas relativamente próximas, entretanto, com diferentes fitofisionomias de Cerrado.

De acordo com Schindler, Da Silva e Heinzmann (2018) e com Lopes (2008), fatores ambientais como sazonalidade, variação de temperatura, disponibilidade de água, radiação solar, nutrientes disponíveis no solo, altitude, entre outros, podem ser caracterizados como fatores de grande importância na composição química dos OEs. Aqui sugerimos também que a fitofisionomia influencia consideravelmente a constituição do perfil químico.

Stefanello *et al.* (2010) avaliaram o OE da flor de *M. obtecta*, que apresentou constituição química quase que exclusivamente de salicilato de metila (88,2%). Em *M. fallax*, Alarcón *et al.* (2009) encontraram os compostos  $\alpha$ -pineno (6,0%), guaiol (27,5%) e aristoleno (24,5%) como compostos majoritários para o OE das flores. Já no estudo realizado por Cerqueira *et al.* (2009), os pesquisadores encontraram, no OE das flores de *M. salzmannii*, 28 compostos voláteis, sendo 5 com maior concentração, entre eles  $\beta$ -cariofileno (13,8%) e  $\alpha$ -humuleno (10,9%).

Já quanto à constituição química dos frutos do gênero *Myrcia*, Stefanello, Pascoal e Salvador (2011) encontraram no fruto verde de *M. laruotteana* os seguintes compostos: espatulenol (5,4%), globulol (6,3%), óxido de  $\alpha$ -bisabolol B (11,5%),  $\alpha$ -bisabolol (23,6%) e (2E, 6E)-metil farnesoato (5,8%). Em estudo realizado por Cerqueira *et al.* (2007), os pesquisadores encontraram, para o OE do fruto de *M. myrtifolia*, 88,1% do total de 100% somente do composto volátil  $\alpha$ -pineno.

Alguns compostos químicos de OEs, estudados separadamente, apresentaram importantes ações, como o 1,8-cineol, o cariofileno E e o  $\alpha$ -humuleno, com atividades anti-inflamatória, antitumoral, gastroprotetora, bactericida e fungicida (ALVES, 2017; FERNANDES *et al.*, 2007); o espatulenol, com atividade moluscicida (TORRES; WISNIEWSKI

JÚNIOR, SIMIONATTO, 2010); a atividade antioxidante promovida pelos monoterpenos (SOUZA *et al.*, 2007); atividades antifúngica e antibacteriana, promovidas pelos compostos germacreno D e muuroleno (ALVES, 2012); o salicilato de metila na preservação de frutas (EDAGI *et al.*, 2011), bem como na ação antimicrobiana (ARAÚJO *et al.*, 2004) e como larvicida (NOVELINO; DAEMON; SOARES, 2007); o geraniol, com ação antibacteriana, sendo também utilizado na bioengenharia (LIU *et al.*, 2016); o eugenol, no tratamento de mieloperoxidase (BODELL *et al.*, 1998); o aristoloqueno, no uso em expressão de alto nível para *Escherichia coli* e *Aspergillus terreus* (CANE; KANG, 2000); o composto citral, que é uma mistura de dois monoterpenos aldeídos acíclicos isoméricos (geraniol (*Trans*-citral, citral A) e neral (*Cis*-citral, citral B)), possui aroma característico do limão e é empregado nas indústrias de perfumaria, cosmética e alimentícia, na aromatização de sorvetes, bebidas lácteas e refrigerantes; e o composto *Abieta*-8, 12-dieno, empregado como agente bactericida e fungicida (ALVES, 2017; BRITO *et al.*, 2015).

As flores e os frutos maduros de *M. guianensis* apresentam aroma suave, tendo sido observada neste estudo, durante as coletas, a presença de abelhas do gênero *Apis*, como polinizadoras (CSEKE; KAUFMAN; KIRAKOSYAN, 2007). São poucos os dados científicos avaliando a composição química de OEs de flores do gênero *Myrcia*; ao contrário, já há vários trabalhos avaliando os OEs das folhas, dos galhos finos e, em menor quantidade, dos frutos (SILVA; UETANABARO; LUCCHESI, 2013; CERQUEIRA *et al.*, 2009).

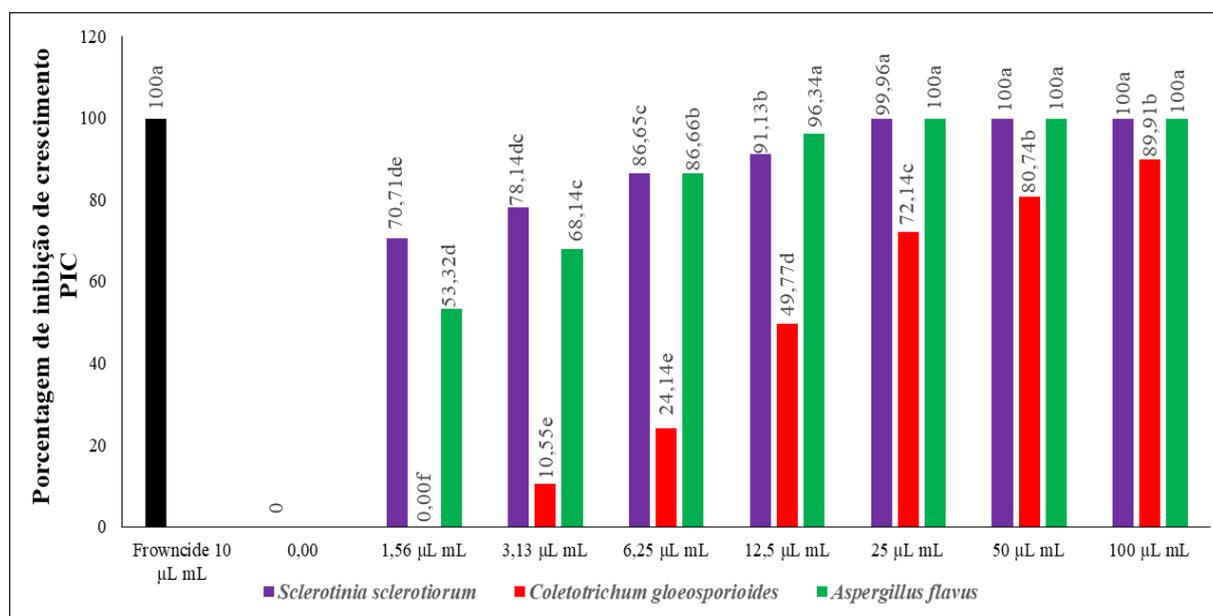
Neste estudo, pôde-se observar que tanto as flores como os frutos de *M. guianensis* apresentaram importantes compostos que podem ser utilizados como novas fontes naturais em inúmeros processos industriais. Novos estudos devem ser elaborados avaliando os OEs de *M. guianensis* no desenvolvimento e produção de fitofármacos na indústria farmacêutica, na cosmetologia, na indústria biotecnológica, na formulação de inseticidas, fungicidas, moluscicidas e larvicidas, na indústria de insumos agrícolas e também na indústria de alimentos como possíveis preservantes naturais, bem como na manutenção da integridade dos produtos perecíveis como frutas, carnes e laticínios, evitando a oxidação.

Na Figura 2, estão apresentados os resultados da atividade antifúngica do OE da flor de *M. guianensis* em percentagem de inibição de crescimento dos isolados agrícolas *S. sclerotiorum*, *C. gloeosporioides* e *A. flavus*.

Observa-se, na Figura 2, alta eficiência na inibição de crescimento de *S. sclerotiorum*, *C. gloeosporioides* e *A. flavus* nas maiores concentrações – 12,5; 25; 50 e 100  $\mu\text{L mL}^{-1}$ , em especial para *S. sclerotiorum* e *A. flavus*, com 100% de inibição micelial nas concentrações 50  $\mu\text{L mL}^{-1}$  e 100  $\mu\text{L mL}^{-1}$ , seguidos de *C. gloeosporioides*, que teve entre 80,74% e 89,91% de inibição de crescimento nas concentrações de 50 e 100  $\mu\text{L mL}^{-1}$  para o OE da flor de *M. guianensis*. Pode-se observar, ainda, que as cepas de *S. sclerotiorum* e *A.*

*flavus* são altamente sensíveis a todas as concentrações; entretanto, o mesmo não foi observado para *C. gloeosporioides*, que apresentou maior resistência de inibição mesmo na presença de OE puro, na concentração máxima 100  $\mu\text{L mL}^{-1}$ , e não teve inibição micelial na menor concentração (1,56  $\mu\text{L mL}^{-1}$ ).

**Figura 2** – Porcentagem de inibição de crescimento micelial (PIC) frente aos isolados de *S. sclerotiorum*, *C. gloeosporioides* e *A. flavus* pelo OE da flor de *M. guianensis*



Letras diferentes apresentam diferença estatística pelo teste de Scott-Knott 5%.

Fonte: Elaborada pelos autores

Houve a formação de três grupos que apresentaram diferença significativa pelo teste de Scott-Knott 5%, para o isolado de *S. sclerotiorum*. Para *A. flavus*, foram observados quatro grupos com significância estatística

pelo teste adotado, e para *C. gloeosporioides* foram observados seis grupos – para este último, todas as concentrações apresentaram diferença significativa pelo teste de Scott-Knott 5%. O OE da flor em diferentes concentrações apresentou bons resultados de PIC quando comparado ao modelo antifúngico comercial sintético Frowncide® na concentração usual de 10  $\mu\text{L mL}^{-1}$ , que apresentou PIC de 100%.

Todas as concentrações mostraram ser eficientes na inibição de crescimento micelial de *S. sclerotiorum* e *A. flavus* em comparação ao fungicida comercial; mesmo nas mais baixas concentrações, o OE da flor de *M. guianensis* demonstrou ser um forte candidato para novos testes em casas de vegetação e em campo. Já

para *C. gloeosporioides*, a eficiência deve prevalecer nas três maiores concentrações.

Como pôde ser observado, as espécies não domesticadas apresentam floração anual, sendo interessante o estudo futuro dos compostos isolados do OE para possível síntese orgânica para a produção em larga escala de um fungicida com características naturais.

Estudos semelhantes foram propostos, como o de Xavier *et al.* (2016), que avaliaram o OE das folhas de *Cardiopetalum calophyllum* frente ao isolado de *S. sclerotiorum* e obtiveram boa eficiência de PIC nas maiores concentrações (150, 200 e 300  $\mu\text{L mL}^{-1}$ ), com resultados de 72,84%, 81,33% e 87,63% de inibição de crescimento micelial, respectivamente.

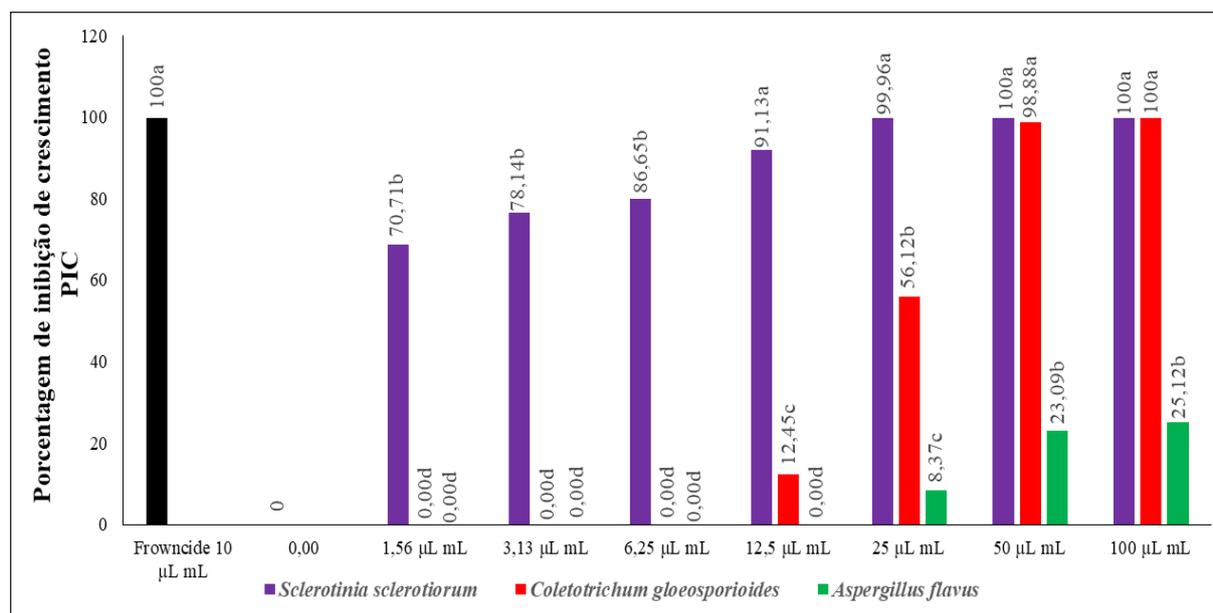
Souza Júnior, Sales e Martins (2009) avaliaram OEs de alecrim-pimenta, alfavaca-cravo, capim-santo e cidrão e obtiveram resultados de 100% de inibição nas concentrações entre  $1 \mu\text{L mL}^{-1}$  e  $10 \mu\text{L mL}^{-1}$ , e para o OE de goiaba, inibições entre 44% e 69% nas mesmas concentrações para o isolado de *C. gloeosporioides*.

Ainda, Alves *et al.* (2016) avaliaram a inibição micelial de *Lasiodiplodia theobromae* em diferentes concentrações do OE de *M. lundiana* e obtiveram melhores resultados de PIC nas maiores concentrações –  $10 \mu\text{L mL}^{-1}$ ,  $5 \mu\text{L mL}^{-1}$  e  $1 \mu\text{L mL}^{-1}$  –, com resultados de 100% de efetividade. Nas menores concentrações,

de  $0,5 \mu\text{L mL}^{-1}$  e  $0,1 \mu\text{L mL}^{-1}$ , alcançaram resultados entre 100% e 65,2% para o OE das folhas.

Na Figura 3, estão apresentados os resultados de atividade antifúngica do OE do fruto de *M. guianensis* em diferentes concentrações frente aos isolados de *S. sclerotiorum*, *C. gloeosporioides* e *A. flavus*.

**Figura 3** – Porcentagem de inibição de crescimento micelial frente aos isolados de *S. sclerotiorum*, *Colletotrichum gloeosporioides* e *Aspergillus flavus* pelo OE do fruto de *M. guianensis*



Letras diferentes apresentam diferença estatística pelo teste de Scott-Knott 5%.

Fonte: Elaborada pelos autores

Observa-se, na Figura 3, a formação de dois, quatro e três grupos para os isolados de *S. sclerotiorum*, *C. gloeosporioides* e *A. flavus* com diferença significativa pelo teste de Scott-Knott 5%. As melhores taxas de

PIC foram obtidas nas concentrações 12,5; 25; 50 e  $100 \mu\text{L mL}^{-1}$  para *S. sclerotiorum*, 50 e  $100 \mu\text{L mL}^{-1}$  para *C. gloeosporioides* e 50 e  $100 \mu\text{L mL}^{-1}$  para *A. flavus*, sendo os resultados para este fungo discretos. Entretanto, os compostos do OE do fruto não demonstraram efetiva PIC para o isolado de *A. flavus*, que apresentou, neste estudo, alta resistência à inibição em todas as concentrações. Resultados diferem quando comparados ao OE da flor (Figura 2), que revelou alta

eficiência de PIC para *A. flavus*. Pode-se sugerir que os compostos metil eugenol e geraniol possuem atividade fungistática em *A. flavus*.

A cepa de *S. sclerotiorum* possui alta sensibilidade a todas as concentrações, mesmo às mais baixas (1,56; 3,13 e  $6,25 \mu\text{L mL}^{-1}$ ), com PIC de 70,71%, 78,14% e 86,65%, respectivamente. Entretanto, quando comparadas pelo teste de Scott-Knott 5%, não há diferença significativa entre as três concentrações.

O OE dos frutos de *M. guianensis* demonstrou ser uma ótima opção como agente antifúngico para os isolados de *S. sclerotiorum* e *C. gloeosporioides* – para este último, apenas nas duas maiores concentrações –, equiparável ao resultado do fungicida de referência.

Silva *et al.* (2018) verificaram a eficiência de inibição micelial em *S. sclerotiorum* usando OE das folhas de *Psidium guajava* em dois períodos de coleta, e obtiveram resultados, para as concentrações 100, 200 e 300  $\mu\text{L mL}^{-1}$ , respectivamente, de 77,5%, 90,8% e 94,9%, para o período de janeiro, e de 80,0%, 90,0% e 93,4%, para o período de julho. Já Silva *et al.* (2009) estudaram os OEs de *Lippia sidoides*, *Ocimum gratissimum*, *Lippia citriodora*, *Psidium guajava*, *Psidium guayava*, *Cymbopogon citratus* e *Rosmarinus officinalis*, e obtiveram 100% de inibição de germinação de esporos de *C. gloeosporioides*.

Martinazzo, Oliveira e Teodoro (2019) obtiveram boa eficiência de inibição micelial em *A. flavus* nas concentrações 0,6; 0,8 e 1,0  $\mu\text{L mL}^{-1}$  de OE de *C. citratus*, com PIC entre 100% e 34% em diferentes avaliações diárias, partindo do 1º ao 10º dia. O menor PIC foi observado nas concentrações 0,2 e 0,4  $\mu\text{L mL}^{-1}$ . Já Alves (2017) obteve, em todas as concentrações avaliadas de *L. theobromae*, PIC de 100%.

Possivelmente os altos índices de eficiência dos OEs das flores e frutos de *M. guianensis* podem ser explicados pelo sinergismo, bem como pelos teores dos compostos majoritários em ambos os OEs. O mesmo é discutido no estudo de Xavier *et al.* (2016), que afirmaram haver alta probabilidade de a eficiência inibitória estar ligada ao quesito sinergismo, visto que os investigadores não isolaram os compostos majoritários nem os minoritários.

## 5 Considerações finais

Os OEs das flores e dos frutos de *M. guianensis* apresentaram bom rendimento de extração, características físico-químicas equiparáveis a outros OEs do gênero *Myrcia* e alta variabilidade de compostos voláteis, com maiores teores de metil eugenol, valenceno e acetato de farnesila.

Em especial, o OE da flor mostrou-se como uma ótima opção de agente antifúngico para os isolados testados. Já quanto ao OE do fruto, o isolado de *A. flavus* demonstrou ser altamente resistente às dosagens de OE testadas. Trabalhos futuros deverão ser realizados avaliando os OEs isolados *in vitro* em escala laboratorial, e *in vivo* quanto à atividade antifúngica e fungistática em casas de vegetação e em campo.

## AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde; à Universidade Federal de Jataí, Campus Jatobá; aos Herbários Jataiense e do IF Goiano; à Universidade Federal de Goiás, Campus Samambaia; aos laboratórios de Botânica, Sistemática Vegetal, Química Tecnológica, Química Orgânica, Química Geral, Química de Produtos Naturais e Bioensaios e Biomoléculas; aos órgãos de fomento em pesquisa CAPES, CNPq, FINEP e FAPEG, esse último pela bolsa de mestrado em Agroquímica para o primeiro autor.

## REFERÊNCIAS

- ADAMS, R. P. **Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry**. 4th. ed. Carol Stream, Illinois, EUA: Allured Pub. Corp., 2007.
- ALARCÓN, L. D. *et al.* Composition and antibacterial activity of the essential oil of *Myrcia fallax* (Rich.) DC. from Venezuela. **Revista de la Sociedad Química del Perú**, v. 75, n. 2, p. 221-227, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v75n2/a09v75n2.pdf>. Acesso em: 11 set. 2020.
- ALARCÓN, M. E. T.; CONDE, C. G.; MÉNDEZ, G. L. Extracción, caracterización y actividad antioxidante del aceite esencial de *Eucalyptus globulus* Labill. **Revista Cubana de Farmacia**, v. 52, n. 1, p. e266, 2019. Disponível em: <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=93927>. Acesso em: 11 set. 2020.
- ALVES, E. **Diversidade arbórea e potencial de produção de óleo essencial de Eugenia uniflora L. e Myrcia multiflora (Lam.) DC. no município de Turvo-PR**. 2012. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, PR, 2012. Disponível em: [https://unicentroagronomia.com/destino\\_arquivo/edivando\\_dissertacao.pdf](https://unicentroagronomia.com/destino_arquivo/edivando_dissertacao.pdf). Acesso em: 11 set. 2020.
- ALVES, M. F. **Estudo fitoquímico, genético e atividade antifúngica do óleo essencial de Myrcia lundiana Kiaersk**. 2017. 95 f. Tese (Doutorado em Biotecnologia) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, 2017. Disponível em: <http://ri.ufs.br/jspui/handle/riufs/3271>. Acesso em: 11 set. 2020.
- ALVES, M. F. *et al.* *Myrcia lundiana* Kiaersk native population have different essential oil composition and antifungal activity against *Lasiodiplodia theobromae*.

- Industrial Crops and Products**, v. 85, p. 266-273, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.03.039>.
- ANDRADE, C. M. *et al.* Host-induced gene silencing in the necrotrophic fungal pathogen *Sclerotinia sclerotiorum*. **Plant Pathology**, v. 65, n. 4, p. 626-632, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1111/ppa.12447>.
- ARAÚJO, J. C. L. V. *et al.* Ação antimicrobiana de óleos essenciais sobre microrganismos potencialmente causadores de infecções oportunistas. **Journal of Tropical Pathology**, v. 33, n. 1, p. 55-64, 2004. DOI: <https://doi.org/10.5216/rpt.v33i1.3189>.
- BAGHERABADI, S. *et al.* *Clletotrichum gloeosporioides* sensu stricto, the causal agent of a leaf spot disease of *Schefflera arboricola* in Iran. **Journal of the Iranian Mycological Society**, v. 5, n. 1, p. 29-34, 2018. DOI: <https://dx.doi.org/10.22043/mi.2019.118404>.
- BANHOS, E. F. *et al.* Endophytic fungi from *Myrcia guianensis* at the Brazilian Amazon: distribution and bioactivity. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 45, n. 1, p. 153-161, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1517-83822014005000027>.
- BHATNAGAR-MATHUR, P. *et al.* Biotechnological advances for combating *Aspergillus flavus* and aflatoxin contamination in crops. **Plant Science**, v. 234, p. 119-132, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2015.02.009>.
- BODELL, W. J. *et al.* Oxidation of eugenol to form DNA adducts and 8-hydroxy-2'-deoxyguanosine: role of quinone methide derivative in DNA adduct formation. **Journal Carcinogenesis**, v. 19, n. 3, p. 437-443, 1998. DOI: <https://doi.org/10.1093/carcin/19.3.437>.
- BRITO, S. S. S. *et al.* Bioatividade de óleos essenciais sobre *Zabrotes subfasciatus* Boh. (Coleoptera: Chrysomelidae) em feijão-comum armazenado. **Agrária – Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 10, n. 2, p. 243-248, 2015. DOI: <https://doi.org/10.5039/agraria.v10i2a5316>.
- BUENO, M. L. *et al.* Flora arbórea do Cerrado de Mato Grosso do Sul. **Iheringia**, v. 73, p. 53-64, 2018. DOI: <https://doi.org/10.21826/2446-8231201873s53>.
- CÂNDIDO, C. S. *et al.* Effects of *Myrcia ovata* Cambess. essential oil on planktonic growth of gastrointestinal microorganisms and biofilm formation of *Enterococcus faecalis*. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 41, n. 3, p. 621-627, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1517-83822010000300012>.
- CANE, D. E.; KANG, I. Aristolochene synthase: purification, molecular cloning, high-level expression in *Escherichia coli*, and characterization of the *Aspergillus terreus* cyclase. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v. 376, n. 2, p. 354-364, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1006/abbi.2000.1734>.
- CASCAES, M. M. *et al.* Constituents and pharmacological activities of *Myrcia* (Myrtaceae): A review of an aromatic and medicinal group of plants. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 16, n. 10, p. 23881-23904, 2015. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms161023881>.
- CERQUEIRA, M. D. *et al.* Seasonal variation and antimicrobial activity of *Myrcia myrtifolia* essential oils. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 18, n. 5, p. 998-1003, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-50532007000500018>.
- CERQUEIRA, M. D. *et al.* Variação sazonal da composição do óleo essencial de *Myrcia salzmannii* Berg. (Myrtaceae). **Química Nova**, v. 32, n. 6, p. 1544-1548, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422009000600035>.
- CSEKE, L. J.; KAUFMAN, P. B.; KIRAKOSYAN, A. The Biology of essential oils in the pollination of flowers. **Natural Product Communications**, v. 2, n. 12, p. 1317-1336, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1177%2F1934578X0700201225>.
- DA SILVA, T. K. *et al.* Atividade antifúngica *in vitro* de própolis sobre *Colletotrichum* spp. do abacate. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 16, n. 3, p. 1-6, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.5892/ruvrd.v16i3.5607>.
- DE JESUS, I. C. *et al.* *Myrcia ovata* Cambessedes essential oils: A proposal for a novel natural antimicrobial against foodborne bacteria. **Microbial Pathogenesis**, v. 99, p. 142-147, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2016.08.023>.
- EDAGI, F. K. *et al.* Compostos salicilados e tolerância de nêspersas ao frio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 5, p. 563-566, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2011000500015>.
- FERNANDES, E. S. *et al.* Anti-inflammatory effects of compounds alpha-humulene and (-)-trans-caryophyllene isolated from the essential oil of *Cordia verbenacea*. **European Journal of Pharmacology**, v. 569, n. 3, p. 228-236, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejphar.2007.04.059>.

- FRANCO, D. M. *et al.* Effects of leaf extracts of *Myrcia guianensis* (Aubl.) DC. on growth and gene expression during root development of *Sorghum bicolor* (L.) Moench. **Allelopathy Journal**, v. 35, n. 2, p. 237-248, 2015. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/274062818\\_Effects\\_of\\_leaf\\_extracts\\_of\\_Myrcia\\_guianensis\\_Aubl\\_DC\\_on\\_growth\\_and\\_gene\\_expression\\_during\\_root\\_development\\_of\\_Sorghum\\_bicolor\\_L\\_Moench/link/551301f70cf2eda0df2de3ef/download](https://www.researchgate.net/publication/274062818_Effects_of_leaf_extracts_of_Myrcia_guianensis_Aubl_DC_on_growth_and_gene_expression_during_root_development_of_Sorghum_bicolor_L_Moench/link/551301f70cf2eda0df2de3ef/download). Acesso em: 11 set. 2020.
- GARCIA, R. A. *et al.* Atividade antifúngica de óleo e extratos vegetais sobre *Sclerotinia sclerotiorum*. **Bioscience Journal**, v. 28, n. 1, p. 48-57, 2012. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/8174>. Acesso em: 11 set. 2020.
- GOTTLIEB, O. R. *et al.* Óleos essenciais da Amazônia VII. **Acta Amazonica**, v. 11, n. 1, p. 143-148, 1981. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-43921981111143>.
- GOVAERTS, R. *et al.* Myrtaceae. In: ROYAL BOTANIC GARDENS. **World Checklist of Selected Plant Families**. Disponível em: <https://wcsp.science.kew.org>. Acesso em: 10 set. 2020.
- HENRIQUES, A. T. *et al.* Essential oils from five southern Brazilian species of *Myrcia* (Myrtaceae). **Journal of Essential Oil Research**, v. 9, n. 1, p. 13-18, 1997. DOI: <https://doi.org/10.1080/10412905.1997.9700707>.
- HU, Y. *et al.* Mechanisms of antifungal and anti-aflatoxic properties of essential oil derived from turmeric (*Curcuma longa* L.) on *Aspergillus flavus*. **Food Chemistry**, v. 220, p. 1-8, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.09.179>.
- IMATOMI, M. *et al.* Phytotoxic effect of bioactive compounds isolated from *Myrcia tomentosa* (Myrtaceae) leaves. **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 46, p. 29-35, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bse.2012.09.005>.
- JORGE, L. I. F.; AGUIAR, J. P. L.; SILVA, M. L. P. Anatomia foliar de pedra-hume-caá (*Myrcia sphaerocarpa*, *Myrcia guianensis*, *Eugenia puniceifolia* – Myrtaceae). **Acta Amazonica**, v. 30, n. 1, p. 49-57, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-43922000301057>.
- LIMBERGER, R. P. *et al.* Óleos voláteis de espécies de *Myrcia* nativas do Rio Grande do Sul. **Química Nova**, v. 27, n. 6, p. 916-919, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422004000600015>.
- LIU, W. *et al.* Engineering *Escherichia coli* for high-yield geraniol production with biotransformation of geranyl acetate to geraniol under fed-batch culture. **Biotechnology for Biofuels**, v. 9, n. 58, p. 2-8, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13068-016-0466-5>.
- LOPES, M. M. **Composição química, atividade antibacteriana e alelopática dos óleos essenciais de Eugenia uniflora L. e Myrciaria glazioviana (Kiaersk) G. M. Barroso e Sobral (Myrtaceae)**. 2008. 48 f. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2008. Disponível em: <http://locus.ufv.br/handle/123456789/2068>. Acesso em: 11 set. 2020.
- MARTINAZZO, A. P.; OLIVEIRA, F. S.; TEODORO, C. E. S. Antifungal activity of *Cymbopogon citratus* essential oil against *Aspergillus flavus*. **Ciência e Natura**, v. 41, n. e20, p. 1-8, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.5902/2179460X36055>.
- MENEZES FILHO, A. C. P. *et al.* Atividade antioxidante, conteúdo de fenólicos totais, carotenoides e provitamina A em extratos vegetais do Cerrado goiano. **Uniciências**, v. 22, n. 1, p. 28-32, 2018. DOI: [dx.doi.org/10.17921/1415-5141.2018v22n1p28-32](http://dx.doi.org/10.17921/1415-5141.2018v22n1p28-32).
- MENEZES FILHO, A. C. P. *et al.* Composição química do óleo essencial das flores de *Myrcia guianensis* (Aubl.) DC. **Revista Cubana de Plantas Medicinales**, v. 24, n. 4, p. e892, 2019. Disponível em: <http://www.revplantasmedicinales.sld.cu/index.php/pla/article/view/892>. Acesso em: 11 set. 2020.
- MORS, W. B.; GRUNE, U. *Myrcia sphaerocarpa* DC. Planta diabética. In: SIMPÓSIO DE PLANTAS MEDICINAIS DO BRASIL, 5., 1978, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: Escola Paulista de Medicina, 1978. p. 72.
- NASCIMENTO, H. C. S.; MARENCO, R. A. Mesophyll conductance variations in response to diurnal environmental factors in *Myrcia paivae* and *Minquartia guianensis* in Central Amazonia. **Photosynthetica**, v. 51, n. 3, p. 457-464, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11099-013-0046-x>.
- NOVELINO, A. M. S.; DAEMON, E.; SOARES, G. L. G. Avaliação da atividade repelente do timol, mentol, salicilato de metila e ácido salicílico sobre larvas de *Boophilus microplus* (Canestrini, 1887) (Acari: Ixodidae). **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 59, n. 3, p. 700-704, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-09352007000300023>.

- PARDO-DE LA HOZ, C. J. *et al.* Species from the *Colletotrichum acutatum*, *Colletotrichum boninense* and *Colletotrichum gloeosporioides* species complexes associated with tree tomato and mango crops in Colombia. **Plant Pathology**, v. 65, n. 2, p. 227-237, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1111/ppa.12410>.
- RAJAN, A. *et al.* The pathogenic development of *Sclerotinia sclerotiorum* in soybean requires specific host NADPH oxidases. **Molecular Plant Pathology**, v. 19, n. 3, p. 700-714, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1111/mpp.12555>.
- RAMOS, A. P. *et al.* Characterization of *Colletotrichum gloeosporioides*, as the main causal agent of citrus anthracnose, and *C. karstii* as species preferentially associated with lemon twig dieback in Portugal. **Phytoparasitica**, v. 44, p. 549-561, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12600-016-0537-y>.
- RIERA, N. *et al.* First report of banana anthracnose caused by *Colletotrichum gloeosporioides* in Ecuador. **Plant Disease**, v. 103, n. 4, p. 1-4, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1094/PDIS-01-18-0069-PDN>.
- ROSA, C. S. *et al.* Composição química e toxicidade frente *Aedes aegypti* L. e *Artemia salina* Leach do óleo essencial das folhas de *Myrcia sylvatica* (G. Mey.) DC. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 18, n. 1, p. 19-26, 2016. DOI: [https://doi.org/10.1590/1983-084X/15\\_006](https://doi.org/10.1590/1983-084X/15_006).
- SANTOS, M. C. *et al.* Micotoxinas e seu potencial como agentes de guerra. **Revista Virtual de Química**, v. 6, n. 3, p. 761-778, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.5935/1984-6835.20140046>.
- SCHINDLER, B.; SILVA, D. T.; HEINZMANN, B. M. Efeito da sazonalidade sobre o rendimento do óleo essencial de *Piper gaudichaudianum* Kunth. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 1, p. 263-273, 2018. DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509831581>.
- SILVA, A. C. da. *et al.* Efeito *in vitro* de compostos de plantas sobre o fungo *Colletotrichum gloeosporioides* Penz. isolado do maracujazeiro. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. especial, p. 1853-1860, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542009000700026>.
- SILVA, A. N.; UETANABARO, A. P. T.; LUCCHESI, A. M. Chemical composition and antibacterial activity of essential oils from *Myrcia alagoensis* (Myrtaceae). **Natural Product Communications**, v. 8, n. 2, p. 269-271, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1177%2F1934578X1300800235>.
- SILVA, E. A. J. *et al.* Chemical composition of the essential oil of *Psidium guajava* leaves and its toxicity against *Sclerotinia sclerotiorum*. **SEMINA: Ciências Agrárias**, v. 39, n. 2, p. 865-874, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2018v39n2p865>.
- SOUZA, T. J. T. *et al.* Composição química e atividade antioxidante do óleo volátil de *Eupatorium polystachyum* DC. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 17, n. 3, p. 368-372, 2007. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-695X2007000300011>.
- SOUZA FILHO, A. P. S. *et al.* Potencial alelopático de *Myrcia guianensis*. **Planta Daninha**, v. 24, n. 4, p. 649-656, 2006. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582006000400005>.
- SOUZA JÚNIOR, I. T.; SALES, N. L. P.; MARTINS, E. R. Efeito fungitóxico de óleos essenciais sobre *Colletotrichum gloeosporioides*, isolado do maracujazeiro amarelo. **Revista Biotemas**, v. 22, n. 3, p. 77-83, 2009. DOI: <https://doi.org/10.5007/2175-7925.2009v22n3p77>.
- STAGGEMEIER, V. G. *et al.* Clade-specific responses regulate phenological patterns in Neotropical Myrtaceae. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, v. 17, n. 6, p. 476-490, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ppees.2015.07.004>.
- STEFANELLO, M. E. A. *et al.* Composição e variação sazonal do óleo essencial de *Myrcia obtecta* (O. Berg) Kiaersk. var. *obtectata*, Myrtaceae. **Brazilian Journal Pharmacognosy**, v. 20, n. 1, p. 82-86, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-695X2010000100017>.
- STEFANELLO, M. E. A.; PASCOAL, A. C. R. F.; SALVADOR, M. J. Essential oils from neotropical Myrtaceae: Chemical diversity and biological properties. **Chemistry & Biodiversity**, v. 8, n. 1, p. 73-94, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1002/cbdv.201000098>.
- TORRES, E.; WISNIEWSKI JÚNIOR, A.; SIMIONATTO, E. L. Composição química dos componentes voláteis de *Capsicodendron dinisii* Schwancke (Canellaceae). **Química Nova**, v. 33, n. 1, p. 130-132, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422010000100024>.
- VOGADO, N. O. *et al.* Edge effects on the phenology of the guamirim, *Myrcia guianensis* (Myrtaceae), a Cerrado tree, Brazil. **Tropical Conservation Science**, v. 9, n. 1, p. 291-312, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1177%2F194008291600900115>.
- WILLIAMS, J. H. *et al.* Human aflatoxicosis in developing countries: A review of toxicology, exposure, potential

health consequences, and interventions. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 80, n. 5, p. 1106-1122, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1093/ajcn/80.5.1106>.

XAVIER, M. N. *et al.* Composição química do óleo essencial de *Cardiopetalum calophyllum* Schlttd. (Annonaceae) e suas atividades antioxidante, antibacteriana e antifúngica. **Revista Virtual de Química**, v. 8, n. 5, 2016. Disponível em: <http://rvq-sub.sbq.org.br/index.php/rvq/article/view/1452>. Acesso em: 11 set. 2020.

ZOGHBI, M. G. B. *et al.* Essential oils from three *Myrcia* species. **Flavour and Fragrance Journal**, v. 18, n. 5, p. 421-424, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1002/ffj.1242>.