












ARTIGO ORIGINAL

# Compostos presentes em óleo essencial de folhas de eucalipto podem ter relação com a resistência/suscetibilidade ao percevejo bronzado (*Thaumastocoris peregrinus*)

Eucalyptus leaves essential oil compounds may be relevant to bronze bug (*Thaumastocoris peregrinus*) resistance/susceptibility

Renata Couto Avila<sup>1</sup> , Luiz Henrique Almeida<sup>1</sup> , Juliana Pereira Leite<sup>1</sup> ,  
Tarcísio Tomás Cabral de Sousa<sup>1</sup> , Farley Souza Ribeiro Menezes<sup>1</sup> ,  
Cristiane Fernanda Fuzer Grael<sup>1</sup> , Vinicius Simões<sup>1</sup> , Janaína Fernandes Gonçalves<sup>1</sup> ,  
Leandro Lins Marino<sup>2</sup> , Ariadne Marques<sup>1</sup> , Marcelo Luiz de Laia<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM, Diamantina, MG, Brasil

<sup>2</sup>Fundação Cesgranrio, Centro de Avaliação, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

**Como citar:** Avila, R. C., Almeida, L. H., Leite, J. P., Sousa, T. T. C., Menezes, F. S. R., Grael, C. F. F., Simões, V., Gonçalves, J. F., Marino, L. L., Marques, A., & Laia, M. L. (2022). Compostos presentes em óleo essencial de folhas de eucalipto podem ter relação com a resistência/suscetibilidade ao percevejo bronzado (*Thaumastocoris peregrinus*). *Scientia Forestalis*, 50, e3912. <https://doi.org/10.18671/scifor.v50.38>

## Resumo

O percevejo bronzado é uma das principais pragas da eucaliptocultura mundial. Mesmo com tantos prejuízos causados, os atuais métodos de controle podem não ser adequados a todas as regiões de cultivo. No entanto, é possível verificar a campo a ocorrência de alguns genótipos resistentes a esse inseto. Considerando que algumas plantas produzem compostos bioativos com ação antagônica ou atrativa a insetos, óleo essencial de folhas de clones de *Eucalyptus* spp. e de plantas adultas de *E. camaldulensis*, resistentes e suscetíveis ao percevejo bronzado, foi extraído e caracterizado. Neste estudo foram encontrados 117 compostos distintos, ao todo. Desses, 30 compostos foram destacados por haver algum tipo de manifestação de interesse. A presença de alguns destes compostos pode ser responsável pela resistência ou pela atratividade ao ataque de *T. peregrinus*.

**Palavras-chave:** Percevejo bronzado; *Eucalyptus* spp.; Bioinseticidas; Monoterpenos; Sesquiterpenos; Óleo essencial; Manejo integrado de pragas; MIP.

## Abstract

Bronze bug is one of the main eucalyptus cultivation pests worldwide. Even with so much damage, current control methods may not be suitable for all growing regions. However, it is possible to find some resistant genotypes to this insect in the field. Considering that some plants produce bioactive compounds which are antagonistic or attractive to insects, essential oils from *Eucalyptus* spp. clones' leaves, resistant and susceptible to the bronze bug, were extracted and characterized. A total of 117 different compounds were found. Among these, 30 compounds showed some type of expression of interest. The presence of some compounds may be responsible for the resistance or attractiveness to *T. peregrinus* attack. The results are presented and discussed below.

**Keywords:** Bronze bug; *Eucalyptus* spp.; Bioinsecticides; Monoterpenes; Sesquiterpenes; Essential oil; Integrated pest management; IPM.

**Fonte de financiamento:** Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais, FAPEMIG, Processo nº CAG-APQ-03435-15.

**Conflito de interesse:** Nada a declarar.

**Autor correspondente:** marcelolaia@gmail.com

**Recebido:** 19 maio 2022.

**Aceito:** 15 agosto 2022.

**Editor:** Mauro Valdir Schumacher.



Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o artigo científico seja corretamente citado.

## INTRODUÇÃO

O Eucalipto (Myrtales: Myrtaceae) é composto por diversas espécies florestais exóticas provenientes, principalmente, da Austrália e ilhas adjacentes, vastamente cultivado no Brasil. No ano de 2019, as plantações de eucalipto ocuparam cerca de 6,97 milhões de hectares do território brasileiro, representando 77,4% do total de árvores plantadas (Indústria Brasileira de Árvores, 2019). Esses plantios são, em sua maioria, arranjados em grandes áreas contínuas com genótipos geneticamente homogêneos, que fornecem abundância de alimento aos insetos-pragas. Em alguns casos, estes insetos acabam se desenvolvendo de maneira descontrolada causando perdas econômicas significativas (Santos et al., 2017).

Uma praga exótica, *Thaumastocoris peregrinus* (Hemiptera: Thaumastocoridae) (Carpintero & Dellapé, 2006), detectado pela primeira vez no Brasil em 2008, tornou-se uma das mais importantes pragas da eucaliptocultura nacional. Este percevejo possui rápida taxa de dispersão, alta capacidade reprodutiva, rápida colonização e ampla infestação (Nadel & Noack, 2012). Originário da Austrália, já foi detectado nos estados do Rio Grande do Sul, São Paulo, Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro e Mato Grosso do Sul, dentre outros (Barbosa et al., 2012).

Segundo Noack et al. (2009), em seu país de origem o percevejo bronzeado é uma praga urbana, e em um estudo implementado, seu controle foi realizado a partir da injeção de inseticida sistêmico Imidacloprid no tronco das árvores. Entretanto, os inseticidas sintéticos são altamente tóxicos, em sua maioria, à fauna auxiliar, organismos não-alvo benéficos (Quesada & Sadof, 2019), e até aos humanos e demais animais, tornando o seu uso em áreas extensas amplas inadequado. Além disso, os pesticidas sintéticos possuem restrições dos organismos de certificação florestal (Lemes et al., 2017). Outro fator importante é a ausência de produtos registrados para o controle dessa praga. Atualmente, no Brasil, existe apenas um produto químico registrado para controle do *T. peregrinus* (Wilcken et al., 2019).

De acordo com Sparks & Nauen (2015), o uso contínuo e extensivo de inseticidas sintéticos leva ao estabelecimento de populações resistentes. Considerando todas as características dessa praga, elencadas acima, faz-se necessário o estabelecimento de um programa de manejo integrado de pragas (MIP), para o seu controle. Logo, o uso de métodos alternativos de controle deve ter local de destaque dentro do MIP.

O desenvolvimento de novos produtos para a proteção de culturas, que sejam inteiramente compatíveis com o MIP, deve ser perseguido. Dentre as diversas alternativas aos sintéticos, os pesticidas botânicos possuem características que os tornam grandes aliados do silvicultor para o controle de pragas florestais. Esses produtos naturais podem ser aceitos pelos órgãos de certificação, fato que eleva a sustentabilidade ambiental da empresa silvicultora.

Algumas plantas produzem metabólitos secundários, ativos contra insetos, que podem ser utilizados para o desenvolvimento de novos inseticidas naturais ou serem precursores para semissíntese durante o desenvolvimento de produtos. Dentre os compostos produzidos pelas plantas com potencial uso no MIP, o óleo essencial extraído de folhas possui viabilidade e tem sido estudado para essa finalidade. Esses extratos têm apresentado efeitos na repelência e mortalidade de diferentes pragas, reduzindo os custos do controle de pragas na agricultura, além de serem ambientalmente sustentáveis (Russo et al., 2018). Formulações baseadas em óleos essenciais têm se mostrado tão eficaz quanto os piretroides sintéticos disponíveis no mercado (Atanasova et al., 2018).

Alguns extratos e produtos testados para o controle de *T. peregrinus* demonstram o potencial que as plantas apresentam sobre este inseto (Lorencetti et al., 2015). Além disso, os extratos de plantas são ecológicos, biodegradáveis, podem ser específicos para insetos-pragas e, por isso, serem mais seguros para os demais seres vivos.

Espécies dos gêneros *Eucalyptus* e *Corymbia* (Parra-O et al., 2010), popularmente conhecidas como eucalipto, estão no grupo de plantas com potencial inseticida, pois apresentam vários constituintes com efeitos tóxicos sobre os insetos (Souza & Fávero, 2015). As folhas de diversas espécies desses gêneros são ricas em óleos essenciais com ampla atividade biológica, tais como, fungicida, inseticida, herbicida e acaricida (Batish et al., 2008).

Estudos realizados com *Eucalyptus* e *Corymbia* como fontes de bioinseticidas indicaram bons resultados no controle de diversas pragas, a saber: *Aphis nerii* Boyer de Fonscolombe (Hemiptera: Aphididae), *Gynaikothrips ficorum* Marchal (Thysanoptera: Ploeoethridae), *Musca domestica* Linnaeus (Diptera: Muscidae) e *Sitophilus granarius* (Coleoptera: Curculionidae) (Souza & Fávero, 2015; Russo et al., 2018; Rossi & Palacios, 2015).

As folhas de eucalipto contêm uma variedade de monoterpenos e sesquiterpenos voláteis, com grande proporção de 1,8-cineole (eucaliptol),  $\gamma$ -terpinene, *p*-cymene,  $\alpha$ -pinene, spathulenol e citronellal. No entanto, os constituintes majoritários do óleo essencial de eucalipto podem variar em proporção, de modo que as propriedades desse óleo também são variáveis (Salehi et al., 2019; Barbosa et al., 2016; Batish et al., 2008).

Diversos estudos já demonstraram que o óleo essencial extraído de folhas de eucalipto pode apresentar propriedades repelentes e/ou, fitotóxicas a insetos, ácaros e/ou, nematoides. Essas propriedades se devem aos diversos constituintes presentes no óleo essencial extraído das folhas (Batish et al., 2006; Watanabe et al., 1993; Yang et al., 2004; Lucia et al., 2007; Toloza et al., 2006; Cheng et al., 2009; Trigg & Hill, 1996; Trigg, 1996; Saad et al., 2006; Pandey et al., 2000; Salgado et al., 2003).

Em 2006, Batista-Pereira et al. (2006) analisaram o efeito de óleo essencial proveniente de folhas de sete espécies de eucalipto (*E. grandis*, *E. citriodora*, *E. camaldulensis*, *E. saligna*, *E. urophylla*, *E. cloesiana* e *E. maculate*) sobre *Thyrinteina arnobia*. Os autores verificaram que 28 componentes do óleo essencial obtido elicitaram respostas em *T. arnobia* por meio da técnica detecção eletroantegráfica acoplada à cromatografia a gás.

Apesar desse razoável acúmulo de estudos envolvendo o óleo essencial de eucalipto, não se encontrou outro estudo que relacionasse o uso do óleo essencial, ou de algum de seus componentes, para o controle de pragas da eucaliptocultura. Do mesmo modo, também não se encontrou estudos que relacionam a constituição de óleo essencial em genótipos resistentes/suscetíveis com o respectivo fenótipo de resistência/suscetibilidade. Portanto, parece que este estudo é o primeiro a verificar uma possível relação entre o genótipo (composição do óleo essencial) com o fenótipo (resistente/suscetível).

Assim, relata-se, neste estudo, a análise química do óleo essencial extraído por hidrodestilação de folhas de clones de *Eucalyptus*, resistentes e suscetíveis ao *T. peregrinus*, e de folhas de uma planta de *E. camaldulensis*, cultivados no viveiro de mudas do Departamento de Engenharia Florestal da UFVJM, Campus JK, em Diamantina, MG.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Material vegetal

O óleo essencial foi extraído a partir de folhas de três clones comerciais de *Eucalyptus* spp. resistentes e três clones comerciais suscetíveis e a partir de folhas de plantas de *E. camaldulensis* (Tabela 1). As plantas foram cultivadas no Centro Integrado de Propagação de Espécies Florestais (CIPEF), na Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), em Diamantina, MG. Foram utilizadas seis plantas de cada genótipo, divididas em dois grupos de três plantas cada. Em um dos grupos de três plantas de cada genótipo foram introduzidos indivíduos adultos de *T. peregrinus*, de modo a induzir a produção de possíveis compostos responsáveis pela resistência/suscetibilidade destes genótipos à praga. O outro grupo de três plantas do mesmo genótipo foi mantido livre do ataque do inseto.

Ao todo, obtiveram-se 14 tratamentos com 3 repetições cada um. Cada uma das plantas constituiu uma repetição, totalizando 42 unidades experimentais. As plantas foram identificadas e mantidas, de maneira aleatória, em uma casa de vegetação, localizada no CIPEF.

**Tabela 1.** Clones, classificação e respectivo fenótipo, quanto a resistência ou suscetibilidade ao percevejo bronzeado utilizados neste estudo

Clones	Classificação	Genótipo
C01	Altamente Resistente	R
C08	Resistente	R
C13	Resistente	R
C11	Altamente Suscetível	S
C17	Altamente Suscetível	S
C25	Altamente Suscetível	S
<i>E. camaldulensis</i>	Testemunha	S

### Obtenção dos insetos

Os indivíduos de *T. peregrinus* utilizados no experimento foram coletados em áreas de plantios comerciais de *Eucalyptus* spp. localizadas na região de Diamantina, MG. Após a coleta, os percevejos foram mantidos em criação dentro de um laboratório, em condições adequadas ao desenvolvimento do inseto, até o momento da montagem do experimento.

Cerca de 300 insetos adultos foram coletados e transferidos para tubos de polipropileno de 50 mL. Para que os insetos pudessem se dispersar pelas plantas e atacá-las, os tubos, contendo insetos, foram amarrados, com fita adesiva, no caule das plantas, 48 h antes da coleta das folhas para a extração do óleo essencial. Em seguida, as plantas foram cobertas e individualizadas com uma capa de tecido do tipo *voil*. Com isso, garantiu-se que o único alimento para aquele grupo de insetos era aquela planta.

### Extração do óleo essencial

Após 48 h da introdução dos insetos nas plantas, todas as folhas de cada uma delas foram coletadas e acondicionadas em sacos plásticos vedados. Essas amostras foram encaminhadas para o Laboratório de Genética e Biotecnologia Florestal da UFVJM, Campus JK, e armazenadas em Ultra-freezer (-80 °C) até o momento da extração do óleo essencial. Os insetos foram retirados das folhas e reintroduzidos na criação.

A extração de óleo essencial de eucalipto foi realizada no Laboratório de Química Orgânica, Síntese Orgânica e Produtos Naturais, localizado no Departamento de Farmácia, na Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), Campus de Diamantina.

Após descongelamento do material vegetal, as folhas foram cortadas em pequenos pedaços e o óleo essencial foi obtido por hidrodestilação, utilizando-se aparelho de Clevenger. As extrações foram realizadas por um período de duas horas. Após a extração, o volume do óleo foi quantificado e o rendimento de cada extração foi calculado como porcentagem da relação entre massa (gramas) e volume (mL) (m/v).

### Análise da composição química do óleo essencial

A identificação dos constituintes químicos das amostras de óleo essencial foi realizada com base nos dados obtidos por cromatografia gasosa e espectrometria de massas (CG-EM). As análises foram realizadas no Núcleo de Pesquisa em Produtos Naturais e Sintéticos da Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo (FCFRP/USP). O equipamento utilizado foi da marca Shimadzu modelo QP2010, equipado com coluna capilar EN-5ms (30 m de comprimento, 0,25 mm de diâmetro interno e 0,25 µm de espessura do filme). O gás Hélio à pressão de 72,8 kPa, com vazão de 1,20 mL/min foi usado como carregador. A temperatura do injetor foi de 240 °C, enquanto a rampa de temperatura avançou de 60 a 240 °C, com taxa de variação a 3 °C/min. A injeção da amostra foi realizada no modo split. A detecção foi realizada por espectrometria de massas com modo de ionização por impacto eletrônico a 70 eV, a temperatura de interface foi de 280 °C e a temperatura da fonte de íons foi de 250 °C, obtendo-se, assim, os espectros de massas de cada componente das amostras.

Subseqüentemente, sob as mesmas condições analíticas, foi injetada uma amostra de série homóloga de hidrocarbonetos lineares (C9–C25)-ALLTECH, para o cálculo do IRR (índice

de retenção relativa) de cada componente da amostra, por meio da aplicação da equação de Van Den Dool & Kratz (1963).

Os componentes de cada óleo essencial foram identificados por comparação do seu IRR com IRR reportado na literatura (Adams, 2007) e por meio da análise de espectros de massas (por comparação com os espectros das bases de dados Wiley 7, NIST 62 e FFNSC 1.3). O índice de similaridade (SI) entre os espectros obtidos experimentalmente e aqueles das espectrotescas foi utilizado para auxiliar na identificação de cada composto. A quantificação relativa de cada composto das amostras foi obtida sem normalização, como um porcentual com base na corrente de íons total, obtida através dos cromatogramas (área relativa dos picos).

### Análise estatística

As análises estatísticas foram processadas no ambiente R (R Core Team, 2022). Os dados foram testados para as pressuposições de ajuste à normalidade e, quando não satisfeitos, foram transformados por meio da metodologia Box & Cox (1964), de modo a normalizar os resíduos. Em seguida, um modelo linear do tipo  $y = \ln(x \sim \text{genótipo} * \text{estado} + \text{tratamento})$ , onde genótipo representa os clones analisados, estado representa o fenótipo (resistente ou suscetível) e tratamento a presença ou ausência do inseto nas folhas. No entanto, pela natureza dos dados, essa análise não foi adequada para a maioria dos resultados. Assim, uma análise descritiva foi aplicada aos dados para a seleção daqueles compostos com maior interesse aos objetivos do estudo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O rendimento médio do óleo essencial extraído dos diferentes genótipos variou de 0,18 a 1,03%. O clone número C08 apresentou a maior média de rendimento (1,01% sem inseto e 1,03% com inseto), seguido do clone C01 (0,85% sem inseto e 0,69% com inseto), C11 (0,55 sem inseto e 0,67% com inseto) e da espécie *E. camaldulensis* (0,53% sem inseto e 0,45% com inseto). Os menores rendimentos foram apresentados pelas amostras dos clones C13 (0,45% sem inseto e 0,52% com inseto), C17 (0,34% sem inseto e 0,33 com inseto) e C25 (0,18% sem inseto e 0,20% com inseto). Foi possível observar uma pequena diferença entre as amostras dos tratamentos com e sem inseto.

Os genótipos de *Eucalyptus* estudados apresentaram composição de óleo essencial variada. Ao todo, foi possível identificar 117 compostos voláteis diferentes nas 42 amostras.

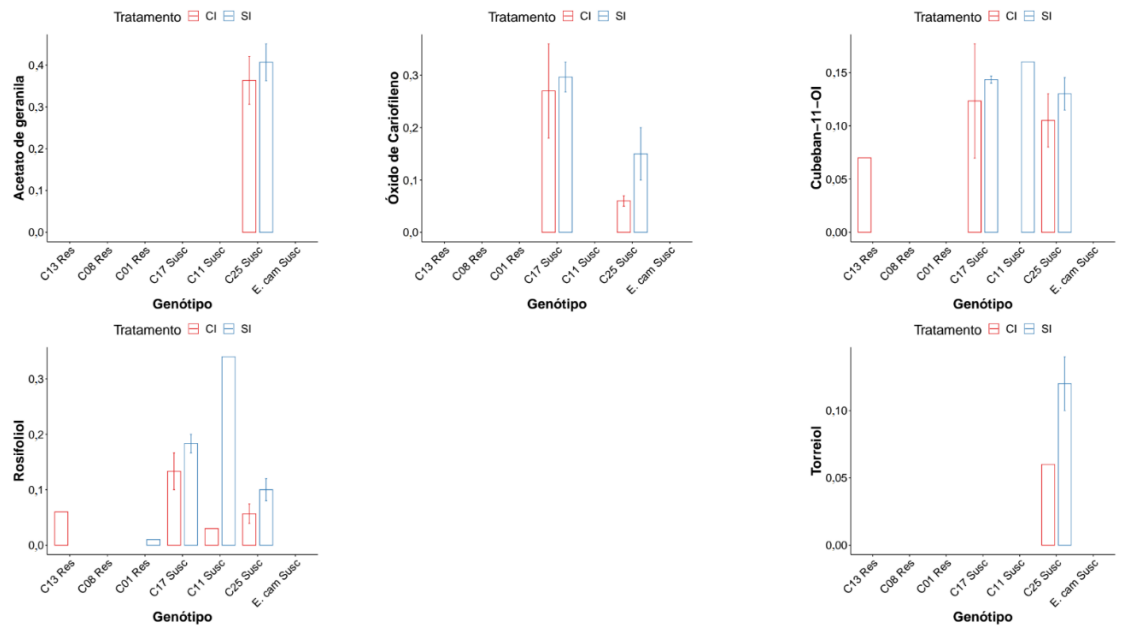
Os compostos identificados nas amostras de óleo essencial obtidas dos genótipos de eucalipto podem ser divididos em hidrocarbonetos monoterpenos, monoterpenos oxigenados, hidrocarbonetos sesquiterpenos, sesquiterpenos oxigenados e outros. Do total de compostos, 23 são monoterpenos não oxigenados (19,7%), 34 são monoterpenos oxigenados (29,0%), 7 sesquiterpenos não oxigenados (6%), 21 são sesquiterpenos oxigenados (17,9%) e 32 são outros compostos (27,4%).

As amostras de óleo essencial do clone C17, sem inseto, apresentaram a maior quantidade (24) de compostos diferentes, enquanto uma planta do clone C11, com inseto, apresentou a menor quantidade (15). O óleo essencial de *Eucalyptus camaldulensis* apresentou somente sete compostos diferentes, tanto com ou sem inseto.

A porcentagem de monoterpenos e sesquiterpenos encontrou-se alterada nas amostras analisadas nos clones C13, C17, C11 e de *E. camaldulensis*, quando se comparam as plantas com inseto e sem inseto.

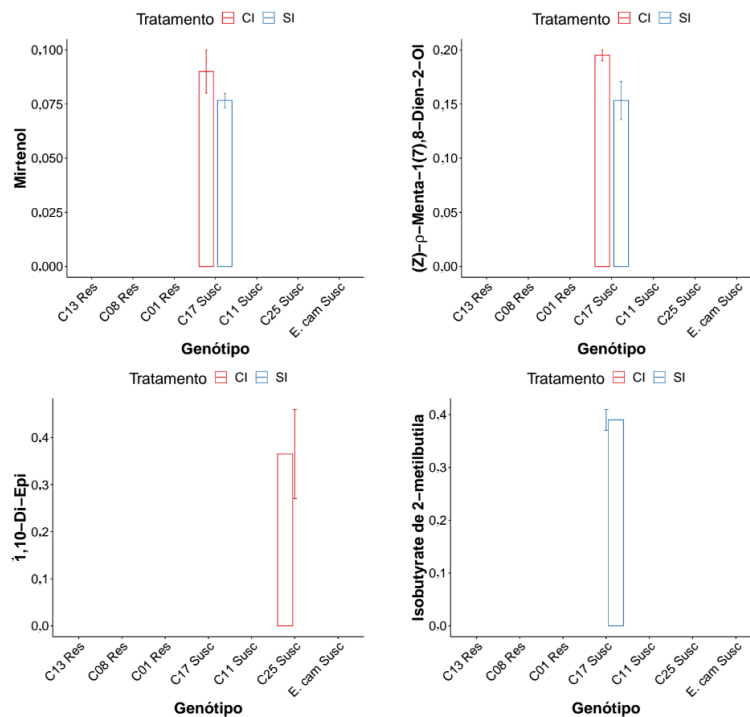
Os compostos Terpinen-4-ol, Linalool, *p*-Cimeno e  $\alpha$ -felandreno foram encontrados em todas as plantas analisadas. Por sua vez, os compostos  $\alpha$ -Fencheno, Canfeno, Óxido de (Z)-Linalool e Borneol foram comuns a todas as amostras de folhas dos clones analisados, ou seja, não foram encontrados na planta de *E. camaldulensis*.

Dentre os 117 compostos identificados, nove (Acetato de geranila, Óxido de Cariofileno, Cubeban-11-ol, Rosifoliol, Torreiol, Mirtenol, (Z)-*p*-Menta-1(7),8-Dien-2-ol, 1,10-Di-Epi-Cubebol e Isobutyrate de 2-metilbutila) foram identificados somente nos genótipos suscetíveis. Desses nove, cinco (Acetato de Geranila, Óxido de Cariofileno, Cubeban-11-Ol, Rosifoliol e Torreiol) apresentaram, provavelmente, maior quantidade nas plantas sem inseto (Figura 1).



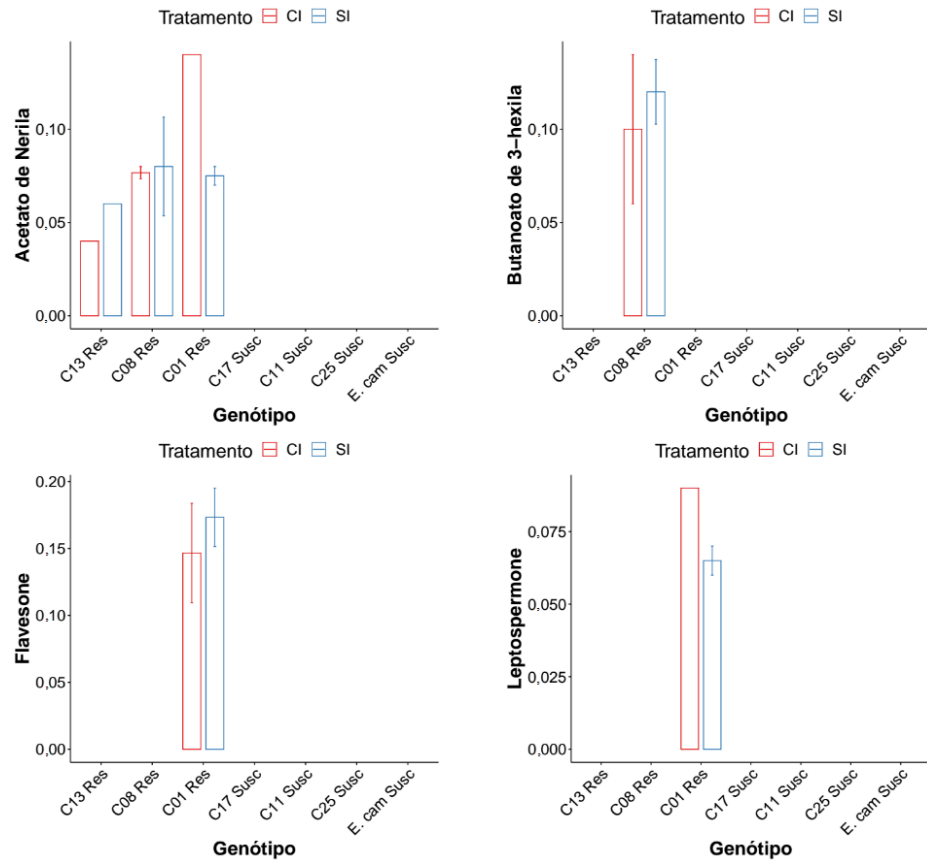
**Figura 1.** Compostos químicos presentes em óleo essencial extraído de folha de genótipos de eucalipto e presentes em genótipos suscetíveis ao percevejo bronzeado. As plantas sem inseto indicam uma provável maior produção do composto em relação às plantas com inseto parasitando. CI – Com Inseto; SI – Sem Inseto; C – Clone; Res – Resistente; Susc – Suscetível.

Dentre os outros quatro (Mirtenol, (*Z*)-*p*-Menta-1(7),8-Dien-2-ol, 1,10-Di-Epi-Cubenol e Isobutyrate de 2-metilbutila), exclusivos dos genótipos suscetíveis, dois indicam apresentar maior quantidade nas plantas com insetos, um esteve presente somente nas plantas com insetos e outro somente apresentou o composto nas plantas com inseto (Figura 2).



**Figura 2.** Compostos químicos presentes em óleo essencial extraído de folha de genótipos de eucalipto e presentes em genótipos suscetíveis ao percevejo bronzeado. As plantas com inseto indicam uma provável maior produção do composto em relação às plantas sem inseto parasitando nos compostos indicados ao alto. No canto inferior esquerdo há indicação da produção do composto somente nas plantas com inseto e no lado oposto inferior há indicação da produção somente nas plantas sem inseto. CI – Com Inseto; SI – Sem Inseto; C – Clone; Res – Resistente; Susc – Suscetível.

Quatro outros compostos (Acetato de Nerila, butanoato de 3-hexilaFlavesone e Leptospermone) estão presentes somente nos genótipos resistentes (Figura 3). Dois deles, butanoato de 3-hexila, e Flavesone parecem indicar uma maior produção do composto nas plantas sem inseto, ao contrário do composto Leptospermone, cuja maior produção parece estar associada a presença do inseto nas folhas.

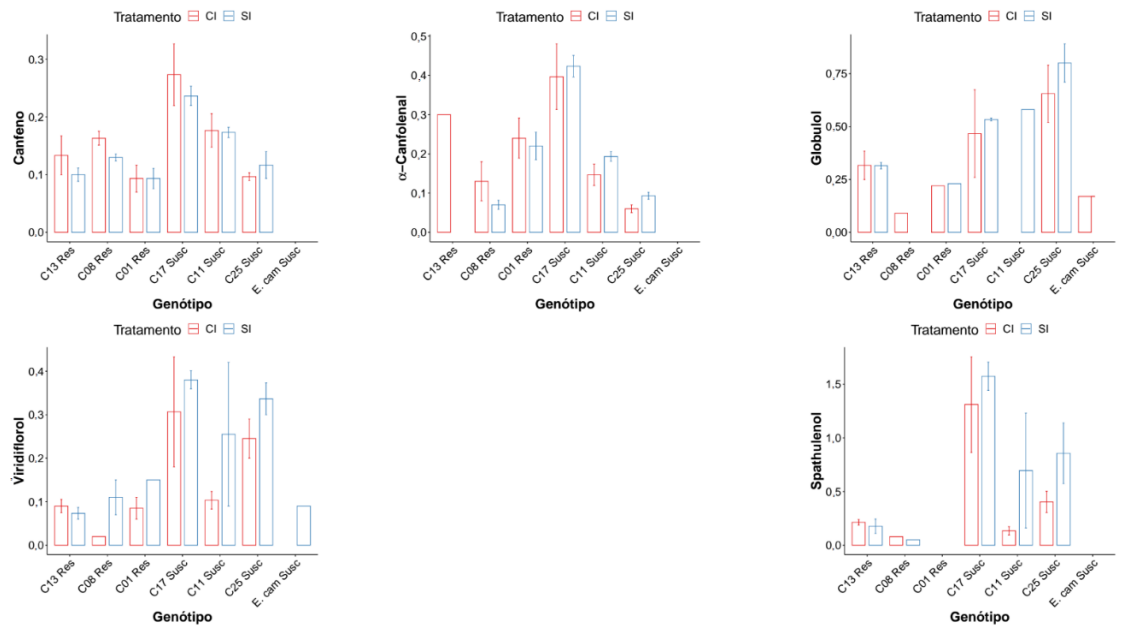


**Figura 3.** Compostos químicos presentes em óleo essencial extraído de folha de genótipos de eucalipto e presentes em genótipos resistentes ao percevejo bronzeado. CI – Com Inseto; SI – Sem Inseto; C – Clone; Res – Resistente; Susc – Suscetível.

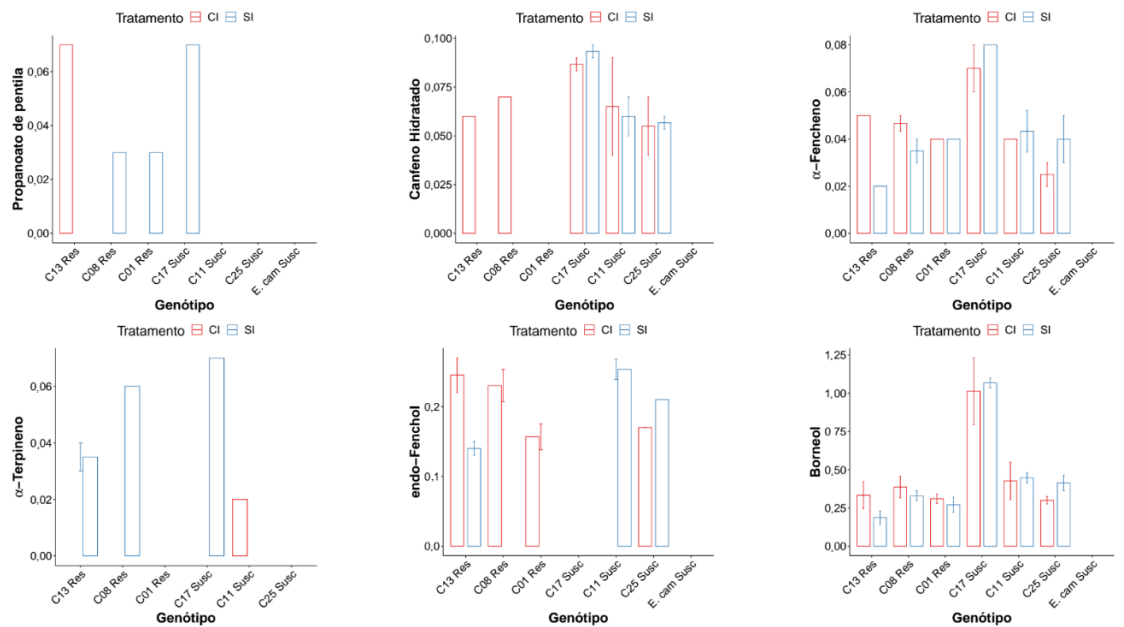
Dentre os compostos presentes tanto em genótipos resistentes quanto em suscetíveis, cinco (Canfeno,  $\alpha$ -Canfolenal, Globulol, Viridiflorol e Spathulenol) parecem estar mais abundantes nos genótipos suscetíveis (Figura 4). Em quatro deles há um indicativo de que a presença do inseto nas folhas dos genótipos suscetíveis inibe a produção daqueles compostos ( $\alpha$ -Canfolenal, Globulol, Viridiflorol e Spathulenol).

Para outros seis compostos (propanoato de pentila,  $\alpha$ -Terpineno, Canfeno Hidratado, endo-Fenchol,  $\alpha$ -Fencheno e Borneol), verifica-se que a presença ou ausência dos insetos nas folhas tem provável relação com a produção deles. A ausência de insetos nas folhas parece ter relação com a produção de propanoato de pentila e  $\alpha$ -Terpineno. A presença de insetos nas folhas possivelmente induz a produção de Canfeno Hidratado e endo-Fenchol nos genótipos resistentes. Para os compostos  $\alpha$ -Fencheno e Borneol observa-se que a presença de insetos nas folhas de genótipos resistentes parece induzir a produção desses compostos, enquanto nos genótipos suscetíveis parece ocasionar o contrário: há uma maior produção desses dois compostos nas folhas com inseto (Figura 5).

Finalmente, outros seis compostos merecem destaque:  $\alpha$ -Pineno,  $\alpha$ -felandreno, *p*-Cimeno, Linalool, Terpinen-4-Ol e  $\tau$ -Cadinol (Figura 6).

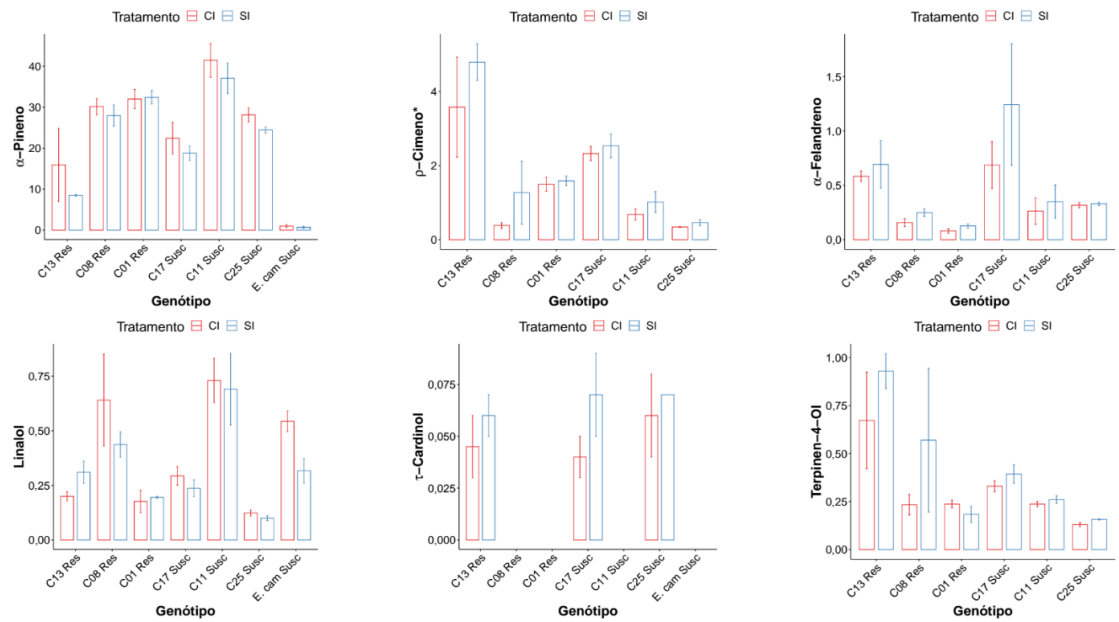


**Figura 4.** Compostos químicos presentes em óleo essencial extraído de folha de genótipos de eucalipto e presentes em genótipos resistentes e suscetíveis ao percevejo bronzeado. CI – Com Inseto; SI – Sem Inseto; C – Clone; Res – Resistente; Susc – Suscetível.



**Figura 5.** Compostos químicos presentes em óleo essencial extraído de folha de genótipos de eucalipto e presentes em genótipos resistentes e suscetíveis ao percevejo bronzeado. CI – Com Inseto; SI – Sem Inseto; C – Clone; Res – Resistente; Susc – Suscetível.





**Figura 6.** Compostos químicos presentes em óleo essencial extraído de folha de genótipos de eucalipto e presentes em genótipos resistentes e suscetíveis ao percevejo bronzeado. CI – Com Inseto; SI – Sem Inseto; C – Clone; Res – Resistente; Susc – Suscetível.

$\alpha$ -Pineno e Linalol parecem ser induzidos pela presença do inseto nas folhas, principalmente nos genótipos suscetíveis. Por sua vez, os outros quatro compostos ( $p$ -Cimeno,  $\alpha$ -felandreno,  $\tau$ -Cadinol e Terpinen-4-ol) parecem ser suprimidos pela presença do inseto nas folhas, tanto em genótipos resistentes quanto em suscetíveis (Figura 6).

É conhecido que plantas produzem ou liberam substâncias bioativas que inibem ou atraem outros organismos (Majdoub et al., 2022; Lougraimzi et al., 2022; Jumbo et al., 2022; Horváth et al., 2022; Belhachemi et al., 2022; Bader et al., 2022; Adeyemi et al., 2021; Üstüner et al., 2018; Clavijo-Romero et al., 2019; Jerbi et al., 2017; Luís et al., 2016).

Diversas partes de plantas de eucalipto (*Eucalyptus* e *Corymbia*) têm sido utilizadas na medicina tradicional, devido as suas ações bactericidas, anti-inflamatória e/ou, antipiréticas (Roh & Jung, 2012). Os nativos australianos utilizam as folhas de eucalipto para tratar ferimentos e infecções fúngicas. Extratos das folhas de algumas espécies dessas árvores têm sido adicionados a alimentos, como aditivos, e/ou utilizados em cosméticos (Jerbi et al., 2017). Além disso, diversos estudos já demonstraram que o óleo essencial extraído de folhas de eucalipto pode apresentar propriedades repelentes e/ou, fitotóxicas a insetos, ácaros e/ou, nematoides (Batish et al., 2006; Watanabe et al., 1993; Yang et al., 2004; Lucia et al., 2007; Toloza et al., 2006; Cheng et al., 2009; Trigg & Hill, 1996; Trigg, 1996; Saad et al., 2006; Pandey et al., 2000; Salgado et al., 2003). Também já foi demonstrado que alguns compostos provenientes de óleo essencial de folhas de eucalipto elicitaram respostas em *Thyrinteina arnobia* por meio da técnica detecção eletroantenográfica acoplada à cromatografia a gás (Batista-Pereira et al., 2006).

No entanto, ainda se desconhece estudo que tenha se dedicado a averiguar uma possível aplicação do óleo essencial de folhas de eucalipto para o controle de pragas de eucalipto, nem que estabelecesse uma relação entre o genótipo (constituição do óleo essencial) e o fenótipo (resistente/suscetível). Logo, este estudo pode ser o primeiro a objetivar a possibilidade do uso do óleo essencial extraído das folhas de eucalipto para o controle de pragas do próprio eucalipto.

Conforme apresentado nos resultados, 117 compostos diferentes foram encontrados em óleo essencial extraído de folhas de clones de eucalipto e de uma planta da espécie *E. camaldulensis*. Desse total, 30 compostos mereceram destaque por apresentarem algum padrão de interesse para os objetivos do estudo. A fim de poder facilitar a visualização e a apresentação dos dados, eles foram divididos em seis grupos: I) compostos presentes somente nos genótipos suscetíveis (Figuras 1-2); II) compostos presentes somente nos genótipos

resistentes (Figura 3); III) compostos presentes em genótipos resistentes e suscetíveis com uma maior abundância nas plantas dos genótipos suscetíveis (Figura 4); IV) compostos presentes em genótipos resistentes e suscetíveis com maior abundância do composto nas plantas sem inseto (Figura 5); V) compostos presentes em genótipos resistentes e suscetíveis com maior abundância em plantas com insetos ou em plantas sem inseto (Figura 6).

Compostos presentes somente em genótipos suscetíveis podem indicar uma possível ação atrativa ao inseto. Neste roll encontram-se os compostos Acetato de Geranila, Óxido de Cariofileno, Cubeban-11-ol, Rosifoliol, Torreiol, Mirtenol, (Z)-p-Mentha-1(7),8-dien-2-ol, 1,10-Di-Epi-Cubebol e Isobutirato de 2-metilbutila (Figuras 1-2).

Acetato de Geranila foi relatado como um feromônio emitido por moscas-das-frutas. Foi demonstrado que este composto sintetizado artificialmente atraiu aquele inseto (Heath et al., 1991). Em milho, foi demonstrado que o ataque de larvas de *Ostrinia nubilalis*, ou seu extrato, induziu a produção de diversos compostos voláteis, incluindo Acetato de Geranilo (Skoczek et al., 2017).

Os compostos presentes somente nos genótipos resistentes podem ser úteis como agentes tóxicos e/ou repelentes. Nesta situação, observaram-se os compostos Acetato de Nerila, Butanoato de 3-hexenila (*E*)-Flavesone e Leptospermone (Figura 3). Dentre estes, flavesone e leptospermone foram relatados como repelentes e larvicidas a *Aedes aegypti* (Costa et al., 2017).

Por sua vez, os compostos presentes tanto em genótipos resistentes quanto em genótipos suscetíveis podem indicar mecanismos interessantes no inseto. Por exemplo, o inseto pode produzir algum composto que neutraliza o composto produzido pela planta. Neste caso, as plantas com inseto produzirão menor quantidade em relação às plantas sem inseto (Figuras 4-6). Outra possibilidade é o inverso: a presença do inseto pode induzir a produção do composto em relação ao produzido pelas plantas controle (Figura 6). Nesta última situação, pode-se aventar duas possibilidades: 1) o composto interessa ao inseto, ou 2) o composto interessa à planta. Na primeira, o inseto induz a planta a produzir o composto, pois lhe interessa alimentar do mesmo. No segundo caso, a planta tenta se defender do inseto aumentando a produção do composto. Mas, nesta situação, o inseto parece ter alguma maneira de ultrapassar essa barreira. Por fim, quando o composto aparece tanto em resistentes quanto em suscetíveis, pode-se ter uma maior produção nos resistentes ou nos suscetíveis. Observou-se que um grupo de compostos se enquadra neste caso, com uma maior produção nas plantas resistentes e com maior presença do composto nas plantas com inseto (Figura 4). Aqui, fica mais evidente a possibilidade desse composto ser útil ao inseto, o que deve ser investigado.

Quatro compostos foram encontrados em todas as plantas analisadas. Terpinen-4-ol, Linalool, *p*-Cimeno e  $\alpha$ -felandreno são compostos comum em óleo essencial extraído de folhas de eucalipto.

Pela comparação dos resultados obtidos neste estudo com os descritos na literatura, é possível verificar que, entre diferentes pesquisas, existem diferenças em relação à presença ou ausência de alguns constituintes, bem como há variação no teor de compostos majoritários.

Em *E. globulus* e *E. radiata* foram encontrados, respectivamente, 45 e 72 compostos diferentes. 1,8-cineol foi o mais abundante em *E. globulus*, enquanto limoneno o mais abundante em *E. radiata* (Luís et al., 2016).

Os resultados para *E. camaldulensis* corroboram com os encontrados por outros autores, que relataram o  $\gamma$ -terpineno (Mubarak et al., 2015) e o *p*-Cimeno (Ndiaye et al., 2018) entre os principais constituintes do óleo essencial presente nas folhas desta espécie. Por outro lado, os resultados aqui obtidos diferem dos encontrados por Chaves et al. (2018), onde o principal constituinte obtido de *E. camaldulensis* foram os compostos 1,8-cineol,  $\beta$ -pineno,  $\alpha$ -pineno,  $\alpha$ -terpineol e globulol. Segundo Zhang et al. (2019), essa discrepância pode ocorrer pelas diferenças quanto a época de coleta, condições regionais de habitat e idade das plantas.

Com a caracterização dos óleos essenciais das folhas de genótipos de eucalipto, foi possível constatar a presença de vários terpenos considerados potenciais inseticidas. Em estudos prévios verificada a atividade inseticida ou repelente dos monoterpenos 1,8-cineol (Rossi & Palacios, 2015; Tak & Isman, 2015; Tripathi & Mishra, 2016),  $\alpha$ -terpineol (Rossi & Palacios, 2015;

Zhang et al., 2019; Tak & Isman, 2017),  $\alpha$ -pineno (Rossi & Palacios, 2015), terpinen-4-ol (Zhang et al., 2019), acetato de  $\alpha$ -terpinil (Zhang et al., 2019), timol (Tak & Isman, 2017),  $\beta$ -pineno (Pajaro-Castro et al., 2017), mirceno (Coats et al., 1991), linalool (Pajaro-Castro et al., 2017), geraniol (Reis et al., 2016), citral (Tak & Isman, 2016; Pinto et al., 2015), geranial (Reis et al., 2016),  $\alpha$ -terpineno (Chu et al., 2011), canfeno (Zhang et al., 2019; Tak & Isman, 2017), borneol (Tak & Isman, 2017) e do sesquiterpeno  $\beta$ -cariofileno (Lima et al., 2019), para diversos insetos.

Rossi e Palacios (2015) relatam que o uso do óleo essencial de *E. cinerea* e/ou, do composto isolado 1,8-cineol como inseticidas é uma alternativa interessante para controlar insetos, podendo diminuir assim as doses de inseticidas sintéticos.

As mais recentes investigações em vários países confirmam que alguns óleos essenciais de plantas não têm apenas a capacidade de repelir insetos, mas apresentam também ação inseticida através do contato direto ou pelas vias respiratórias dos insetos (Corrêa & Salgado, 2011). Por sua vez, pouco, ou nada, se sabe sobre a atratividade desses compostos, aqui relatados, sobre pragas na eucaliptocultura.

Em geral, a bibliografia disponível mostra que os compostos presentes no óleo essencial de folhas de eucalipto são comuns ao encontrado nas amostras de óleo essencial analisadas neste estudo. No entanto, os resultados apresentados acima demonstram haver diferenças entre genótipos (resistente e suscetível ao percevejo bronzeado) e entre folhas com inseto e sem inseto.

## CONCLUSÃO

Os resultados apresentados acima indicam uma grande chance de algum desses compostos integrar o manejo integrado para o controle de *T. peregrinus*. Os compostos poderão ter três aplicações: repelentes, fitotoxicidade ou atratividade. Nos dois primeiros casos, o composto repelirá ou exterminará o inseto, enquanto no terceiro caso, o composto poderá ser utilizado como isca.

Encontram-se em desenvolvimento estudos sobre essas três possibilidades: repelência, fitotoxicidade ou atratividade.

Os resultados demonstram a possibilidade do uso do óleo essencial extraído de folhas de eucalipto no MIP, especificamente para o percevejo bronzeado. Os resultados obtidos e apresentados também abrem a possibilidade do mesmo estudo para outras pragas importantes da eucaliptocultura.

## AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo suporte financeiro e bolsas concedidas para a consecução desse trabalho e a Central de Espectrometria de Massas de Micromoléculas Orgânicas (CEMMO) do Departamento de Física e Química da Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Ribeirão Preto.

## REFERÊNCIAS

- Adams, R. P. (2007). *Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry* (Vol. 456, pp. 544-545). Carol Stream: Allured Publishing Corporation.
- Adeyemi, A. D., Oluigbo, C. C., Esan, A. O., Bello, M. O., Oladoye, S. O., Emmanuel, C. P., & Effiong, E. (2021). Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oils of 14 known *Ficus* species—a concise. *Biointerface Research in Applied Chemistry*, 12(6), 8003-8034. <http://dx.doi.org/10.33263/BRIAC126.80038034>.
- Atanasova, D., Ganchev, D., & Nenov, N. (2018). Efficacy of some plant essential oils against cotton aphid, *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) under laboratory conditions. *Mayfeb Journal of Agricultural Science*, 1, 10-16.
- Bader, A., AlQathama, A., Cioni, P. L., Ceccarini, L., Abdelhady, M. I. S., Al-Shareef, W., Ascrizzi, R., & Flamini, G. (2022). Essential oil biodiversity of *Achillea ligustica* All. obtained from mainland and island populations. *Plants*, 11(8), 1054. PMID:35448782. <http://dx.doi.org/10.3390/plants11081054>.

- Barbosa, L. C. A., Filomeno, C. A., & Teixeira, R. R. (2016). Chemical variability and biological activities of *Eucalyptus* spp. essential oils. *Molecules*, 21(12), 1671. PMID:27941612. <http://dx.doi.org/10.3390/molecules21121671>.
- Barbosa, L. R., Santos, F., Machado, B. O., Wilcken, C. F., Soliman, E. P., & Zaché, B. (2012). *Percevejo bronzeado do eucalipto: reconhecimento, danos e direcionamentos para o controle*. Colombo: Embrapa Florestas.
- Batish, D. R., Singh, H. P., Kohli, R. K., & Kaur, S. (2008). Eucalyptus essential oil as a natural pesticide. *Forest Ecology and Management*, 256(12), 2166-2174. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2008.08.008>.
- Batish, D. R., Singh, H. P., Setia, N., Kaur, S., & Kohli, R. K. (2006). Chemical composition and phytotoxicity of volatile essential oil from intact and fallen leaves of *Eucalyptus citriodora*. *Zeitschrift für Naturforschung C*, 61(7-8), 465-471. <http://dx.doi.org/10.1515/znc-2006-7-801>.
- Batista-Pereira, L. G., Fernandes, J. B., Corrêa, A. G., Silva, M. F. G. F., & Vieira, P. C. (2006). Electrophysiological responses of eucalyptus brown looper *Thyrinteina arnobia* to essential oils of seven *Eucalyptus* species. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 17(3), 555-561. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-50532006000300019>.
- Belhachemi, A., Maatoug, M. H., & Canela-Garayoa, R. (2022). GC-MS and GC-FID analyses of the essential oil of *Eucalyptus camaldulensis* grown under greenhouses differentiated by the LDPE cover-films. *Industrial Crops and Products*, 178, 114606. <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.114606>.
- Box, G. E., & Cox, D. R. (1964). An analysis of transformations. *Journal of the Royal Statistical Society. Series B. Methodological*, 26(2), 211-243. <http://dx.doi.org/10.1111/j.2517-6161.1964.tb00553.x>.
- Carpintero, D. L., & Dellapé, P. M. (2006). A new species of *Thaumastocoris kirkaldy* from Argentina (Heteroptera: Thaumastocoridae: Thaumastocorinae). *Zootaxa*, 1228(1), 61-68. <http://dx.doi.org/10.11646/zootaxa.1228.1.4>.
- Chaves, T. P., Pinheiro, R. E. E., Melo, E. S., Soares, M. J. S., Souza, J. S. N., Andrade, T. B., Lemos, T. L. G., & Coutinho, H. D. M. (2018). Essential oil of *Eucalyptus camaldulensis* Dehn potentiates  $\beta$ -lactam activity against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* resistant strains. *Industrial Crops and Products*, 112, 70-74. <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.10.048>.
- Cheng, S. S., Huang, C. G., Chen, Y. J., Yu, J. J., Chen, W. J., & Chang, S. T. (2009). Chemical compositions and larvicidal activities of leaf essential oils from two eucalyptus species. *Bioresource Technology*, 100(1), 452-456. PMID:18396398. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2008.02.038>.
- Chu, S. S., Hu, J. F., & Liu, Z. L. (2011). Composition of essential oil of Chinese *Chenopodium ambrosioides* and insecticidal activity against maize weevil, *Sitophilus zeamais*. *Pest Management Science*, 67(6), 714-718. PMID:21360645. <http://dx.doi.org/10.1002/ps.2112>.
- Clavijo-Romero, A., Quintanilla-Carvajal, M. X., & Ruiz, Y. (2019). Stability and antimicrobial activity of eucalyptus essential oil emulsions. *Food Science & Technology International*, 25(1), 24-37. PMID:30149730. <http://dx.doi.org/10.1177/1082013218794841>.
- Coats, J. R., Karr, L. L., & Drewes, C. D. (1991). Toxicity and neurotoxic effects of monoterpenoids: in insects and earthworms. In P. A. Hedin (Ed.), *Naturally occurring pest bioregulators* (Vol. 449, pp. 305-316). Washington, DC: American Chemical Society.
- Corrêa, J. C. R., & Salgado, H. D. N. (2011). Atividade inseticida das plantas e aplicações: revisão. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, 13(4), 500-506. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-05722011000400016>.
- Costa, A. A., Naspi, C. V., Lucia, A., & Masuh, H. M. (2017). Repellent and larvicidal activity of the essential oil from *Eucalyptus nitens* against *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* (Diptera: culicidae). *Journal of Medical Entomology*, 54(3), 670-676. PMID:28399283. <http://dx.doi.org/10.1093/jme/tjw222>.
- Heath, R. R., Landolt, P. J., Tumlinson, J. H., Chambers, D. L., Murphy, R. E., Doolittle, R. E., Dueben, B. D., Sivinski, J., & Calkins, C. O. (1991). Analysis, synthesis, formulation, and field testing of three major components of male Mediterranean fruit fly pheromone. *Journal of Chemical Ecology*, 17(9), 1925-1940. PMID:24257931. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00993739>.
- Horváth, A., Pandur, E., Sipos, K., Micalizzi, G., Mondello, L., Böszörményi, A., Birinyi, P., & Horváth, G. (2022). Anti-inflammatory effects of lavender and eucalyptus essential oils on the in vitro cell culture model of bladder pain syndrome using T24 cells. *BMC Complementary Medicine and Therapies*, 22(1), 119. PMID:35490236. <http://dx.doi.org/10.1186/s12906-022-03604-2>.
- Indústria Brasileira de Árvores – IBÁ. (2019). *Relatório 2019*. São Paulo: IBÁ.
- Jerbi, A., Derbali, A., Elfeki, A., & Kammoun, M. (2017). Essential oil composition and biological activities of *Eucalyptus globulus* leaves extracts from Tunisia. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 20(2), 438-448. <http://dx.doi.org/10.1080/0972060X.2017.1304832>.
- Jumbo, L. O. V., Corrêa, M. J. M., Gomes, J. M., Armijos, M. J. G., Valarezo, E., Mantilla-Afanador, J. G., Machado, F. P., Rocha, L., Aguiar, R. W. S., & Oliveira, E. E. (2022). Potential of *Bursera graveolens*

- essential oil for controlling bean weevil infestations: toxicity, repellence, and action targets. *Industrial Crops and Products*, 178, 114611. <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.114611>.
- Lemes, P. G., Zanuncio, J. C., Serrão, J. E., & Lawson, S. A. (2017). Forest Stewardship Council (FSC) pesticide policy and integrated pest management in certified tropical plantations. *Environmental Science and Pollution Research International*, 24(2), 1283-1295. PMID:27771878. <http://dx.doi.org/10.1007/s11356-016-7729-3>.
- Lima, M. E. C., Oliveira, H., Monteiro, A. F. M., & Fazolin, M. (2019). Avaliação inseticida de composições químicas por adição de monoterpenos, sesquiterpenos e fenilpropanoides ao dilapiol. In V. S. Álvares & F. M. Estanislau (Eds.), *II Seminário da Embrapa Acre de Iniciação Científica e Pós-graduação: a contribuição da ciência para a agropecuária no Acre* (pp. 51-56). Rio Branco, Brasil: Embrapa Acre.
- Lorencetti, G. A. T., Mazaro, S. M., Potrich, M., Lozano, E. R., Barbosa, L. R., Luckmann, D., & Dallacort, S. (2015). Produtos alternativos para controle de *Thaumastocoris peregrinus* e indução de resistência em plantas. *Floresta e Ambiente*, 22(4), 541-548. <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.066913>.
- Lougraimzi, H., Benhima, R., Kholssi, R. R., Fatima, E., Achbani, E. H., & Fadli, M. (2022). Chemical composition and insecticidal potential of *Pulicaria incisa* (Lam) essential oil from Moroccan plant against *Sitophilus oryzae* (L.) and *Tribolium castaneum* (Herbst.). *Biointerface Research in Applied Chemistry*, 12(2), 2262-2274.
- Lucia, A., Audino, P. G., Seccacini, E., Licastro, S., Zerba, E., & Masuh, H. (2007). Larvicidal effect of *Eucalyptus grandis* essential oil and turpentine and their major components on *Aedes aegypti* larvae. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 23(3), 299-303. PMID:17939510. [http://dx.doi.org/10.2987/8756-971X\(2007\)23\[299:LEOEGE\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.2987/8756-971X(2007)23[299:LEOEGE]2.0.CO;2).
- Luís, Â., Duarte, A., Gominho, J., Domingues, F., & Duarte, A. P. (2016). Chemical composition, antioxidant, antibacterial and anti-quorum sensing activities of *Eucalyptus globulus* and *Eucalyptus radiata* essential oils. *Industrial Crops and Products*, 79, 274-282. <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.10.055>.
- Majdoub, S., Chaabane-Banaoues, R., Mokni, R. E., Chaieb, I., Piras, A., Porcedda, S., & Hammami, S. (2022). Composition, Insecticidal and antifungal activities of Tunisian *Daucus setifolius* essential oil. *Waste and Biomass Valorization*, 13(7), 3161-3170. <http://dx.doi.org/10.1007/s12649-022-01733-w>.
- Mubarak, E. E., Landa, Z. A., Ahmed, I. F. A., Ahmed, A. B. A., & Taha, R. M. (2015). Essential oil compositions and cytotoxicity from various organs of *Eucalyptus camaldulensis*. *International Journal of Agriculture and Biology*, 17(2), 320-326.
- Nadel, R. L., & Noack, A. E. (2012). Current understanding of the biology of *Thaumastocoris peregrinus* in the quest for a management strategy. *International Journal of Pest Management*, 58(3), 257-266. <http://dx.doi.org/10.1080/09670874.2012.659228>.
- Ndiaye, E. H. B., Diop, M. B., Gueye, M. T., Ndiaye, I., Diop, S. M., Fauconnier, M. L., & Lognay, G. (2018). Characterization of essential oils and hydrosols from senegalese *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. *The Journal of Essential Oil Research*, 30(2), 131-141. <http://dx.doi.org/10.1080/10412905.2017.1420554>.
- Noack, A. E., Kaapro, J., Bartimote-Aufflick, K., Mansfield, S., & Rose, H. A. (2009). Efficacy of imidacloprid in the control of *Thaumastocoris peregrinus* on *Eucalyptus scoparia* in Sydney, Australia. *Journal of Arboriculture*, 35(4), 192-196. <http://dx.doi.org/10.48044/jauf.2009.032>.
- Pajaro-Castro, N., Caballero-Gallardo, K., & Olivero-Verbel, J. (2017). Neurotoxic effects of linalool and  $\beta$ -pinene on *Tribolium castaneum* Herbst. *Molecules*, 22(12), 2052. PMID:29186788. <http://dx.doi.org/10.3390/molecules22122052>.
- Pandey, R., Kalra, A., Tandon, S., Mehrotra, N., Singh, H. N., & Kumar, S. (2000). Essential oils as potent source of nematocidal compounds. *Journal of Phytopathology*, 148(7-8), 501-502. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1439-0434.2000.00493.x>.
- Parra-O, C., Bayly, M. J., Drinnan, A., Udovicic, F., & Ladiges, P. (2010). Phylogeny, major clades and infrageneric classification of *Corymbia* (Myrtaceae), based on nuclear ribosomal DNA and morphology. *Australian Systematic Botany*, 23(2), 384-399. [http://dx.doi.org/10.1071/SB09028\\_CO](http://dx.doi.org/10.1071/SB09028_CO).
- Pinto, Z. T., Fernández-Sánchez, F., Santos, A. R., Amaral, A. C. F., Ferreira, J. L. P., Escalona-Arranz, J. C., & Queiroz, M. M. C. (2015). Effect of *Cymbopogon citrates* (Poaceae) oil and citral on post-embryonic time of blowflies. *Journal of Entomology and Nematology*, 7(6), 54-64. <http://dx.doi.org/10.5897/JEN2015.0138>.
- Quesada, C. R., & Sadof, C. S. (2019). Field evaluation of insecticides and application timing on natural enemies of selected armored and soft scales. *Biological Control*, 133, 81-90. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocontrol.2019.03.013>.
- R Core Team. (2022). *R: a language and environment for statistical computing*. Viena: R Foundation for Statistical Computing.

- Reis, S. L., Mantello, A. G., Macedo, J. M., Gelfuso, E. A., Silva, C. P., Fachin, A. L., Cardoso, A. M., & Beleboni, R. O. (2016). Typical monoterpenes as insecticides and repellents against stored grain pests. *Molecules*, 21(3), 258. PMID:26907246. <http://dx.doi.org/10.3390/molecules21030258>.
- Roh, C., & Jung, U. (2012). Screening of crude plant extracts with anti-obesity activity. *International Journal of Molecular Sciences*, 13(2), 1710-1719. PMID:22408418. <http://dx.doi.org/10.3390/ijms13021710>.
- Rossi, Y. E., & Palacios, S. M. (2015). Insecticidal toxicity of *Eucalyptus cinerea* essential oil and 1, 8-cineole against *Musca domestica* and possible uses according to the metabolic response of flies. *Industrial Crops and Products*, 63, 133-137. <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.10.019>.
- Russo, S., Grass, M. A. Y., Fontana, H. C., & Leonelli, E. (2018). Insecticidal activity of essential oil from *Eucalyptus globulus* against *Aphis nerii* (Boyer) and *Gynaikothrips ficorum* (Marchal). *Agriscientia*, 35(1), 63-67. <http://dx.doi.org/10.31047/1668.298x.v1.n35.20458>.
- Saad, E.-Z., Hussien, R., Saher, F., & Ahmed, Z. (2006). Acaricidal activities of some essential oils and their monoterpenoidal constituents against house dust mite, *Dermatophagoides pteronyssinus* (Acari: pyroglyphidae). *Journal of Zhejiang University. Science B*, 7(12), 957-962. PMID:17111463. <http://dx.doi.org/10.1631/jzus.2006.B0957>.
- Salehi, B., Sharifi-Rad, J., Quispe, C., Llaique, H., Villalobos, M., Smeriglio, A., Trombetta, D., Ezzat, S. M., Salem, M. A., Zayed, A., Castillo, C. M. S., Yazdi, S. E., Sen, S., Acharya, K., Sharopov, F., & Martins, N. (2019). Insights into *Eucalyptus* genus chemical constituents, biological activities and health-promoting effects. *Trends in Food Science & Technology*, 91, 609-624. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2019.08.003>.
- Salgado, S. L. M., Campos, V. P., Cardos, M. D. G., & Salgado, A. P. S. (2003). Hatching and mortality of second-stage juveniles of *Meloidogyne exigua* in essential plant oils. *Nematologia Brasileira*, 27, 17-22.
- Santos, A., Oumar, Z., Arnhold, A., Silva, N., Silva, C. O., & Zanetti, R. (2017). Multispectral characterization, prediction and mapping of *Thaumastocoris peregrinus* (Hemiptera: Thaumastoridae) attack in *Eucalyptus* plantations using remote sensing. *Journal of Spatial Science*, 62(1), 127-137.
- Skoczek, A., Piesik, D., Wenda-Piesik, A., Buszewski, B., Bocianowski, J., & Wawrzyniak, M. (2017). Volatile organic compounds released by maize following herbivory or insect extract application and communication between plants. *Journal of Applied Entomology*, 141(8), 630-643. <http://dx.doi.org/10.1111/jen.12367>.
- Souza, T. F. D., & Fávero, S. (2015). Avaliação de óleo essencial de *Eucalyptus urograndis* (Myrtaceae) no controle de Pentatomidae. *Ciência Agrônômica*, 46(1), 216-222. <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-66902015000100025>.
- Sparks, T. C., & Nauen, R. (2015). IRAC: mode of action classification and insecticide resistance management. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 121, 122-128. PMID:26047120. <http://dx.doi.org/10.1016/j.pestbp.2014.11.014>.
- Tak, J. H., & Isman, M. B. (2015). Enhanced cuticular penetration as the mechanism for synergy of insecticidal constituents of rosemary essential oil in *Trichoplusia ni*. *Scientific Reports*, 5(1), 12690. PMID:26223769. <http://dx.doi.org/10.1038/srep12690>.
- Tak, J. H., & Isman, M. B. (2016). Metabolism of citral, the major constituent of lemongrass oil, in the cabbage looper, *Trichoplusia ni*, and effects of enzyme inhibitors on toxicity and metabolism. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 133, 20-25. PMID:27742357. <http://dx.doi.org/10.1016/j.pestbp.2016.03.009>.
- Tak, J. H., & Isman, M. B. (2017). Penetration-enhancement underlies synergy of plant essential oil terpenoids as insecticides in the cabbage looper, *Trichoplusia ni*. *Scientific Reports*, 7(1), 42432. PMID:28181580. <http://dx.doi.org/10.1038/srep42432>.
- Tolozá, A. C., Zygodlo, J., Cueto, G. M., Biurrun, F., Zerba, E., & Picollo, M. I. (2006). Fumigant and repellent properties of essential oils and component compounds against permethrin-resistant *Pediculus humanus capitis* (Anoplura: Pediculidae) from Argentina. *Journal of Medical Entomology*, 43(5), 889-895. PMID:17017225. [http://dx.doi.org/10.1603/0022-2585\(2006\)43\[889:FARPOE\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1603/0022-2585(2006)43[889:FARPOE]2.0.CO;2).
- Trigg, J. K. (1996). Evaluation of a eucalyptus-based repellent against *Culicoides impunctatus* (Diptera: Ceratopogonidae) in Scotland. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 12(2 Pt 1), 329-330. PMID:8827615.
- Trigg, J. K., & Hill, N. (1996). Laboratory evaluation of a eucalyptus-based repellent against four biting arthropods. *Phytotherapy Research*, 10(4), 313-316. [http://dx.doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1573\(199606\)10:4<313::AID-PTR854>3.0.CO;2-O](http://dx.doi.org/10.1002/(SICI)1099-1573(199606)10:4<313::AID-PTR854>3.0.CO;2-O).
- Tripathi, A. K., & Mishra, S. (2016). Plant monoterpenoids (prospective pesticides). In Omkar (Ed.), *Ecofriendly pest management for food security* (pp. 507-524). London: Academic Press. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-803265-7.00016-6>.

- Üstüner, T., Kordali, Ş., Bozhüyük, A. U., & Kesdek, M. (2018). Investigation of pesticidal activities of essential oil of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. *Records of Natural Products*, 12(6), 557-568. <http://dx.doi.org/10.25135/rnp.64.18.02.088>.
- Van Den Dool, H., & Kratz, P. D. (1963). A generalization of the retention index system including linear temperature programmed gas-liquid partition chromatography. *Journal of Chromatography A*, 11(2), 463-471. PMID:14062605. [http://dx.doi.org/10.1016/S0021-9673\(01\)80947-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0021-9673(01)80947-X).
- Watanabe, K., Shono, Y., Kakimizu, A., Okada, A., Matsuo, N., Satoh, A., & Nishimura, H. (1993). New mosquito repellent from *Eucalyptus camaldulensis*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 41(11), 2164-2166. <http://dx.doi.org/10.1021/jf00035a065>.
- Wilcken, C. F., Pogetto, M. H. F. D. A., Lima, A. C. V., Soliman, E. P., Fernandes, B. V., Silva, I. M., Zanuncio, A. J. V., Barbosa, L. R., & Zanuncio, J. C. (2019). Chemical vs entomopathogenic control of *Thaumastocoris peregrinus* (Hemiptera: Thaumastocoridae) via aerial application in eucalyptus plantations. *Scientific Reports*, 9(1), 9416. PMID:31263121. <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-019-45802-y>.
- Yang, Y. C., Choi, H. Y., Choi, W. S., Clark, J. M., & Ahn, Y. J. (2004). Ovicidal and adulticidal activity of *Eucalyptus globulus* leaf oil terpenoids against *Pediculus humanus capitis* (Anoplura: pediculidae). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(9), 2507-2511. PMID:15113148. <http://dx.doi.org/10.1021/jf0354803>.
- Zhang, Z., Pang, X., Guo, S., Cao, J., Wang, Y., Chen, Z., Feng, Y., Lei, N., & Du, S. (2019). Insecticidal activity of *Artemisia frigida* Willd. essential oil and its constituents against three stored product insects. *Records of Natural Products*, 13(2), 176-181. <http://dx.doi.org/10.25135/rnp.91.18.06.114>.

**Contribuição dos Autores:** RCA: Investigação, Metodologia, Análise Formal, Escrita – Primeira Redação; LHA: Metodologia, Validação; JPL: Metodologia, Validação; TTCS: Metodologia, Validação; FSRM: Metodologia, Validação; CFFG: Curadoria de Dados, Escrita – Revisão e Edição; VS: Metodologia, Validação; JFG: Metodologia, Validação; LLM: Software; AM: Metodologia, Validação; MLL: Conceituação, Metodologia, Obtenção de Financiamento, Administração do Projeto, Recursos, Supervisão, Escrita – Revisão e Edição.