

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PROTEÇÃO DE PLANTAS

MARIA EUGÊNIA VIEIRA XAVIER

**Interações e ecologia química de *Costalimaita ferruginea* (Fabricius, 1801)  
(Coleoptera: Chrysomelidae) em clones de *Eucalyptus urograndis* (Myrtaceae)**

Rio Largo, AL

2019

MARIA EUGÊNIA VIEIRA XAVIER

**Interações e ecologia química de *Costalimaita ferruginea* (Fabricius, 1801)  
(Coleoptera: Chrysomelidae) em clones de *Eucalyptus urograndis* (Myrtaceae)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Proteção de Plantas, do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal de Alagoas, como requisito obrigatório para a obtenção do título de Mestre em Proteção de Plantas.

Orientador (a): Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Mariana Oliveira Breda  
Co-orientador: Dr. João Gomes da Costa

Rio Largo, AL

2019

Catálogo na fonte  
Universidade Federal de Alagoas  
Biblioteca Setorial do Centro de Ciências Agrárias  
Bibliotecário: Erisson Rodrigues de Santana

X3i Xavier, Maria Eugenia

Interações e ecologia química de *costalimaita ferruginea* (Fabricius, 1801) (Coleoptera: chrysomelidae) em clones de *eucalyptus urograndis* (myrtaceae). Rio Largo-AL – 2019.  
63 f.; il; 33 cm

Dissertação (Mestrado em Proteção de Plantas) - Universidade Federal de Alagoas, Centro de Ciências Agrárias. Rio Largo, 2019.

Orientador(a): Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Mariana Oliveira Breda.  
Co-orientador: Dr. João Gomes da Costa.

1. Besouro desfolhador 2. Eucaliptocultura. 3. Nível de injúrias.  
4. Compostos orgânicos voláteis I. Título.

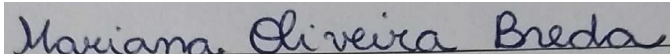
CDU: 630\*2

Folha de Aprovação

MARIA EUGÊNIA VIEIRA XAVIER

**Interações e ecologia química de *Costalimaita ferruginea* (Fabricius, 1801)  
(Coleoptera: Chrysomelidae) em clones de *Eucalyptus urograndis* (Myrtaceae)**

Dissertação submetida a banca avaliadora como  
requisito para a conclusão do curso de Mestrado  
em Proteção de Plantas.



---

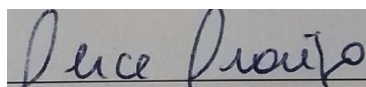
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Mariana Oliveira Breda. Universidade Federal de Alagoas  
Orientadora

Banca examinadora:



---

Dr. Elio César Guzzo. Embrapa Tabuleiros Costeiros  
Membro Titular da Banca



---

Dr<sup>a</sup>. Alice Maria Nascimento de Araújo. Universidade Federal de Alagoas  
Membro Titular da Banca

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer inicialmente a Deus, por sempre está ao meu lado me dando forças. Posteriormente, a minha mãe, Antônia Maria Vieira da Silva, por todo o apoio e incentivo que me deu desde a graduação até hoje quando concluo o meu mestrado, mesmo sem compreender absolutamente para que eu passava tanto tempo na Universidade.

Ao meu namorado, Marlon Lira Paes Angelo, por ter muita paciência comigo durante a dissertação, agradeço por todo seu apoio, amor e carinho em todos os momentos dessa jornada.

Agradeço muito a todos os professores e funcionários do Centro de Ciências Agrárias e do Programa de Pós-Graduação em Proteção de Plantas da Universidade Federal de Alagoas, que de alguma forma contribuíram na minha formação, especialmente, à Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Sônia Maria Forti Broglio, por todo o conhecimento passado.

Faço um agradecimento mais que especial a minha orientadora Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Mariana Oliveira Breda, que sempre me orientou e incentivou da melhor forma possível durante todo o mestrado, além das contribuições valiosas neste trabalho.

Agradeço imensamente ao meu co-orientador, Dr. João Gomes da Costa, pois sempre esteve presente e me apoiou sempre que solicitava, além de se tornar um grande amigo.

Aos pesquisadores e funcionários da Embrapa Tabuleiros Costeiros onde fui acolhida desde a graduação até o mestrado, especialmente, a Tamara Cláudia de Araújo Gomes e Marissônia Noronha, por sempre me incentivarem a continuar no caminho da pesquisa.

Agradeço aos meus amigos, Elmadã Pereira Gonzaga, Djison Silvestre e Lindinalva dos Santos, que foram essenciais para a realização desse trabalho, além dos momentos de descontrações.

Ao Laboratório de Pesquisa em Recursos Naturais (LPqRN), onde foram realizadas as análises de voláteis, em especial, Ariane Soares e Jakeline Maria, que auxiliaram durante os trabalhos.

**Muito obrigado a todos.**

## RESUMO

A eucaliptocultura vem sendo introduzida em Alagoas através da expansão da implantação de povoamentos florestais clonais de *Eucalyptus urograndis*, em substituição a áreas degradadas e/ou anteriormente cultivadas com cana-de-açúcar. A expansão e o monocultivo de *E. urograndis*, em áreas extensas e contíguas, favorecem a ocorrência de surtos populacionais de insetos, como o besouro desfolhador, *Costalimaita ferruginea* (Fabricius, 1801) (Coleoptera: Chrysomelidae). Assim, o objetivo desse estudo foi analisar as interações de *C. ferruginea* e clones de *E. urograndis* (VE 41, II 44, TP 361, VCC 865), através da avaliação do consumo foliar em laboratório; da elaboração de escala diagramática visual para determinação dos níveis de injúrias nos diferentes clones; e da verificação do padrão de distribuição espacial, vertical e temporal de injúrias de *C. ferruginea* em povoamento florestal experimental no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas (CECA/UFAL). Além disso, a presente pesquisa teve como objetivo, o estudo da ecologia de *C. ferruginea* em *E. urograndis* através da coleta de compostos voláteis emitidos por machos e fêmeas, na presença e ausência de alimento, em sistema de aeração. Os resultados obtidos em laboratório, indicam um maior consumo foliar de *C. ferruginea* no clone II 44 quando comparado ao clone VCC 865. Uma escala diagramática de notas de injúrias de *C. ferruginea* em clones de *E. urograndis*, foi determinada com níveis de injúrias variando de 1 a 4. Espacialmente, as injúrias de *C. ferruginea*, concentraram-se, em sua maioria, na bordadura do talhão em relação ao seu interior. Verticalmente, as injúrias analisadas apresentaram padrão geral de distribuição na região apical e mediana, variando entre os clones. Após 12 meses de avaliação, foi verificada uma baixa intensidade média de injúrias de *C. ferruginea* em clones de *E. urograndis*. Para a ecologia química, foi identificado um total de 24 compostos voláteis. Dentre eles, o composto Heptadecano foi específico para as amostras com fêmeas de *C. ferruginea*. Tetradeceno e (Z)-9- Ácido octadecenoico, foram específicos para os machos. 2-Nonenal, trans Geraniol,  $\alpha$ -Pinenol e Trideceno, específicos para fêmea e macho sem alimento. Os compostos  $\beta$ -Ocimeno, Linalool, (E,E)-2,8-Dimethyl-1,7-dioxaspiro[5.5]undecano,  $\alpha$ -Copaeno e Octadecano foram obtidos em amostras de machos e fêmeas com a presença de alimento. Os compostos trans-Cariofileno e Eucaliptol foram encontrados em todas as amostras analisadas. Os resultados obtidos são pioneiros para a interação de *C. ferruginea* e *E. urograndis* no estado de Alagoas e apresentam informações básicas para o desenvolvimento de programas de Manejo Integrado de Pragas Florestais.

**Palavras-chave:** Besouro desfolhador, eucaliptocultura, nível de injúrias, compostos orgânicos voláteis.

## ABSTRACT

Eucalyptus cultivation was introduced in Alagoas through the expansion of clonal forest stands of *Eucalyptus urograndis*, replacing degraded areas and / or previously cultivated with sugarcane. The expansion and monoculture of *E. urograndis*, in extensive and contiguous areas, favor the occurrence of insect population outbreaks, such as the defoliator beetle, *Costalimaita ferruginea* (Fabricius, 1801) (Coleoptera: Chrysomelidae). Thus, the objective of this study was to analyze the interactions of *C. ferruginea* and *E. urograndis* clones (VE 41, I1 44, TP 361, VCC 865), through the evaluation of leaf consumption in laboratory; the elaboration of a visual diagrammatic scale for determination of the injury levels on the clones; and the verification of spatial, vertical and temporal of distribution patterns *C. ferruginea* injuries in an experimental forest stands on the Center of Agricultural Sciences of the Federal University of Alagoas (CECA/UFAL). In addition, the present study aimed to study the ecology of *C. ferruginea* in *E. urograndis* through the sampling of volatile compounds emitted by males and females, in the presence and absence of food, by headspace techniques. The results obtained in laboratory, indicate a higher leaf consumption of *C. ferruginea* on the clone I1 44 when compared to the clone VCC 865. A visual diagrammatic scale of injury notes of *C. ferruginea* in *E. urograndis* clones was determined with levels of injury varying from 1 to 4. Spatially, the injuries of *C. ferruginea* were mostly settled on the edge of the plot in relation to its interior. Vertically, the injuries showed a general pattern of distribution in the apical and medial region, varying among the clones. After 12 months, a low intensity of *C. ferruginea* mean injury was observed for all the *E. urograndis* clones. For chemical ecology, a total of 24 volatile compounds were identified. Among them, the compound Heptadecane was specific for the samples of *C. ferruginea* females. Tetradecene and (Z)-9- Octadecenoic acid, were specific for male samples. 2-Nonenal, trans Geraniol,  $\alpha$ -Pinene and Tridecene, were specific for female and male samples in the absence of food. The compounds  $\beta$ -Ocimene, Linalool, (E,E)-2,8-Dimethyl-1,7-dioxaspiro[5.5]undecane,  $\alpha$ -Copaene and Octadecane were obtained in samples of males and females in the presence of food. The compounds trans-Caryophyllene and Eucaliptol were found in all analyzed samples. The results obtained are pioneers for the interaction of *C. ferruginea* and *E. urograndis* in the State of Alagoas and present basic information for the development of Forest Integrated Pest Management.

**Keywords:** Defoliator beetle, eucalyptus, injury levels, volatile organic compounds.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Croqui de povoamento florestal experimental clonal de <i>Eucalyptus urograndis</i> e distribuição dos clones TP 361, VCC 865, I1 44 e VE 41 (B), no Centro de Ciências Agrárias (CECA) da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), em Rio Largo, Alagoas..	34
<b>Figura 2.</b> Escala diagramática de notas de injúrias de <i>Costalimaita ferruginea</i> (Coleoptera: Chrysomelidae) em plantas de <i>Eucalyptus urograndis</i> .....	36
<b>Figura 3.</b> Distribuição espacial dos níveis de injúrias (1, 2, 3 e 4) de <i>Costalimaita ferruginea</i> (Coleoptera: Chrysomelidae) em povoamento florestal clonal de <i>Eucalyptus urograndis</i> .....	39
<b>Figura 4.</b> Porcentagem de injúrias de <i>Costalimaita ferruginea</i> (Coleoptera: Chrysomelidae) nas regiões copa, mediana e basal de clones (TP 361, VE 41, VCC 865, I1 44) de <i>Eucalyptus urograndis</i> sob diferentes níveis de injúrias (1, 2, 3, 4).....	41
<b>Figura 5.</b> Porcentagem média de injúrias de <i>Costalimaita ferruginea</i> (Coleoptera: Chrysomelidae) em diferentes níveis nas regiões de copa, mediana e basal em <i>Eucalyptus urograndis</i> .....	42
<b>Figura 6.</b> Distribuição de nível de injúrias (Média±EP) e flutuação temporal de <i>Costalimaita ferruginea</i> (Coleoptera: Chrysomelidae) em clones de <i>Eucalyptus urograndis</i> (TP 361, VE 41, I 144 e VCC 865). Rio Largo, Alagoas, 2018 (Jan/Dez). ns = não significativo; * = $P \leq 0,05$ ; ** = $P < 0,0001$ .....	43
<b>Figura 7.</b> Níveis de injúrias totais (Média±EP) de <i>Costalimaita ferruginea</i> (Coleoptera: Chrysomelidae) em clones de <i>Eucalyptus urograndis</i> (TP 361, VE 41, I 144 e VCC 865). Rio Largo, Alagoas, 2018 (Jan/Dez). .....	44
<b>Figura 8.</b> Cromatograma dos voláteis de fêmeas de <i>Costalimaita ferruginea</i> (Coleoptera: Chrysomelidae) em <i>Eucalyptus urograndis</i> . Rio Largo, Alagoas.....	57
<b>Figura 9.</b> Cromatograma dos voláteis de machos de <i>Costalimaita ferruginea</i> (Coleoptera: Chrysomelidae) em <i>Eucalyptus urograndis</i> . Rio Largo, Alagoas.....	58
<b>Figura 10.</b> Cromatograma de voláteis de fêmeas e machos de <i>Costalimaita ferruginea</i> (Coleoptera: Chrysomelidae) sem a presença de alimento. Rio Largo, Alagoas. ....	58
<b>Figura 11.</b> Cromatograma de fêmeas e machos de <i>Costalimaita ferruginea</i> (Coleoptera: Chrysomelidae) na presença de alimento (folhas de <i>Eucalyptus urograndis</i> ). Rio Largo, Alagoas. ....	59



## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Compostos químicos identificados nos voláteis coletados através de aeração de fêmeas e machos de <i>Costalimaita ferruginea</i> com presença ou ausência de folhas de <i>Eucalyptus urograndis</i> . Rio Largo, AL. ....	56
---	----

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL .....	12
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	14
2 REVISÃO DE LITERATURA .....	17
2.1 O gênero <i>Eucalyptus</i> .....	17
2.2 <i>Eucalyptus urograndis</i> .....	18
2.3 Insetos exóticos e nativos associados ao gênero <i>Eucalyptus</i> no Brasil. ....	19
2.3.1 <i>Costalimaita ferruginea</i> (Fabricius, 1801) (Coleoptera: Chrysomelidae).....	19
2.3.2 Injúrias e danos de <i>Costalimaita ferruginea</i> (Fabricius, 1801) (Coleoptera: Chrysomelidae).....	20
2.4 Controle de <i>Costalimaita ferruginea</i> (Fabricius, 1801) (Coleoptera: Chrysomelidae).....	21
2.5 Manejo Integrado de Pragas (MIP) em sistemas florestais. ....	21
2.6 Resistência de Plantas.....	22
2.7 Ecologia Química. ....	23
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	25
Interações de <i>Costalimaita ferruginea</i> (Fabricius, 1801) (Coleoptera: Chrysomelidae) e clones de <i>Eucalyptus urograndis</i> no estado de Alagoas.....	30
RESUMO.....	30
Interactions of <i>Costalimaita ferruginea</i> (Fabricius, 1801) (Coleoptera: Chrysomelidae) and <i>Eucalyptus urograndis</i> clones in the state of Alagoas .....	31
ABSTRACT .....	31
3.1 INTRODUÇÃO.....	32
3.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	33
3.2.1 Local de execução.....	33
3.2.2 Consumo alimentar de <i>C. ferruginea</i> em diferentes clones de <i>E. urograndis</i> em laboratório.....	34
3.2.3 Escala de notas de injúrias de <i>C. ferruginea</i> em diferentes clones de <i>E. urograndis</i> . ....	35
3.2.4 Análises de injúrias de <i>C. ferruginea</i> em clones de <i>E. urograndis</i> . ....	36
3.2.4.1 Distribuição espacial de injúrias.....	36

3.2.4.2 Distribuição vertical de injúrias.....	37
3.2.4.3 Distribuição temporal de injúrias e flutuação populacional de <i>C. ferruginea</i> .....	37
3.3 RESULTADOS .....	38
3.3.1 Consumo alimentar de <i>C. ferruginea</i> em diferentes clones de <i>E. urograndis</i> em laboratório.....	38
3.3.2 Escala de notas de injúrias de <i>C. ferruginea</i> em diferentes clones de <i>E.</i> <i>urograndis</i> . .....	38
3.3.3 Distribuição espacial de injúrias em campo .....	39
3.3.4 Distribuição vertical de injúrias de <i>C. ferruginea</i> em clones de <i>E. urograndis</i> . 39	
3.3.5 Distribuição temporal de injúrias e flutuação populacional de <i>C. ferruginea</i> em clones de <i>E. urograndis</i> . .....	42
3.4 DISCUSSÃO .....	44
3.5 CONCLUSÕES .....	47
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	48
Ecologia química de <i>Costalimaita ferruginea</i> (Fabricius, 1801) (Coleoptera: Chrysomelidae) em <i>Eucalyptus urograndis</i> . .....	51
RESUMO.....	51
Chemical ecology of <i>Costalimaita ferruginea</i> (Fabricius, 1801) (Coleoptera: Chrysomelidae) in <i>Eucalyptus urograndis</i> . .....	52
ABSTRACT .....	52
4.1 INTRODUÇÃO.....	53
4.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	54
4.2.1 Coleta de <i>C. ferruginea</i> para a extração de Compostos Orgânicos Voláteis.....	54
4.2.2 Coleta dos voláteis.....	54
4.2.3 Análise dos compostos voláteis .....	55
4.3 RESULTADOS .....	56
4.4 DISCUSSÃO .....	59
4.5 CONCLUSÕES .....	61
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	61

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

A importância e expansão do setor florestal com o gênero *Eucalyptus* (Myrtaceae) na economia do Brasil, foram demonstradas inicialmente por Garlipp (1995) e por Valverde et al. (1999), estando atreladas ao rápido crescimento das espécies de *Eucalyptus* gerando aumento dos índices de produtividade e contribuindo expressivamente para a geração de emprego e renda.

Dentro do gênero *Eucalyptus*, destacam-se as espécies *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake e *E. grandis* Hill ex. Maiden, além do híbrido *E. urograndis*, oriundo do cruzamento entre essas duas espécies (FAO, 2007). Na formação dos povoamentos florestais comerciais do Brasil, clones de *E. urograndis* são amplamente utilizados por apresentar características desejáveis para o setor florestal, como a adaptação climática e a resistência a doenças e insetos (ARAÚJO et al., 2010).

Para o estado de Alagoas, a introdução da eucaliptocultura através da expansão da implantação de povoamentos florestais clonais de *E. urograndis*., em substituição a áreas com plantios de cana-de-açúcar, pastagens e áreas degradadas ou em processo de degradação, apresenta potencial significativo de contribuição para a economia do estado (APIMEC, 2015; XAVIER et al., 2018).

Entretanto, como qualquer outra espécie destinada ao monocultivo, a expansão da eucaliptocultura clonal no Brasil propiciou a introdução de insetos exóticos e a adaptação de insetos nativos, tornando-os, em sua maioria, pragas de importância florestal (QUEIROZ, 2009). Segundo Ohmart & Edwards (1991), não se deve negligenciar a ocorrência de insetos endêmicos, uma vez que, surtos populacionais em *Eucalyptus* spp. podem limitar o desenvolvimento do setor florestal, como no caso do besouro desfolhador, *Costalimaita ferruginea* (Fabricius, 1801) (Coleoptera: Chrysomelidae).

*C. ferruginea* ocorre desde a Amazônia até a Argentina (LIMA, 1955), em quase todos os estados brasileiros (SILVA, 1992). A ocorrência desse inseto em *Eucalyptus* spp. é relatada em diversos estados, como Acre (SANTOS et al., 2016), Bahia, Espírito Santo (MAFIA et al., 2014), Mato Grosso do Sul (KASSAB et al., 2011), Minas Gerais (PIRES et al., 2014), Rio Grande do Sul, Paraná (SANTOS et al., 2008), São Paulo (MONTES et al., 2012), Amapá e Pará (LUNZ & AZEVEDO, 2014) e, recentemente, em clones de *E. urograndis* no estado de Alagoas (XAVIER et al., 2018).

É relatado que o desfolhamento causado por *C. ferruginea* pode alterar a forma do fuste e interferir na qualidade da madeira produzida e, conseqüentemente, gerar

alterações significativas no estabelecimento dos povoamentos florestais de *Eucalyptus* spp. que visam a produção de multiprodutos madeireiros (ELEK et al., 2000). Mendes (2004) observou que *C. ferruginea* ocasionou uma perda de até 43% na produção de madeira de *E. urograndis*.

Dessa maneira, faz-se necessário o aprimoramento na utilização de táticas que previnam surtos populacionais de *C. ferruginea*, para o desenvolvimento e planejamento de programas de Manejo Integrado de Pragas florestais (MIP Florestas) (LUNZ & AZEVEDO, 2011).

O monitoramento é o primeiro passo para implantação de programas de manejo de pragas, sendo obtido através dos padrões de distribuição espacial, temporal e/ou vertical do inseto na área (SANTOS et al., 2003). Essas distribuições estão relacionadas ao comportamento, número de indivíduos de determinada espécie e/ou às injúrias produzidas nas plantas, visto que, uma planta pode tolerar um certo limite de ataque de um inseto sem afetar significativamente o seu desenvolvimento (FERNANDES et al., 2003). Assim, o estudo das interações de *C. ferruginea* e *E. urograndis* constitui uma ferramenta essencial para elaboração de estratégias de controle adaptadas às especificidades de diferentes regiões produtoras.

Pesquisas que envolvem a comunicação intraespecífica através de substâncias e/ou misturas de substâncias químicas, denominadas feromônios, vêm contribuindo diretamente no monitoramento e manejo de insetos em povoamentos florestais, sendo os feromônios sexuais e de agregação os que apresentam maiores resultados e perspectivas de emprego no controle de insetos-praga (TIBONI, 2007). A exemplo disso, destaca-se a utilização do feromônio sexual da lagarta-parda, *Thyrinteina arnobia* (Stoll, 1782) (Lepidoptera: Geometridae), identificado como um dos estereoisômeros do 3,4-epoxi-6,9-eneicosadieno, através do uso de armadilhas de feromônio, modelo Delta, providas com cartão adesivo (JARDEL, 2013). Souza (2013), ao estudar a ecologia química de *C. ferruginea* em *E. urograndis* na região sudeste do Brasil, identificou voláteis que sugerem a existência de um feromônio de agregação para essa espécie.

Considerando que a ocorrência de *C. ferruginea* é recente em povoamentos florestais experimentais clonais de *E. urograndis* no estado de Alagoas, torna-se necessário o conhecimento das interações desse inseto e os diferentes clones de *E. urograndis* utilizados, através da avaliação do consumo, níveis de injúrias, distribuição e flutuação populacional de *C. ferruginea*, assim como, o estudo da ecologia química dessa

espécie, contribuindo para a geração de informações base para o desenvolvimento de programas de manejo integrado de pragas florestais.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APIMEC. **Alagoas terá projeto de eucalipto para biomassa energética**. 2015. Disponível em: <[http://www.apimec.com.br/apimecNE/show.aspx?id\\_canal=2457&id\\_materia=34465](http://www.apimec.com.br/apimecNE/show.aspx?id_canal=2457&id_materia=34465)> Acesso em: 25 abr. 2017.

ARAÚJO, F. O. L. et al. Constituintes químicos e efeito ecotoxicológico do óleo volátil de folhas de *Eucalyptus urograndis* (Myrtaceae). **Química Nova**, v. 33, n. 7, p. 1510-1513, 2010.

ELEK, J. et al. Manual for managing leaf beetle defoliation in eucalypt plantations. **Tasmania: Hobart Forestry**, 2000.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION, Forestry Department. **Overview of forest pests: South Africa**. 2007. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/012/a1019e/a1019e00.pdf>>. Acesso em: 20 de novembro de 2018.

FERNANDES, M. G. et al. Distribuição espacial de *Alabama argillacea* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) em algodoeiro. **Neotropical Entomology**, v. 32, n. 1, p. 117-122, 2003.

GARLIPP, R. C. D. O boom da certificação florestal: é preciso garantir a credibilidade. **Revista Silvicultura**, v. 17, n. 61, p. 17-22, 1995.

JARDEL, A. et al. Studies towards the identification of the sex pheromone of *Thyrineina arnobia*. **Journal of Brazilian Chemical Society**, v. 12, p. 1933-1941, 2013.

KASSAB, S. O. et al. Primeiro relato de *Costalimaita ferruginea* (Fabricius, 1801) (Coleoptera: Chrysomelidae) em eucalipto no estado do Mato Grosso do Sul. **Ciência Florestal**, v. 21, n. 4, p. 777-780, 2011.

LIMA, A. C. **Insetos do Brasil - Coleópteros**. Rio de Janeiro: Escola Nacional de Agronomia. Tomo 9, Capítulo 29, 289 p, 1955.

LUNZ, A. M.; AZEVEDO, R. Caracterização da ocorrência do besouro-amarelo, *Costalimaita ferruginea* (Fabricius) (Coleoptera: Chrysomelidae), em plantios de eucalipto no Pará. **Belém: Embrapa Amazônia Oriental**, Comunicado técnico, n. 229, 5 p, 2011.

MAFIA, R. G. et al. Análise comparativa dos surtos e danos causados pelos besouros desfolhadores *Costalimaita ferruginea* (Fabricius, 1801) e *Costalimaita lurida* (Lefèvre, 1891) (Coleoptera: Chrysomelidae) em plantios de eucalipto. **Revista Árvore**, v. 38, n. 5, p. 829-836, 2014.

MONTES, S. M. N. M. et al. Avaliação de danos de adultos de *Costalimaita ferruginea* (Fabricius) (Col.: Chrysomelidae) em *Eucalyptus* spp. de Presidente Prudente, SP. **Arquivos do Instituto Biológico**, v.79, n.3, p.431-435, 2012.

OHMART, C. P.; EDWARDS, P. B. Insect herbivory on eucalyptus. **Annual Review of Entomology**, v.36, p.637-657, 1991.

PIRES, E. M. et al. New geographical distribution and seasonality of *Costalimaita ferruginea* (Coleoptera: Chrysomelidae) on *Eucalyptus* “urograndis” in Guiricema, Minas Gerais, Brazil. **Scientific Electronic Archives**, v. 5, p. 1-4, 2014.

QUEIROZ, D. L. **Pragas exóticas e potenciais a eucaliptocultura no Brasil**. 2009. Disponível em: <<http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/Pragas%20exoticas%20e%20potenciais%20a%20eucaliptocultura%20no%20Brasil.pdf>> Acesso em: 4 de janeiro de 2019.

SANTOS, A. K. et al. Distribuição e amostragem de *Sitophilus zeamais* (M.) em grãos de trigo armazenado em silo metálico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, n. 3, p. 505-512, 2003.

SANTOS, G. P. et al. Pragas do eucalipto. **Informe Agropecuário**. v. 29, n. 1, p. 43-64, 2008.

SANTOS, et al. Primeiro registro do besouro-amarelo-do-eucalipto em plantios de eucalipto no Estado do Acre. **Revista Ceres**, v. 63, n. 4, p. 584-587, 2016.

SILVA, N. A. **Taxonomia, ciclo de vida e dinâmica populacional de *Costalimaita ferruginea* (Fabr., 1801) (Coleoptera: Chrysomelidae) praga de *Eucalyptus* spp.** 1992. Tese (Doutorado em Entomologia) - ESALQ, Piracicaba, SP, 1992.

SOUZA, R. M. **Compostos voláteis de *Costalimaita ferruginea* (Fab.) (Coleoptera: Chrysomelidae) e de sua planta hospedeira, *Eucalyptus* spp.** 2013. Tese (Doutorado em Entomologia) - UFV, Viçosa, MG, 2013.

TIBONI, A. **Utilização de vidros porosos como armazenadores e liberadores de feromônios de insetos visando controle de pragas no Brasil**. 2007. Dissertação (Mestrado em Química) - UFPR, Curitiba, PR, 2007.

VALVERDE, S. R. et al. Contribuição da indústria florestal no desenvolvimento da economia brasileira: uma abordagem da matriz de insumo-produto. **Cerne**, v.5, n.2, p.41-50. 1999.

XAVIER et al. Análise de injúria de *Costalimaita ferruginea* (Coleoptera: Chrysomelidae) em plantio de eucalipto no estado de Alagoas. In: XXVII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA E X CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE ENTOMOLOGIA. 2018, Gramado, **Anais...** Gramado, 789p, 2018.



## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 O gênero *Eucalyptus*.

O gênero *Eucalyptus*, pertencente à família Myrtaceae, é originário da Austrália e foi introduzido no Brasil no final do século XIX (FOELKE, 2005). Esse gênero compreende um vasto número de espécies, o que possibilita seu cultivo em diversos climas e tipos de solos, para variados fins. Além disso, possui um rápido crescimento, favorecendo a sua produtividade (SILVEIRA, 2008).

Muitas dessas espécies, ao serem introduzidas no Brasil, encontraram condições climáticas e ecológicas favoráveis ao seu desenvolvimento, sendo cultivadas em larga escala. Em geral, são conhecidas aproximadamente 730 espécies do gênero *Eucalyptus*, entretanto, apenas 20 são amplamente utilizadas para fins comerciais em todo o mundo, destacando-se as espécies *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, *E. saligna* Smith., *E. urophylla* Blake., *E. viminalis* Labill., *E. dunnii* Maiden. e *E. benthamii* Maiden et Cabbage (SANTAROSA et al., 2014).

Nos últimos anos, o crescimento da área plantada com o gênero *Eucalyptus* foi de 2,4% ao ano, ocupando 5,7 milhões de hectares (ha) da área de árvores plantadas do Brasil estando localizadas, principalmente, nos estados de Minas Gerais (24%), São Paulo (17%) e Mato Grosso do Sul (15%) (IBÁ, 2017).

Em Alagoas, embora se tenha registros de plantações desse gênero desde 2002, apenas em meados de 2013, o cultivo de *Eucalyptus* spp. começou a ser implantado de forma expressiva, devido ao declínio econômico da cana-de-açúcar, sendo as áreas de cultivos dessa gramínea substituídas, atualmente, por povoamentos florestais. Em 2015, uma iniciativa de implantação de unidades experimentais de *Eucalyptus* spp. em diferentes regiões de Alagoas foi lançada pelo Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste (Cetene), vinculado ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), tendo como foco principal a produção de biomassa energética para cerâmicas, fábricas de gesso e usinas de cana-de-açúcar, buscando alternativas para a geração de renda dos produtores, e também para pequenos produtores que têm dificuldade com o cultivo da cultura em regiões de declive (APIMEC, 2015; GURGEL, 2018).

Ainda de forma experimental no estado, as avaliações de diferentes espécies do gênero *Eucalyptus* versus produtividade e sua relação com o ambiente ainda estão sendo realizadas e analisadas a cada colheita. Tratado por hora como poupança produtiva nos

momentos de queda dos setores produtivos agrícolas tradicionais, o setor florestal no estado de Alagoas tem probabilidade alta de crescimento e inserção nos mercados nacional e internacional (GURGEL, 2018).

Uma das vantagens na utilização de *Eucalyptus* spp. é a facilidade para obtenção de cruzamentos entre diferentes espécies, como a combinação entre *E. grandis* e *E. urophylla*, resultando no híbrido *E. urograndis*, apontado como o mais conhecido e difundido no Brasil. Esses cruzamentos contribuíram para o desenvolvimento de árvores que fossem mais adaptadas a diferentes solos e condições climáticas e mais resistentes a algumas doenças e pragas (LERAYER, 2008).

Além dos cruzamentos entre espécies, o processo de clonagem é fundamental para o setor florestal brasileiro, pois possibilita a homogeneização e a melhora na qualidade da madeira, podendo proporcionar maior resistência à seca e às principais doenças e pragas que atacam a cultura, através do melhoramento genético de indivíduos selecionados. A utilização em larga escala dessa tecnologia foi um dos principais fatores que levaram o Brasil a alcançar reputação mundial na eucaliptocultura, com produção de alta qualidade e baixo custo (ASSIS & MAFIA, 2007).

## **2.2 *Eucalyptus urograndis*.**

O híbrido *E. urograndis* foi desenvolvido no Brasil e cultivado inicialmente no estado do Espírito Santo em meados de 1979, porém, foi na década de 90 que a clonagem dessa nova espécie impulsionou o ritmo do crescimento florestal no país, bem como a qualidade mais homogênea dos povoamentos florestais (LOPES, 2008). Sabe-se que em 2013, mais de 600.000 ha foram cultivados com este híbrido, constituindo a base da silvicultura clonal brasileira (RODRIGUES et al., 2013).

De forma geral, das espécies selecionadas para cruzamento e hibridização, *E. grandis* possui característica de crescimento em altura, enquanto *E. urophylla* de crescimento em diâmetro. A junção dessas duas características promove melhorias no rendimento e uma madeira de boa qualidade (BRIGATTI et al., 1980). Entretanto, a consolidação do monocultivo em larga escala de clones do híbrido *E. urograndis*, resultou na simplificação genética dos povoamentos florestais e do ambiente, além da consequente disponibilidade de alimento, favorecendo altas densidades populacionais de insetos, causando prejuízos econômicos e atrasando o crescimento do setor florestal no país.

## **2.3 Insetos exóticos e nativos associados ao gênero *Eucalyptus* no Brasil.**

Dentre os insetos comumente associados ao cultivo de *Eucalyptus* spp. no Brasil, destacam-se as formigas cortadeiras *Atta* spp. e *Acromyrmex* spp. (Hymenoptera: Formicidae), além de insetos considerados exóticos, introduzidos acidentalmente no país, tais como o psilídeo de concha, *Glycaspis brimblecombei* (Moore, 1964) (Hemiptera: Psyllidae), a vespa-da-galha, *Leptocybe invasa* Fisher & LaSalle, 2004 (Hymenoptera: Eulophidae) e o percevejo bronzeado, *Thaumastocoris peregrinus* Carpintero & Dellapé, 2006 (Hemiptera: Thaumastocoridae) (MENEZES et al., 2012).

Além disso, a ocorrência de insetos endêmicos, que migraram de seus hospedeiros nativos, pertencentes principalmente à família Myrtaceae, é considerada um grande entrave fitossanitário para a eucaliptocultura brasileira (ANJOS et al., 1986; BARBOSA et al., 2010, WILCKEN et al., 2010). Desta forma, acredita-se que os insetos que migraram das mirtáceas nativas, para o gênero *Eucalyptus* estejam em franca adaptação ao novo hospedeiro, a exemplo das lagartas desfolhadoras da família Geometridae, e dos besouros desfolhadores (HOLTZ et al., 2003).

Entretanto, as informações sobre insetos exóticos e nativos associados a plantios de *Eucalyptus* spp. são restritas às regiões Sudeste e Centro-Oeste, verificando assim, a limitação de registros para a região Nordeste (SANTAROSA et al., 2014). Atualmente, dentre os insetos de importância florestal, destaca-se a ocorrência do besouro-amarelo, *Costalimaita ferruginea* (Fabricius, 1801) (Coleoptera: Chrysomelidae) para o estado de Alagoas (XAVIER et al., 2018).

### **2.3.1 *Costalimaita ferruginea* (Fabricius, 1801) (Coleoptera: Chrysomelidae).**

O besouro-amarelo, *C. ferruginea*, é um crisomelídeo encontrado em todas as regiões brasileiras, sendo considerado um inseto polífago, atacando plantios jovens de variadas espécies frutíferas e florestais (LUNZ & AZEVEDO, 2011). Considera-se o principal besouro desfolhador da eucaliptocultura no país, devido à sua voracidade e alto potencial biótico (SANTOS et al., 2008). Todavia, os surtos são mais frequentes em híbridos e em espécies puras de *E. grandis* e *E. urophylla*, em razão da maior escala de plantio (MAFIA et al., 2014). Em Alagoas, sabe-se que os clones mais utilizados para os plantios experimentais são os oriundos do híbrido *E. urograndis*, que evidenciam a ocorrência do ataque de *C. ferruginea*, especialmente em plantios com menos de um ano

de implantação (XAVIER et al., 2018). Esse inseto pode atingir as árvores em qualquer idade, porém as injúrias são mais severas em plantios jovens e em brotações (ANJOS & MAJER, 2003).

O adulto de *C. ferruginea* possui forma elíptica de 5,0 a 6,5 mm de comprimento e 3,0 a 3,5 mm de largura, sendo os machos de tamanho reduzido, mais numerosos e com longevidade menor do que as fêmeas. Essa espécie possui coloração, em geral, amarelo-claros, tendo as fêmeas, na região ventral do corpo, coloração alaranjada, enquanto os machos apresentam a região ventral enegrecida. As larvas e pupas vivem no solo, tornando o conhecimento da biologia desse inseto limitado. Segundo a literatura, para a bioecologia de *C. ferruginea*, já foram realizadas diversas metodologias, mas sem resultados satisfatórios. Estima-se que a bioecologia de *C. ferruginea* se define da seguinte maneira: os adultos podem viver por mais de 30 dias alimentando-se de folhas de dicotiledôneas; o período embrionário possui em torno de 7 a 10 dias; e o período larval de 6 a 7 meses. Após esse período, as larvas fazem um pequeno casulo de barro, onde se transformam em pupa (período de pupa não estabelecido). De modo geral, as larvas de *C. ferruginea* se desenvolvem em raízes de gramíneas, como a cana-de-açúcar, e por esta razão, os ataques ao cultivos de *Eucalyptus* spp. se tornam mais severos nas áreas próximas a canaviais ou em áreas que foram antes cultivadas com a cana-de-açúcar (MENDES et al., 2011).

### **2.3.2 Injúrias e danos de *Costalimaita ferruginea* (Fabricius, 1801) (Coleoptera: Chrysomelidae).**

Os adultos de *C. ferruginea* emergem logo após as primeiras chuvas, posteriormente ao período seco, agregando-se em plantios de *Eucalyptus* spp. para se alimentarem de suas folhas e brotações novas, deixando-as com aspecto rendilhado, caracterizando o seu tipo de injúria (SOUZA, 2013). Devido à quantidade de insetos agregados e ao aspecto rendilhado das folhas quando atacadas, tornam-se facilmente reconhecidos no campo (LUNZ & AZEVEDO, 2011).

A desfolha intensa ocasionada por *C. ferruginea* pode provocar, em uma árvore cultivada para fins comerciais, a redução da capacidade fotossintética e consequentes perdas em seu crescimento. Acentua-se o prejuízo quando o ponteiro da planta também é atacado, sendo cortado pelo inseto. Mendes (2004) registrou perdas de 43,61% em casos de ataques intensos, com corte do ponteiro da planta, e redução de 75% da copa. Desta

forma, o crescimento, a sobrevivência e a produtividade dos plantios de *Eucalyptus* spp. podem ser significativamente prejudicados (ANJOS & MAJER, 2003).

Em viveiro, o ataque desse inseto, dependendo da frequência e da intensidade, pode induzir a morte de mudas, inviabilizando o seu aproveitamento para plantio. Surto intensos de *C. ferruginea* no campo, em plantios com menos de dois meses de idade, de maneira geral, também podem causar a morte das plantas e justificar a realização de operações de replantio (MAFIA et al., 2014).

#### **2.4 Controle de *Costalimaita ferruginea* (Fabricius, 1801) (Coleoptera: Chrysomelidae).**

O manejo de *C. ferruginea* é dificultado pelo hábito alimentar dessa espécie, que possui larvas com desenvolvimento no solo, consumindo hospedeiros muitas vezes diferentes dos consumidos pela fase adulta. Entretanto, o manejo dos besouros adultos nas copas das árvores, previne futuras gerações de larvas nas raízes, assegurando, assim, maior proteção à espécie florestal (MENDES et al., 2011). O controle químico de *C. ferruginea* ainda é pouco estudado, contudo, quando a utilização de produtos químicos sintéticos for imprescindível, deve-se optar por inseticidas fosforados e carbamatos (AGROFIT, 2018).

Com relação ao controle biológico, já foi registrada a presença de fungos entomopatogênicos como *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. e *Metharizium anisopliae* (Metsch.) Sorok. Registra-se também a ocorrência de predadores como os percevejos *Supputius cincticeps* Stal, 1860, *Tynacantha marginata* Dallas, 1851 (Hemiptera: Pentatomidae) e *Arilus carinatus* (Forster, 1771) (Hemiptera: Reduviidae), bem como as aranhas *Misumenops pallens* (Keyserling, 1880) (Araneae: Thomisidae) e *Peucetia* sp. (Araneae: Oxyopidae) (MOUCO, 2018).

Porém, de forma geral, a ocorrência de *C. ferruginea* só deve ser considerada um problema quando os mesmos atingirem densidade populacional capaz de causar prejuízos aos povoamentos florestais (ANJOS et al., 1993). Essa consideração remete à aceitação do princípio de Manejo Integrado de Pragas (MIP), no qual, o levantamento populacional é essencial para determinação dos níveis e estratégias adequadas de manejo.

#### **2.5 Manejo Integrado de Pragas (MIP) em sistemas florestais.**

O Manejo Integrado de Pragas (MIP) pode ser definido como um sistema de manejo de insetos que associa a dinâmica populacional da espécie e o ambiente, utilizando todas as técnicas apropriadas e métodos de controle de forma tão compatível quanto possível com o objetivo de manter a população do inseto abaixo do nível de dano econômico (QUINTELA et al., 2007).

O setor florestal aceita o MIP como a estratégia mais adequada para o manejo de insetos, baseando-se nas relações ecológicas e na associação de uma série de controles em função de cada situação em particular. A execução do MIP requer, inicialmente, um sistema de monitoramento adequado dos insetos presentes em uma área. Sendo assim, o monitoramento é expresso como um processo de avaliação de variáveis necessárias para o desenvolvimento de técnicas capazes de prever surtos populacionais e, assim, tomar a decisão para seu controle. Isto está relacionado ao fato de que populações de insetos flutuam em função de fatores abióticos e bióticos e que plantas podem tolerar certos graus de injúrias sem que haja interferência na quantidade e qualidade do produto final (SALAVADORI & TONET, 2001; IEDE, 2012).

Um sistema eficiente de monitoramento das populações de *C. ferruginea* em povoamento florestais deve ser conduzido de modo a se identificar, por exemplo, idades, espécies, híbridos e clones mais atacados (ANJOS & MAJER, 2003). Essas informações podem contribuir para a detecção de locais com maior propensão aos ataques desse inseto, e, conseqüentemente, permite que prováveis infestações sejam identificadas ainda no início (LUNZ & AZEVEDO, 2011).

Com base nesses elementos, o manejo deverá ser selecionado a partir de parâmetros técnicos, econômicos, ecotoxicológicos e sociológicos (MOURA, 2012). Assim, métodos de controle de baixo impacto ambiental e alta eficácia para o manejo de *C. ferruginea* são considerados desejáveis. Dessa forma, a determinação da utilização de híbridos e clones menos susceptíveis e o estudo da ecologia química podem ser ferramentas de desenvolvimento para estratégias de manejo mais eficientes e sustentáveis no setor florestal (BOARETTO & BRANDÃO, 2000).

## **2.6 Resistência de Plantas.**

A resistência de plantas a insetos consiste na herança de características genéticas que permitem que uma planta seja menos atacada que outra em igualdade de condições. Uma tática de manejo bastante vantajosa e de fácil aplicação, apresentando

compatibilidade com outros métodos de controle e baixo risco ao meio ambiente (SOLIMAN, 2014).

A resistência de plantas a insetos pode ser classificada em não-preferência ou antixenose, antibiose e tolerância. A resistência do tipo não-preferência ou antixenose ocorre quando o inseto utiliza menos a planta para alimentação, oviposição ou abrigo. A antibiose é observada quando a planta exerce efeitos adversos sobre o ciclo biológico do inseto. Já a tolerância é uma característica intrínseca da planta, que sofre menos danos em relação às outras, quando exposta a um mesmo nível de infestação (LARA, 1991; BOIÇA JUNIOR et al., 2013).

Em povoamentos florestais de *Eucalyptus* spp., é possível, por meio da resistência, agir preventivamente através da escolha de clones que, devido à sua constituição genotípica são menos atacados que outros em igualdade de condições. De forma geral, a resistência no gênero *Eucalyptus* tem sido amplamente explorada para o manejo de doenças, entretanto, o estudo de características que conferem resistência a insetos vem ganhando cada vez mais importância para o setor florestal. Porém, o comportamento de resistência ou suscetibilidade é variado e/ou modificado por cruzamentos genéticos e utilização de híbridos e/ou clones, sendo necessário o desenvolvimento de estudos específicos das relações inseto-hospedeiro (SOLIMAN, 2014).

Atualmente, sabe-se que *Gonipterus scutellatus* Gyllenhal, 1833 (Coleoptera: Curculionidae) prefere as espécies *Corymbia citriodora* Hill & Johnson, *E. amygdalina* Labill., *E. camaldulensis*, *E. viminalis* Dehn., *E. globulus* Labill., *E. robusta* Smith., *E. saligna* e *E. tereticornis* Smith. (CLARKE et al., 1998). Também é sabido que os clones de *E. urograndis* FP6, FP7, FP8, FS1, FS2, FS3, FS7, FS9 e FS10 apresentam características que são inadequadas ao desenvolvimento da lagarta-parda, *Thyrinteina arnobia* (Stoll, 1782) (Lepidoptera: Geometridae) (RODRIGUES, 2014). Porém, são limitados os relatos de resistência e/ou susceptibilidade de espécies, híbridos e/ou clones de *Eucalyptus* spp. a *C. ferruginea*. Diante disso, torna-se necessário um aprofundamento no estudo das interações de *C. ferruginea* e os diferentes clones de *E. urograndis* selecionados para plantios experimentais de povoamentos florestais no estado de Alagoas.

## **2.7 Ecologia Química.**

Uma das mais importantes relações entre insetos e o meio ambiente é a comunicação por intermédio de compostos químicos, que agem como gatilhos fisiológicos de reações comportamentais específicas. As substâncias químicas envolvidas nessas relações são denominadas de semioquímicos. Os insetos, por meio da detecção e emissão destes compostos, desenvolvem diversas funções vitais, como o encontro de parceiros para o acasalamento, a busca por alimento ou presa, a escolha do sítio de oviposição, entre outras (ZARBIN et al., 2009).

Os semioquímicos mediadores de comunicação intraespecíficas em insetos, são denominados de feromônios. Atualmente, tais compostos químicos são considerados ferramentas eficientes e seguras para o manejo de insetos, permitindo o controle de populações por meio da manipulação da comunicação sexual, por exemplo, sem afetar adversamente outros organismos benéficos (WITZGALL et al., 2010).

Os feromônios podem ser empregados no contexto do MIP basicamente de duas maneiras: no monitoramento, com armadilhas para auxiliar na tomada de decisão; ou como uma tática de controle, através das técnicas de coleta massal, atrai e mata, confusão sexual e push-pull (GOULART et al., 2015).

Na família Chrysomelidae, 85 espécies já foram estudadas quanto à presença de semioquímicos. Dentre estes, foram realizados estudos com cerca de 30 espécies em relação aos feromônios (sexual ou de agregação, de contato ou de longa distância) (RAO et al., 2003; SOROKA et al., 2005; KUHAR et al., 2006; ZILKOWSKI et al., 2006; TÓTH et al., 2007). Estudos mais recentes revelam que o sistema de comunicação química intraespecífico em crisomelídeos é composto por feromônios de agregação produzidos pelos machos (BERAN et al., 2011). Os feromônios de agregação são mais diversos e apresentam estruturas relativamente simples, como em Criocerinae e em alguns Galerucinae, e misturas complexas, como em Alticinae (SOUZA, 2013).

Segundo Souza (2013), o sistema de comunicação química intraespecífico para *C. ferruginea* parece ser semelhante ao observado em outras espécies de crisomelídeos, com a produção e a liberação de um feromônio de agregação produzido por machos e constituído por mais de um componente. Ainda em seu estudo, foi verificado que possíveis compostos liberados por *Eucalyptus* spp., atraentes e/ou repelentes, podem ser úteis no monitoramento e controle das populações de *C. ferruginea* no campo, como o composto Acetato de (3Z) - hexenila e allo-Ocimeno. Entretanto, fatores abióticos relacionados ao clima, como temperatura e umidade relativa, podem interferir no comportamento dos insetos de uma região para outra e, conseqüentemente, na qualidade



e/ou quantidade da emissão de semioquímicos (RODRIGUES, 2004). Diante do exposto, é de suma importância que estudos específicos de ecologia química sejam conduzidos para as populações de *C. ferruginea* no estado de Alagoas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGROFIT. **Consulta Pragas/Doenças**. Disponível:

<[http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons)> Acesso em: 21 de maio de 2018.

ANJOS, N. et al. Resistência de *Eucalyptus* spp. à saúva limão *Atta sexdens rubropilosa* Forel, 1908. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, Rio de Janeiro, **Anais...**Rio de Janeiro, 404p, 1986.

ANJOS, N. et al. Manejo integrado de formigas cortadeiras em reflorestamentos. **As formigas cortadeiras. Viçosa: UFV**, Viçosa, p. 212-241, 1993.

ANJOS, N.; MAJER, J. D. Leaf-eating Beetles in Brazilian eucalypt plantations. **Curtin: School of Environmental Biology**, (Bulletin 23). 33p, 2003.

APIMEC. **Alagoas terá projeto de eucalipto para biomassa energética**. 2015.

Disponível em:

<[http://www.apimec.com.br/apimecNE/show.aspx?id\\_canal=2457&id\\_materia=34465](http://www.apimec.com.br/apimecNE/show.aspx?id_canal=2457&id_materia=34465)>. Acesso em: 25 de Abril de 2017.

ASSIS, T. F.; MAFIA, R. G. Hibridação e clonagem. **Biotecnologia florestal. Viçosa: Suprema**, p. 93-121, 2007.

BARBOSA, L. R. et al. Registro de *Thaumastocoris peregrinus* (Hemiptera: Thaumastocoridae) no estado do Paraná. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 30, n. 61, p.75- 77, 2010.

BERAN, F. et al. Male *Phyllotreta striolata* (F.) produce an aggregation pheromone: identification of malespecific compounds and interaction with host plant volatiles. **Journal of Chemical Ecology**, v. 37, n. 1, p. 85-97, 2011.

BOARETTO, M. A. C.; BRANDÃO, A. L. S. **Utilização de feromônios no controle de pragas**. 2000. Disponível em: <<http://www.uesb.br/entomologia/ferom.html>>. Acesso em: 3 de junho de 2018.

BOIÇA JUNIOR, A. L. et al. Atualidades em resistência de plantas a insetos. In: BUSOLI, A. C. et al. **Tópicos em entomologia agrícola – VI**, Jaboticabal: Maria de Lourdes Brandel. p. 207-224, 2013.

BRIGATTI, R. A. M. et al. Estudo comparativo do comportamento de alguns híbridos de *Eucalyptus* ssp. **Circular Técnica, Piracicaba**, n. 123, 1980.

CLARKE, A. R. et al. *Gonipterus scutellatus* Gyllenhal (Coleoptera: Curculionidae) oviposição em sete espécies de eucalipto co-ocorrentes naturalmente. **Ecologia e manejo florestal**, v. 110, n. 1-3, p. 89-99, 1998.

FOELKE, C. E. B. Eucalipto no Brasil, história de pioneirismo. **Visão Agrícola**, v. 4, p. 66-69, 2005.

GOULART, H. F. et al. Feromônios: Uma alternativa verde para o manejo integrado de pragas. **Revista Virtual Química**, v. 7, n. 4, p.1205-1224, 2015.

GURGEL, V. A. **Transformações nas dinâmicas espaciais no estado de Alagoas com inserção da eucaliptocultura na mesorregião geográfica do leste alagoano**. 2018. Dissertação (Mestrado em Geografia) - UFAL, Maceió, AL, 2018.

HOLTZ, A. M. et al. Adaptação de *Thyrinteina arnobia* em novo hospedeiro e defesa induzida por herbívoros em eucalipto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 4, p. 453-458, 2003.

IBÁ. **Relatório 2017: Ano base 2016**. São Paulo: Ibá, 2016. Disponível em: <[https://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA\\_RelatorioAnual2017.pdf](https://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2017.pdf)>. Acesso em: 12 de janeiro de 2019.

IEDE, E. T. Manejo integrado de pragas florestais. In: **Congresso Florestal Paranaense**, 4, 2012. Curitiba: Malinovski Florestal, 2012. CD-ROM.

KUHAR, T.P. et al. Potential of a synthetic aggregation pheromone for integrated pest management of colorado potato beetle. **Agricultural and Forest Entomology**, v. 8, n. 1, p. 77-81, 2006.

LARA, F. M. **Princípios de resistência de plantas a insetos**. 2. ed. Sao Paulo: Icone, 336p, 1991.

LERAYER, A. Eucalipto: oportunidades para um desenvolvimento sustentável. **CIB**, p. 6-7, 2008.

LOPES, J. L. W. **Qualidade de mudas clonais do híbrido de *Eucalyptus grandis* vs. *Eucalyptus urophylla*, submetidas a diferentes regimes hídricos**. 2008. Tese (Doutorado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) - UNESP, Botucatu, SP, 2008.

- LUNZ, A. M.; AZEVEDO, R. Caracterização da ocorrência do besouro-amarelo, *Costalimaita ferruginea* (Fabricius) (Coleoptera: Chrysomelidae), em plantios de eucalipto no Pará. **Belém: Embrapa Amazônia Oriental**, comunicado técnico, 229, 5p, 2011.
- MAFIA, R. G. et al. Análise comparativa dos surtos e danos causados pelos besouros desfolhadores *Costalimaita ferruginea* (Fabricius, 1801) e *Costalimaita lurida* (Lefèvre, 1891) (Coleoptera: Chrysomelidae) em plantios de eucalipto. **Revista Árvore**, v. 38, n. 5, p. 829-836, 2014.
- MENDES, J. P. E. **Efeito do ataque do *Costalimaita ferruginea* (Fabr.) (Coleoptera: Chrysomelidae) sobre o crescimento e produção de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden**. 2004. Tese (Doutorado em Entomologia) - UFV, Viçosa, MG, 2004.
- MENDES, A. et al. **Besouro desfolhador**. UFRAM/ICA. Belém, 2011.
- MOUCO, M. A. **Cultivo da mangueira**. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia22/catalogo/receletonico/RE200.0.70.201262006141416.html>>. Acesso em: 29 de maio de 2018.
- MOURA, A. P. Manejo integrado de pragas: estratégias e táticas de manejo para o controle de insetos e ácaros-praga em Hortaliças. **Brasília: Embrapa Hortaliças**, circular técnica, 141, 28p, 2012.
- QUINTELA, E. D. et al. Desafios do manejo integrado de pragas da soja no Brasil Central. **Embrapa Arroz e Feijão**, comunicado técnico, 149, 65p, 2007.
- RAO, S. et al. Aggregation pheromone of the cereal leaf beetle: field evaluation and emission from males in the laboratory. **Journal of Chemical Ecology**, v. 29, n. 9, p. 2165-2175, 2003.
- RODRIGUES, W. C. Fatores que influenciam no desenvolvimento dos insetos. **Info Insetos**, v. 1, n. 4, p. 1-4, 2004.
- RODRIGUES, J. F., et al. Desenvolvimento de *Eucalyptus urograndis* no município de Corumbá – GO. **Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, v 17, n 12, p. 9-27, 2013.
- RODRIGUES, N. E. L. **Efeitos associados de genótipos de eucalipto sobre *Thyriniteina arnobia* (Stoll) (Lepidoptera: Geometridae) e no predador *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae)**. 2014. Tese (Doutorado em Entomologia Agrícola) - UNESP, Jaboticabal, SP, 2014.

- SALVADORI, J. R.; TONET, G. E. L. Manejo integrado dos pulgões de trigo. **Passo fundo: Embrapa Trigo**, documento, 34, 52p, 2001.
- SANTAROSA, E. et al. Transferência de tecnologia florestal: cultivo de eucalipto em propriedades rurais: diversificação da produção e renda. **Brasília: Embrapa florestas**, 1 ed, 11p, 2014.
- SANTOS, G. P. et al. Pragas do eucalipto. **Informe Agropecuário**. v. 29, n. 1, p. 43-64, 2008.
- SILVEIRA, R. B. **Análise da rentabilidade potencial de investimentos em reflorestamento de eucalipto no leste de Mato Grosso do Sul e Norte do Paraná**. 2008. Dissertação (Mestrado em Produção e Gestão Industrial) - UNIDERP, Campo Grande, MS, 2008.
- SOLIMAN, E. P. Sanidade Florestal e a busca pela sustentabilidade da produção. **VIII Simpósio Sobre Técnicas de Plantio e Manejo de Eucalipto para Uso Múltiplos Piracicaba**. 2014.
- SOROKA, J. J. et al. Responses of flea beetle *Phyllotreta cruciferae* to synthetic aggregation pheromone components and host plant volatiles in field trials. **Journal of Chemical Ecology**, v. 31, n. 8, p. 1829-1843, 2005.
- SOUZA, R. M. **Compostos voláteis de *Costalimaita ferruginea* (Fab.) (Coleoptera: Chrysomelidae) e de sua planta hospedeira, *Eucalyptus* spp.** 2013. Tese (Doutorado em Entomologia) - UFV, Viçosa, MG, 2013.
- TÓTH, M. et al. Species spectrum of flea beetles (*Phyllotreta* spp., Coleoptera, Chrysomelidae) attracted to allyl isothiocyanate-baited traps. **Zeitschrift für Naturforschung**, v. 62, p. 772-778, 2007.
- WILCKEN, C. F. et al. Bronze bug *Thaumastocoris peregrinus* Carpintero and Dellapé (Hemiptera: Thaumastocoridae) on *Eucalyptus* in Brazil and its distribution. **Journal of Plant Protection Research**, v.50, n.2, p.210-205, 2010.
- WITZGALL, P. et al. Sex pheromones and their impact on pest management. **Journal of Chemical Ecology**, v. 36, n. 1, p. 80-100, 2010.
- XAVIER et al. Análise de injúria de *Costalimaita ferruginea* (Coleoptera: Chrysomelidae) em plantio de eucalipto no estado de Alagoas. In: XXVII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA E X CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE ENTOMOLOGIA. 2018, Gramado, **Anais...** Gramado, 789p, 2018.
- ZARBIN, P. H. G. et al. Feromônios de insetos; tecnologia e desafios para uma agricultura competitiva no Brasil. **Química Nova**, v. 32, n. 3, p. 722-731, 2009.

ZILKOWSKI, B.W. et al. Male-produced aggregation pheromone compounds from the eggplant flea beetle (*Epitrix fuscula*): identification, synthesis, and field bioassays. **Journal of Chemical Ecology**, v. 32, n. 11, p. 2543–2558, 2006.

## Interações de *Costalimaita ferruginea* (Fabricius, 1801) (Coleoptera: Chrysomelidae) e clones de *Eucalyptus urograndis* no estado de Alagoas

### RESUMO

A eucaliptocultura brasileira é baseada majoritariamente no cultivo de clones do híbrido *Eucalyptus urograndis*, incluindo o estado de Alagoas. O monocultivo da eucaliptocultura aumenta a disponibilidade de alimento, e conseqüentemente, a ocorrência de surtos populacionais de insetos, como o besouro desfolhador *Costalimaita ferruginea* (Fabricius, 1801) (Coleoptera: Chrysomelidae). Assim, o objetivo desse estudo foi avaliar as interações de *C. ferruginea* e diferentes clones de *E. urograndis* (VE 41, II 44, TP 361, VCC 865) através do consumo foliar em laboratório; da determinação de escala diagramática visual de níveis de injúrias; além da análise dos padrões de distribuição espacial, vertical e temporal das injúrias em povoamento florestal clonal. O consumo foliar de *C. ferruginea* em relação aos clones de *E. urograndis* foi realizado em laboratório, através de testes de confinamento, avaliados após 24 e 48 horas. Para a determinação dos níveis de injúrias de *C. ferruginea* nos diferentes clones de *E. urograndis*, uma escala de notas (1, 2, 3 e 4) foi elaborada e testada para precisão e reprodutibilidade das estimativas da porcentagem de injúrias. Na estimativa da distribuição espacial, dez plantas nos dois sentidos diagonais e dois centrais da área experimental foram analisadas. A distribuição vertical das porcentagens de injúrias nas regiões apical, mediana e basal, foi realizada a partir de 25 plantas representantes de cada nível de injúria e em cada clone. A distribuição temporal foi obtida a partir da quantificação dos níveis de injúrias nas plantas nos clones durante 12 meses (janeiro a dezembro de 2018). O consumo de *C. ferruginea* após 24 e 48 horas, em laboratório, indicou maior consumo do clone II 44, quando comparado ao clone VCC865. Obteve-se uma escala de notas representando o nível 1 entre 3,72 a 16,52% de injúrias na planta; nível 2 entre 20,19 a 37,7%; nível 3 entre 43,11 a 70, 23%; e nível 4, mais que 75,13%. A bordadura do talhão apresentou maiores níveis médios de injúrias (2,75) em relação ao seu interior (1,25). As regiões apicais e medianas apresentam os maiores percentuais de injúrias, variando entre os níveis e os clones. Após 12 meses de avaliação em campo, o clone II 44 apresentou o maior nível de injúrias (1,58) em relação ao clone VCC 865 (1,02). De modo geral, a média dos níveis de injúrias de *C. ferruginea* observados ao longo do período de avaliação em *E. urograndis* foram considerados baixos.

**Palavras-chave:** Besouro desfolhador, eucalipto, níveis de injúrias, distribuição espacial, distribuição vertical, distribuição temporal.

**Interactions of *Costalimata ferruginea* (Fabricius, 1801) (Coleoptera: Chrysomelidae) and *Eucalyptus urograndis* clones in the state of Alagoas**

**ABSTRACT**

The Brazilian eucalyptus crops are mainly based on clones of *Eucalyptus urograndis* hybrid, including the state of Alagoas. Eucalyptus monoculture increases the availability of food, and consequently, the occurrence of insect population outbreaks, such as the defoliator beetle *Costalimata ferruginea* (Fabricius, 1801) (Coleoptera: Chrysomelidae). Thus, the objective of this study was to evaluate the interactions of *C. ferruginea* and different clones of *E. urograndis* (VE 41, I1 44, TP 361, VCC 865) through the evaluation of leaf consumption in laboratory; the determination of a visual diagrammatic scale of injury levels; besides the analysis of the spatial, vertical and temporal distribution patterns on the clonal forest stands. The leaf consumption of *C. ferruginea* on clones of *E. urograndis* was carried out in laboratory, through non-choice tests, evaluated after 24 and 48 hours. In order to determine the levels of *C. ferruginea* injury on different clones of *E. urograndis*, a scale of notes (1, 2, 3 and 4) was elaborated and tested for accuracy and reproducibility for injuries percentage estimative. For the spatial distribution, ten plants on the two diagonal and two central samples of the experimental area were analyzed. The vertical distribution of the percentages of injuries in the apical, median and basal regions was performed from 25 plants, representing each level of injury on each clone. The temporal distribution was obtained from the quantification of the injury levels on the clones for 12 months (January to December of 2018). The leaf consumption of *C. ferruginea* after 24 and 48 hours in laboratory indicated a higher consumption of the clone I1 44 when compared to the clone VCC865. A scale of notes was obtained with the level 1 ranging from 3.72 to 16.52% of injuries; level 2, from 20.19 to 37.7%; level 3, from 43.11 to 70.23%; and level 4, more than 75.13%. The border of the field showed higher average levels of injuries (2,75) when compared to its interior (1,25). The apical and medial regions presented the highest percentages of injuries, varying among levels and clones. After 12 months of field evaluation, the clone I1 44 presented the highest level of injury (1.58) when compared to the clone VCC 865 (1.02). In general, the mean levels of *C. ferruginea* injuries observed during the evaluation period in *E. urograndis* were considered low levels.

**Keywords:** Defoliator beetle, eucalyptus, injury levels, spatial distribution, vertical distribution, temporal distribution.

### 3.1 INTRODUÇÃO

O setor florestal ocupa lugar de destaque entre os segmentos econômicos estabelecidos no Brasil, sendo a eucaliptocultura o emblema do negócio florestal brasileiro na atualidade (FISCHER & ZYLBERSZTAJN, 2012). Assim, o desempenho do cultivo do gênero *Eucalyptus* evoluiu ao longo dos anos, de forma vinculada ao investimento em pesquisa e à inovação tecnológica. Nesse sentido, o melhoramento genético, através da seleção de híbridos e utilização de clones, constitui um dos principais fatores de contribuição para o desenvolvimento de novas tecnologias de manejo, baseando a eucaliptocultura brasileira, majoritariamente, em cultivos de povoamentos florestais clonais (TABACOF, 2009).

No cenário atual, clones do híbrido *E. urograndis*, resultante do cruzamento das espécies *E. grandis* \* *E. urophylla*, configuram-se como o material genético mais utilizado para plantios comerciais em larga escala no Brasil, incluindo a expansão da implantação de povoamentos florestais para as mais diversas regiões produtoras (LUNZ & AZEVEDO, 2011). Na última década em Alagoas, com o declínio da cana-de-açúcar, cultura de maior destaque do estado, a eucaliptocultura vem sendo implementada de forma experimental, associada ao incentivo do Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste (Cetene) junto ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) (APIMEC, 2015).

A utilização de povoamentos florestais clonais de *Eucalyptus* spp. aumenta a homogeneidade e produtividade do setor florestal, entretanto, o plantio de áreas extensas e contíguas, em sistema de monocultura, favorecem a ocorrência frequente de surtos populacionais de insetos, ao propiciar alimento em abundância e ambiente geneticamente simplificado (PIZZI, 2016). Dentre os insetos que atacam o gênero *Eucalyptus*, podemos destacar o besouro-amarelo, *Costalimaita ferruginea* (Fabricius, 1801) (Coleoptera: Chrysomelidae), espécie endêmica, também considerado uma praga de cana-de-açúcar em diversas regiões produtoras do país (KASSAB et al., 2011).

Os adultos de *C. ferruginea* são besouros desfolhadores, comumente presentes durante a fase de desenvolvimento de *Eucalyptus* spp., ocasionando injúrias típicas de folhas rendilhadas e/ou perfuradas. Surtos intensos de *C. ferruginea* em povoamentos clonais, com idade inferior a dois meses, podem ocasionar a morte das plantas, tornando necessário o replantio das mudas (MAFIA et al., 2014).



É conhecido que besouros desfolhadores podem apresentar preferência hospedeira por determinadas espécies de *Eucalyptus* em detrimento de outras, a depender da disponibilidade local e características morfológicas e/ou químicas das espécies, híbridos e/ou clones (CLARKE et al., 1998). Similarmente, os padrões exibidos por uma determinada espécie, híbrido e/ou clone, também resultam da interação com o inseto e habitat, podendo advir de características comportamentais (BARRIGOSSI et al., 2001; SILVA, 2013).

De forma geral, estudos de interações de *Eucalyptus* spp. e *C. ferruginea* ainda são incipientes, porém, podem fornecer informações básicas a respeito de características de resistência e susceptibilidade de espécies, híbridos e/ou clones, fundamentais para a escolha do material genético mais adequado às condições específicas de cada região (REIS, 2017).

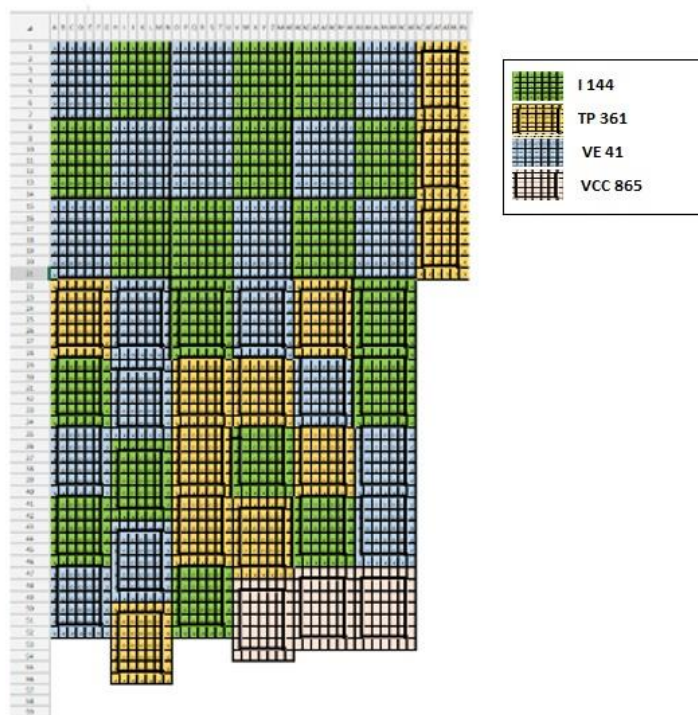
Diante do exposto, compreender as interações de *C. ferruginea* e diferentes clones de *E. urograndis* (VE 41, I1 44, TP 361, VCC 865), através da avaliação do consumo, padrão de distribuição espacial, vertical e temporal, além da determinação de níveis de injúrias, constitui uma ferramenta importante para o planejamento e escolha de material genético, planos de amostragem e utilização de métodos de controle adequados em programas de Manejo Integrado de Pragas Florestais.

## **3.2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **3.2.1 Local de execução**

O estudo foi conduzido no Laboratório de Entomologia Agrícola e Florestal (LEAF-UFAL), no Laboratório de biotecnologia da Embrapa Tabuleiros Costeiros/UEP e em povoamento florestal clonal experimental, constituído de clones de *E. urograndis* (VE 41, I1 44, TP 361, VCC 865), correspondente a uma área de aproximadamente 2,5ha, com implantação em agosto de 2017 e espaçamento de 3\*3, no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas (CECA/UFAL), município de Rio Largo, Alagoas (09°28'02"S e 35°49'43"O, altitude 127m).

A distribuição dos clones VE 41, I1 44, TP 361, VCC 865 na área, obedece ao croqui representado em 50 parcelas de aproximadamente 440m<sup>2</sup>, contendo em torno de 49 árvores/clone/parcela (Figura 1).



**Figura 1.** Croqui de povoamento florestal experimental clonal de *Eucalyptus urograndis* e distribuição dos clones TP361, VCC865, I1 44 e VE41 (B), no Centro de Ciências Agrárias (CECA) da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), em Rio Largo, Alagoas. Fonte: Autor, 2018.

A condução do plantio consistiu de manejo florestal tradicional, com capinas manuais, adubação de base realizada na fase de implantação, adubação de cobertura semestral, além do controle de formigas cortadeiras (Hymenoptera: Formicidae), com aplicação de iscas granuladas, Mirex S-Max® (sulfonamidas fluoroalifáticas), 8/g/m<sup>2</sup> de terra solta do formigueiro, ao longo dos carreiros ou trilhas próximas aos olheiros ativos.

### 3.2.2 Consumo alimentar de *C. ferruginea* em diferentes clones de *E. urograndis* em laboratório.

Testes sem chance de escolha foram utilizados para avaliar o consumo alimentar de *C. ferruginea* em diferentes clones de *E. urograndis* (TP 361, VCC 865, I1 44 e VE 41). Para a realização dos bioensaios, folhas (5\*3cm) dos diferentes clones foram coletadas na área experimental do CECA/UFAL e levadas ao Laboratório de

biotecnologia da Embrapa Tabuleiros Costeiros/UEP, onde foram lavadas com água destilada.

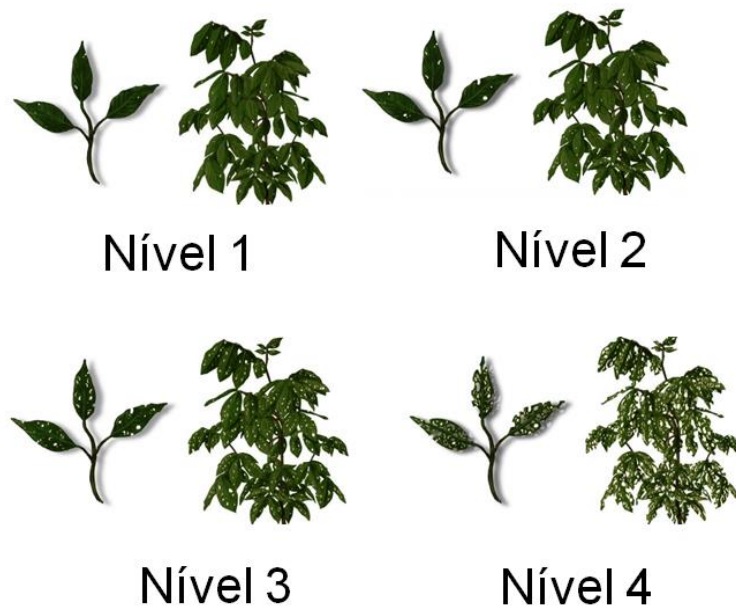
Uma folha de cada clone foi individualizada em potes plásticos de 6,0 x 5,0 cm, forrados com papel filtro umedecido com água destilada, no qual, posteriormente, adicionou-se um inseto não sexado e de idade desconhecida. Após os períodos de 24 e 48 horas foram realizadas as avaliações de consumo, através da contagem do número de injúrias (perfurações), produzidas por cada inseto nos diferentes clones de *E. urograndis*.

### **3.2.2.1 Análise estatística**

O bioensaio foi realizado em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com quatro tratamentos e 16 repetições/tratamento. Sendo cada tratamento representado por um clone, e cada repetição representada por um inseto. Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o pacote estatístico do programa SAS (SAS INSTITUTE, 2001).

### **3.2.3 Escala de notas de injúrias de *C. ferruginea* em diferentes clones de *E. urograndis*.**

Para a avaliação do nível de injúrias de *C. ferruginea* nos diferentes clones de *E. urograndis* (TP 361, VCC 865, I1 44 e VE 41) em povoamento florestal clonal experimental do CECA/UFAL, uma escala de notas foi elaborada e testada para precisão e reprodutibilidade das estimativas da porcentagem de injúrias nas plantas, a partir de observações visuais. Os níveis de injúrias foram caracterizados em escala diagramática da seguinte forma: nível 1, apresentando entre 1 e 25% da planta atacada; nível 2, apresentando entre 25 e 50% da planta atacada; nível 3, entre 50 e 75%; e o nível 4, mais que 75% da planta atacada (Figura 2).



**Figura 2.** Escala diagramática de notas de injúrias de *Costalimaita ferruginea* (Coleoptera: Chrysomelidae) em plantas de *Eucalyptus urograndis*. Ilustração: Nazza, 2018.

Utilizou-se a metodologia adaptada de Galvão. de notas visual, 15 plantas apresentando níveis de injúrias diferentes (1 a 4), independente do clone, foram fotografadas. Um grupo formado por dez pessoas, sem experiência em caracterização de injúrias de plantas, avaliaram visualmente as fotografias, determinando, individualmente, uma nota (1 a 4) para cada planta, além da porcentagem de injúrias percebidas (0 a 100%), utilizando a escala diagramática elaborada (adaptado de GALVÃO et al., 2018).

### 3.2.3.1 Análise estatística

O teste de validação da escala de notas visual foi realizado em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com 10 repetições. Os dados foram submetidos a análise de estatística descritiva (média e desvio padrão) através do programa Genes (CRUZ, 2013).

### 3.2.4 Análises de injúrias de *C. ferruginea* em clones de *E. urograndis*.

#### 3.2.4.1 Distribuição espacial de injúrias.

Para a avaliação da distribuição espacial de injúrias de *C. ferruginea* em povoamento florestal clonal de *E. urograndis*, foram escolhidas 10 plantas, espaçadas em aproximadamente 15m entre si, em cada sentido da área, sendo eles dois sentidos diagonais e dois centrais (vertical e longitudinal). Para cada planta, a escala de notas visual foi utilizada para a quantificação do nível de injúria (1 a 4) observado.

#### **3.2.4.1.1 Análise estatística**

Os bioensaios foram realizados em delineamento em blocos ao acaso (DBC), com quatro tratamentos, e 10 repetições. Os dados obtidos nas avaliações foram submetidos a análise de variância e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ), através do pacote estatístico do programa SAS (SAS INSTITUTE, 2001).

#### **3.2.4.2 Distribuição vertical de injúrias.**

A análise de distribuição vertical de injúrias foi realizada nos diferentes níveis de injúrias (1, 2, 3 e 4) para cada clone individualmente. Para tanto, 25 plantas de cada clone de *E. urograndis* foram avaliadas, procedendo-se a quantificação da porcentagem de injúrias distribuídas na região apical, mediana e basal das plantas.

##### **3.2.4.2.1 Análise estatística**

Os bioensaios foram realizados em delineamento em blocos ao acaso (DBC), com quatro tratamentos (clones), cinco blocos e cinco repetições (plantas). Os dados obtidos nas avaliações foram submetidos a análise de variância e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ), através do pacote estatístico do programa SAS (SAS INSTITUTE, 2001).

#### **3.2.4.3 Distribuição temporal de injúrias e flutuação populacional de *C. ferruginea*.**

Para a análise das injúrias e flutuação populacional de *C. ferruginea* ao longo do tempo, realizou-se mensalmente, durante 12 meses (janeiro a dezembro de 2018) em

plantas com cinco a 16 meses de idade, a quantificação dos níveis de injúrias (1 a 4) e a contagem do número de insetos presentes em 25 plantas de cada clone de *E. urograndis*.

#### **3.2.4.3.1 Análise estatística**

Os bioensaios foram realizados em DBC, com quatro tratamentos (clones), cinco blocos e cinco repetições (plantas). Os dados obtidos nas avaliações foram submetidos a análise de variância e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ), através do pacote estatístico do programa SAS (SAS INSTITUTE, 2001).

### **3.3 RESULTADOS**

#### **3.3.1 Consumo alimentar de *C. ferruginea* em diferentes clones de *E. urograndis* em laboratório.**

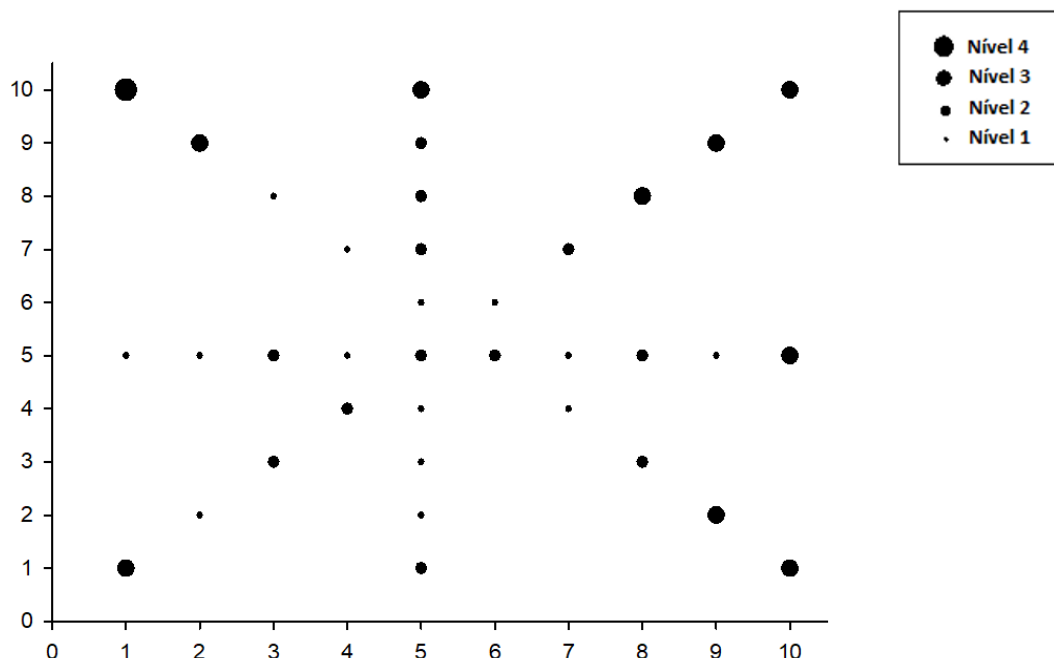
Os resultados obtidos a partir da avaliação da quantidade média de injúrias de *C. ferruginea* em folhas dos diferentes clones de *E. urograndis* (TP 361; VE 41; VCC 865; II 44) não apresentaram diferenças significativas após 24 horas, com média de injúrias entre  $2,56 \pm 0,71$  perfurações para o clone II 44 e  $1,56 \pm 0,37$  para o clone VCC 865 ( $F=0,63$ ;  $P=0,5986$ ). Após 48 horas, as médias de injúrias variaram de  $8,25 \pm 1,42$  perfurações para o clone II 44 a  $4,37 \pm 0,84$  para o clone VCC 865, não apresentando diferenças estatísticas ( $F=1,85$ ;  $P=0,1471$ ).

#### **3.3.2 Escala de notas de injúrias de *C. ferruginea* em diferentes clones de *E. urograndis*.**

Após a avaliação visual das fotografias, as médias das notas de injúrias causadas por *C. ferruginea* em plantas de *E. urograndis*, estabeleceu-se da seguinte forma: nota 1, representada por plantas com  $10,12\% \pm 6,40$  de injúrias; nota 2 ( $28,88\% \pm 8,69$ ); nota 3 ( $56,67\% \pm 13,56$ ) e nota 4 ( $84,19\% \pm 9,06$ ). Diante disso, cada nível se caracterizou com a consequente representatividade dos limites inferiores e superiores, sendo o nível 1 entre 3,72 a 16,52% de injúrias na planta; nível 2 entre 20,19 a 37,7%; nível 3 entre 43,11 a 70,23%; e nível 4, mais que 75,13 % de injúrias nas plantas, validando a utilização da escala diagramática.

### 3.3.3 Distribuição espacial de injúrias em campo.

Os resultados obtidos para a distribuição espacial dos níveis de injúrias de *C. ferruginea* em *E. urograndis* em campo, apresentaram variações significativas para injúrias, com médias de 2,75 para a bordadura do talhão e de 1,25 para o seu interior (F=5,068 e P=0,0025) (Figura 3).



Dispersão espacial dos níveis de injúria de *Costalimaita ferruginea*

**Figura 3.** Distribuição espacial dos níveis de injúrias (1, 2, 3 e 4) de *Costalimaita ferruginea* (Coleoptera: Chrysomelidae) em povoamento florestal clonal de *Eucalyptus urograndis*.

### 3.3.4 Distribuição vertical de injúrias de *C. ferruginea* em clones de *E. urograndis*.

Em relação a distribuição vertical de injúrias nas regiões apical, mediana e basal das plantas, para o nível 1, foi verificado que o clone TP 361 apresentou 60% do ataque na região apical, diferindo significativamente da região basal, com 11%. Ambas as regiões não diferiram da região mediana, que apresentou 31% de injúrias (F=9,01; P=0,004). Para o clone VE 41, a região mediana se mostrou significativamente mais atacada com 62,6 % das injúrias, enquanto as regiões basal e apical não diferiram entre

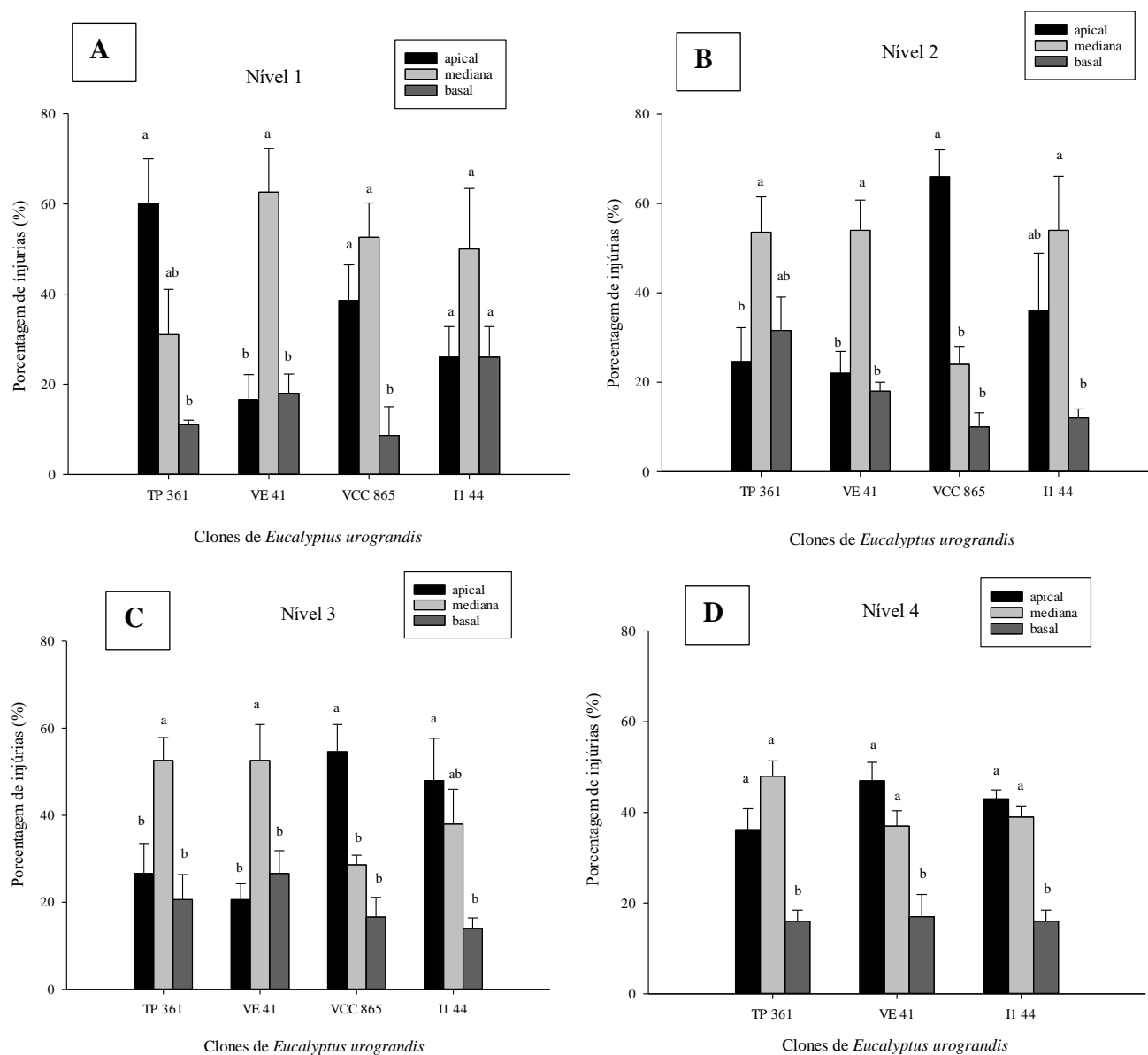
si, apresentando 16,6% e 18,6% de injúrias, respectivamente ( $F=14,1$ ;  $P=0,0007$ ). No clone VCC 865, as regiões apical e mediana apresentaram as maiores porcentagens de injúrias, com 38,6% e 52,6% e diferindo da região basal com apenas 8,6% ( $F=9,43$ ;  $P=0,003$ ). O clone I1 44 não apresentou diferença significativa para as médias de porcentagem de injúrias nas regiões apical, mediana e basal (26%, 50% e 26%, respectivamente) ( $F=2,12$ ;  $P=0,16$ ) (Figura 4A).

Em relação ao nível 2, a distribuição vertical de injúrias nas regiões apical, mediana e basal dos clones apresentaram diferenças significativas em todos os clones avaliados. Para o clone TP 361, a região mediana apresentou a maior porcentagem de ataque de *C. ferruginea* com 53,6%, diferindo da região apical com 24,6% de porcentagens de injúrias ( $F=3,89$ ;  $P=0,049$ ). A região basal com 31,6% não diferiu das demais regiões. Em relação ao clone VE 41 a região mediana diferiu estatisticamente das demais regiões, obtendo porcentagem de injúria superior de 54%, estando as menores porcentagens nas regiões apical e basal com 22 e 18%, respectivamente ( $F=15,78$ ;  $P=0,0004$ ). O clone VCC 865, apresentou região apical com média de injúria de 66% e as regiões mediana e basal com porcentagens média significativamente inferiores, respectivamente, 24 e 10 % ( $F=41,10$ ;  $P < 0,0001$ ). Para o clone I1 44, a região mediana apresentou a maior porcentagem de ataque de *C. ferruginea* (54%) diferindo da região basal com a menor porcentagem (12%) ( $F=4,22$ ;  $P=0,041$ ) (Figura 4B).

Os resultados obtidos para o nível 3 apontam significâncias entre as regiões apical, mediana e basal para os diferentes clones. No clone TP 361 ( $F=7,99$ ;  $P= 0,0062$ ) foi verificado que a região mediana apresentou maior porcentagem de injúrias (52,6%) em relação as demais regiões, sendo a região apical com 26,6% e basal com 20,6%, esse mesmo padrão foi obtido para o clone VE 41 ( $F=7,99$ ;  $P=0,0062$ ). O clone VCC 865, revelou a maior porcentagem de injúrias na região apical com 54,6% diferindo da região mediana com 28,6 % e da basal com 16,6% ( $F=17,50$ ;  $P=0,0003$ ). Em relação ao clone I1 44, a região apical obteve a maior porcentagem de injúrias com 48%, diferindo da basal com 14% ( $F=5,59$ ;  $P=0,0193$ ) (Figura 4C).

Em geral, os resultados obtidos para o nível 4 apontaram diferenças significativas entre as regiões apical e mediana, quando comparadas com a região basal. As médias de injúrias obtidas para a região basal foram de 16% para o clone TP 361 ( $F=19,12$ ;  $P=0,0002$ ), 17% no clone VE 41 ( $F=13,46$ ;  $P=0,0009$ ) e no clone I1 44 ( $F=39,81$ ;  $P<0,0001$ ), Em relação ao clone VCC 865, não foram observadas injúrias de nível 4 em campo (Figura 4D).

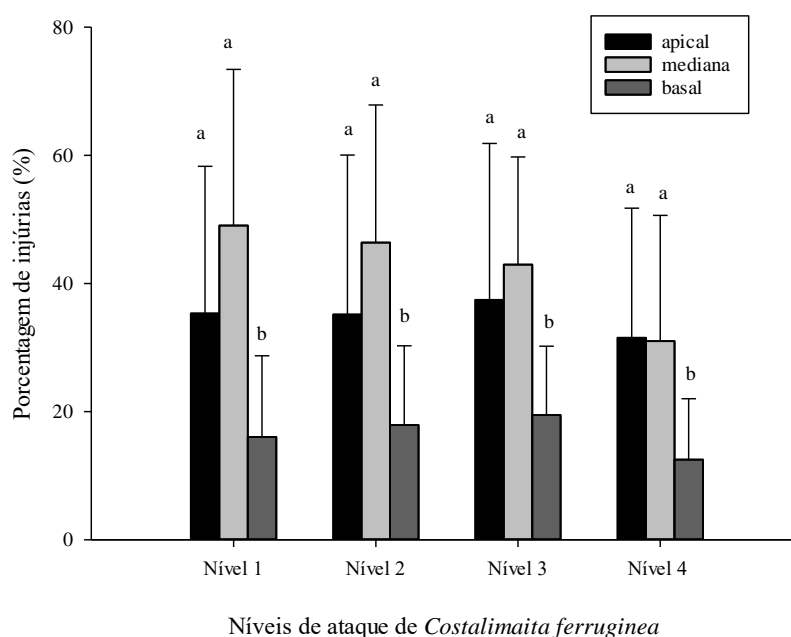




**Figura 4.** Porcentagem de injúrias de *Costalimaita ferruginea* (Coleoptera: Chrysomelidae) nas regiões apical, mediana e basal de clones (TP 361, VE 41, VCC 865, II 44) de *Eucalyptus urograndis* sob diferentes níveis de injúrias (1, 2, 3, 4).

Em geral, os resultados demonstraram diferenças significativas entre as regiões apical e mediana, quando comparadas com a região basal para todos os níveis de injúrias avaliados. Para o nível 1, a região basal apresentou porcentagem de injúrias média de 16,05% ( $F=12,84$ ;  $P<0,0001$ ); o nível 2 apresentou região basal com porcentagem de injúria média de 17,90% ( $F=10,28$ ;  $P=0,0002$ ). O mesmo padrão foi observado para o

nível 3 ( $F=11,12$ ;  $P<0,0001$ ) e nível 4 ( $F=8,14$ ;  $P=0,0008$ ), apresentando porcentagens médias de injúrias na região basal de, respectivamente, 19,45% e 12,25% (Figura 5).



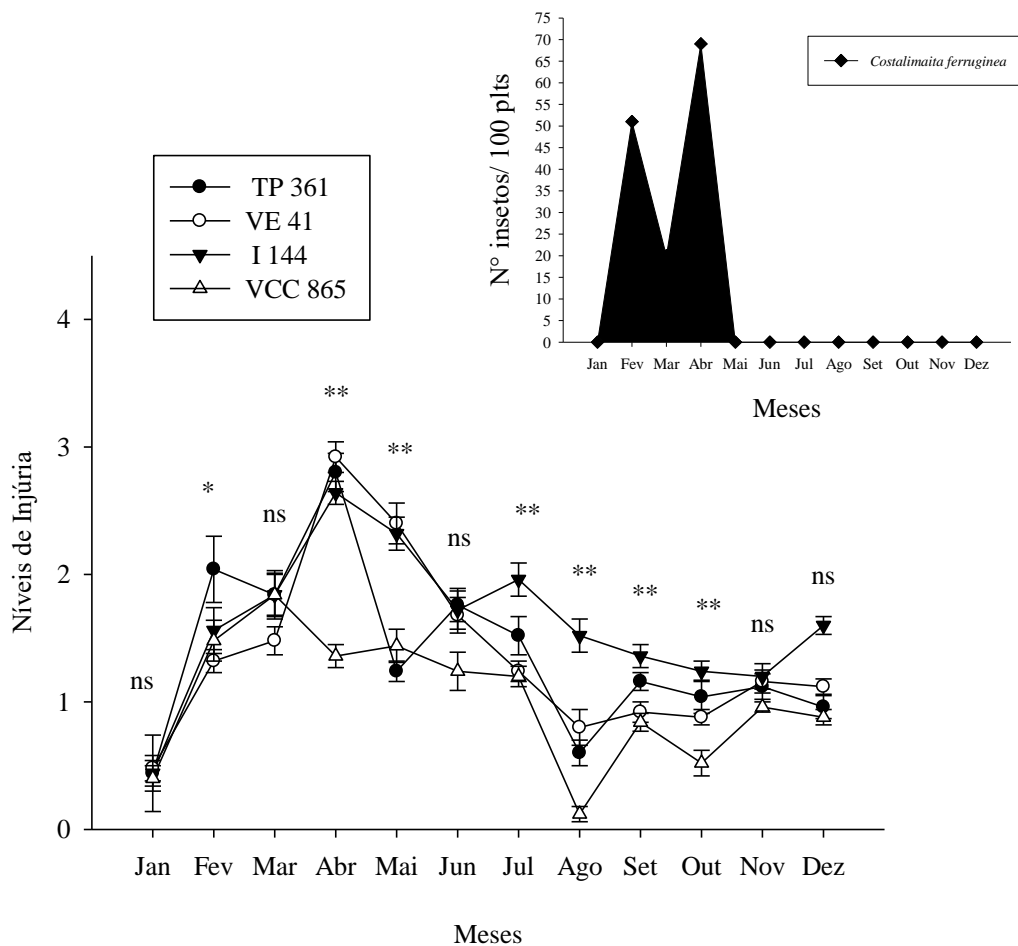
**Figura 5.** Porcentagem média de injúrias de *Costalimaita ferruginea* (Coleoptera: Chrysomelidae) em diferentes níveis nas regiões apical, mediana e basal em *Eucalyptus urograndis*.

### 3.3.5 Distribuição temporal de injúrias e flutuação populacional de *C. ferruginea* em clones de *E. urograndis*.

De forma geral, houve diferença significativa na distribuição temporal de nível de injúrias de *C. ferruginea* para os diferentes clones de *E. urograndis* ( $F= 25,54$ ;  $P<0,0001$ ) (Figura 6). Adicionalmente, foram observadas diferenças estatísticas entre os meses ( $F=78,79$ ;  $P<0,0001$ ), entre os clones ( $F=41,79$ ;  $P<0,0001$ ) e para a interação clone \* mês ( $F=6,32$ ;  $P<0,0001$ ). Em relação à interação clone \* mês, observaram-se diferenças significativas para o mês de fevereiro ( $F=2,78$ ;  $P=0,0451$ ); para o mês de abril ( $F=35,43$ ;  $P<0,0001$ ), no qual o clone VCC 865 apresentou nível de injúria inferior aos demais clones; maio ( $F=201,18$ ;  $P<0,0001$ ), em que os clones VCC 865 e TP 361 apresentaram níveis de injúrias inferiores aos clones II 44 e VE 41; julho ( $F=8,72$ ;  $P<0,0001$ ), onde se verificou nível de injúria superior para o clone II 44; agosto ( $F=26,28$ ;  $P<0,0001$ ), no qual foi observado o clone VCC 865 com nível de injúria inferior aos demais clones e clone II 44 exibindo o maior nível de injúria; setembro ( $F=8,22$ ;  $P<0,0001$ ), onde os

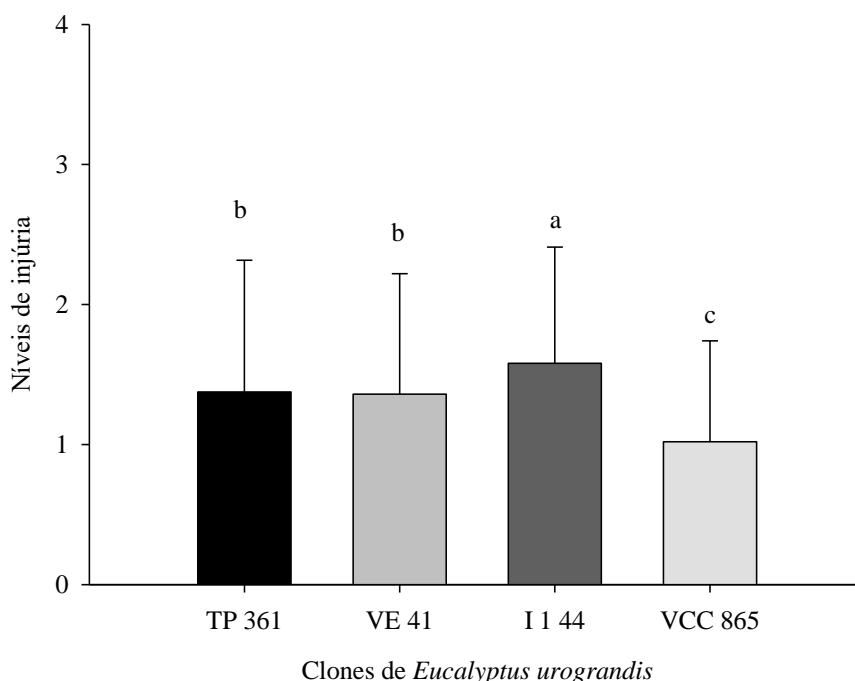
clones VCC 865 e I1 44, apresentaram o menor e o maior nível de injúria, respectivamente, em relação aos demais clones; e outubro (F=9,13; P<0,0001), em que o clone VCC 865 apresentou novamente nível de injúria inferior entre os clones avaliados, sendo os clones I1 44 e TP 361 apresentando níveis de injúrias superiores em relação aos demais clones.

Ao acompanhar a flutuação de *C. ferruginea* em campo, percebeu-se maior incidência dos insetos nos meses de fevereiro, março e abril, nos quais foi observado o surgimento de injúrias significativas para os diferentes clones de *E. urograndis* (Figura 6).



**Figura 6.** Distribuição de nível de injúrias (Média±EP) e flutuação temporal de *Costalimaita ferruginea* (Coleoptera: Chrysomelidae) em clones de *Eucalyptus urograndis* (TP 361, VE 41, I 144 e VCC 865). Rio Largo, Alagoas, 2018 (Jan/Dez). ns = não significativo; \* = P ≤ 0,05; \*\* = P < 0,0001.

Em relação aos níveis de injúrias médias acumuladas totais de *C. ferruginea* após 12 meses de avaliação nos diferentes clones de *E. urograndis*, verificou-se que o clone I1 44 exibiu média de injúria superior ( $1,58 \pm 0,83$ ) aos demais clones avaliados. Além disso, o clone VCC 865 apresentou menor média ( $1,02 \pm 0,72$ ) entre os clones ( $F=41,79$ ;  $P<0,0001$ ) (Figura 7).



**Figura 7.** Níveis de injúrias médias acumuladas (Média±EP) de *Costalimaita ferruginea* (Coleoptera: Chrysomelidae) em clones de *Eucalyptus urograndis* (TP 361, VE 41, I 144 e VCC 865). Rio Largo, Alagoas, 2018 (Jan/Dez).

### 3.4 DISCUSSÃO

O consumo alimentar de *C. ferruginea* em diferentes clones de *E. urograndis*, em laboratório, apesar de não apresentar diferenças estatísticas significativas, indicou um maior consumo para o clone I1 44 e menor consumo do clone VCC 865. Posteriormente, após 12 meses de avaliação das médias de injúrias em campo, essa tendência foi confirmada, com o clone I1 44 apresentando a maior média de injúrias observadas, enquanto o clone VCC 865 exibiu menor média de injúrias. Essas observações podem

inferir características de resistência e susceptibilidade para os diferentes clones avaliados. De forma geral, características físico-químicas das folhas, além da constituição de compostos secundários, como taninos, gordura e óleos essenciais, podem propiciar propriedades fagoestimulantes ou deterrentes, influenciando o processo de herbivoria (OHMART et al., 1985; OHMART & EDWARDS, 1991).

Montes et al. (2012), avaliando danos de adultos de *C. ferruginea* em diferentes espécies de *Eucalyptus*, afirmaram que todas as folhas amostradas de *E. urophylla* e do híbrido *E. urograndis* apresentaram danos significativos quando comparados a *E. camaldulensis*, *E. citriodora* e *E. pellita*.

Dessa forma, demonstra-se uma preferência hospedeira de *C. ferruginea* por *E. urograndis*, espécie de atual utilização para implementação de povoamentos florestais experimentais clonais no estado de Alagoas. Entretanto, na literatura, a avaliação do consumo alimentar e/ou preferência hospedeira de *C. ferruginea* em diferentes clones de *E. urograndis* ainda é considerada incipiente.

A escala diagramática visual, vem sendo utilizada frequentemente como uma ferramenta auxiliar na avaliação de danos e injúrias de *C. ferruginea* em *Eucalyptus* spp. (MONTES et al., 2012; DIAS et al., 2017). Essas escalas diagramáticas podem ser representadas por ilustrações ou fotografias de planta, ou partes de plantas, com diferentes níveis de danos e/ou injúrias. Diante disso, a validação dessa ferramenta é essencial para garantir a fácil aplicação a diferentes condições, como também propiciar resultados acurados, precisos e reprodutíveis (CAMPBELL & MADDEN, 1990). No presente estudo, a validação da escala de notas de injúrias proposta foi confirmada estatisticamente, porém, as interações de *C. ferruginea* e o nível de injúria estabelecido pode sofrer influência da espécie de *Eucalyptus* avaliada.

Em relação à distribuição espacial dos níveis de injúrias de *C. ferruginea* em *E. urograndis* em campo, percebeu-se que, à medida que se adentrou na área, o nível de injúrias nas plantas decresceu. Dessa forma, verificou-se que o padrão de ataque de *C. ferruginea* se concentrou na bordadura do povoamento florestal experimental clonal de *E. urograndis*.

Este padrão foi observado por Mafia et al. (2014), que os ataques dos besouros crisomelídeos, *C. ferruginea* e *C. lurida* (Lefèvre, 1891) em plantio de *E. urograndis* ocorreram da bordadura do talhão para o seu interior. Lunz & Azevedo (2011) também observaram concentração dos ataques de *C. ferruginea* nas bordas dos talhões em relação ao seu interior, não existindo preferência dentre as diversas espécies e híbridos de

*Eucalyptus* spp. cultivados. Assim, considera-se a bordadura dos povoamentos florestais o ponto crítico, onde se concentram as injúrias de maior intensidade. A maior concentração de ataques na bordadura pode ser explicada devido às revoadas de *C. ferruginea* ocorrerem a partir de regiões circunvizinhas aos plantios, sobretudo com pastagens ou cultivos de cana-de-açúcar (ANJOS & MAJER, 2003).

Em relação à distribuição vertical de injúrias nas regiões apical, mediana e basal das plantas, Fernandes (2004) observou que adultos de *Metaxyonycha angusta* (Perty) (Coleoptera: Chrysomelidae), alimentaram-se das folhas jovens e folhas da região apical das plantas atacadas de *E. urophylla* e híbridos de *E. urograndis*, com até um ano de idade (FERNANDES, 2004). Dias et al. (2017) constataram injúrias de *C. ferruginea* em folhas de todos os terços (apical, mediana e basal) de *Eucalyptus* spp., com predominância de ataque em folhas jovens e do terço apical. Pires et al. (2013) relataram ataques com as mesmas características, apontando preferência de *C. ferruginea* por folhas jovens das regiões apicais e laterais, com insetos abrigados sob folhas e menor atividade alimentar nos períodos mais quentes do dia, corroborando com os resultados obtidos no presente trabalho.

A redução da área foliar na região apical pode causar grandes perdas econômicas, em decorrência da redução das folhas maduras. Mendes (2004) observou que a desfolha causada por essa praga em 75% da copa resultou na redução de 43,6% do volume de madeira por hectare, efeitos adversos sobre a forma das árvores e aumento de 1,8 a 3,7 vezes na mortalidade de plantas de *E. grandis* aos 7 anos de idade.

Segundo Mafia et al. (2014), ataques intensos de *C. ferruginea*, ou, de *C. lurida* podem resultar em danos no meristema apical e provocar a perda de dominância apical. Montes et al. (2012) diz que o prejuízo é acentuado quando a gema apical é cortada por *C. ferruginea*, causando ramificações laterais nas árvores. Esses autores revelam ainda que o desfolhamento do terço superior apical, ligado ao corte do ponteiro principal, geraram perdas de até 168,65 m<sup>3</sup> de madeira/ha. O ataque da gema apical não foi observado para nenhum dos clones avaliados no presente estudo.

A preferência por folhas das regiões apical e mediana deve-se ao fato destas serem mais jovens, estando diretamente ligada à qualidade nutricional, altos níveis de nitrogênio e níveis mais baixos de óleos essenciais que proporcionam altos níveis de desfolha (OHMART et al., 1985 ; BAKER et al., 2002). Vale ressaltar que no presente estudo, o clone VCC 865 não apresentou nível de injúria 4 nas regiões apical, mediana ou basal durante as avaliações.

Em plantas jovens de *Eucalyptus* spp., as injúrias foliares são variáveis e dependentes da interação da severidade (ou intensidade); da frequência dos eventos de desfolha dentro e entre os anos de cultivo; da estação do ano quando a desfolha ocorre; da localização dos danos na copa das árvores; da idade, do vigor e da espécie e/ou clone do gênero *Eucalyptus* atacada (COLLETT & NEUMANN, 2002).

No presente estudo, as injúrias de *C. ferruginea* se apresentaram significativas a partir do segundo mês de avaliação (fevereiro/2018), quando as plantas possuíam seis meses de idade, exibindo picos de injúrias similares aos picos da flutuação populacional do inseto em campo. Diferenças estatísticas significativas entre os clones foram observadas até o período em que as plantas possuíam 14 meses de idade (outubro/2018), com o clone II 44 apresentando maiores níveis de injúrias ao longo do tempo, quando comparado ao clone VCC 865.

Devido aos danos serem variáveis, a recuperação das plantas também não é uniforme. Diante disso, o ataque de *C. ferruginea* pode reduzir a uniformidade do desenvolvimento do plantio, afetando de forma significativa a produtividade das plantas, em razão do processo de concorrência entre plantas vizinhas (MENDES, 2004). Souza et al. (2008), após avaliar a reposição foliar em plantas jovens de *Eucalyptus* spp. atacadas por *C. ferruginea*, observaram relação inversa entre o nível de desfolha e a capacidade de reposição foliar.

De modo geral, após 12 meses de avaliação, os clones de *E. urograndis* avaliados no presente estudo apresentaram médias de injúrias de *C. ferruginea* relativamente baixas (1,58 a 1,02). Injúrias foliares severas, especialmente em folhas fotossinteticamente ativas, paralisam o crescimento da copa, ramos e raízes, seguidos de morte de ponteiros e, em último caso, mortalidade da planta. Porém, injúrias parciais ou de baixa intensidade causam, normalmente, reduções pouco significativas no crescimento, ocorrendo uma rápida reposição das folhas danificadas (LANDSBERG & OHMART, 1989).

Dessa maneira, o presente estudo se configura como pioneiro na avaliação das interações de *C. ferruginea* e clones de *E. urograndis*, fornecendo informações básicas para a indicação de clones, monitoramento e desenvolvimento de programas de Manejo Integrado de Pragas Florestais no estado de Alagoas.

### 3.5 CONCLUSÕES

- Os resultados em laboratório indicam um maior consumo foliar de *C. ferruginea* no clone II 44 em relação ao clone VCC 865;
- Determinou-se a escala de notas de injúrias de *C. ferruginea* em clones de *E. urograndis*, com níveis de injúrias variando de 1 a 4;
- As injúrias de *C. ferruginea*, concentram-se, em sua maioria, na bordadura do talhão, em relação ao seu interior;
- As injúrias analisadas verticalmente, apresentaram padrão geral de distribuição na região apical e mediana, variando entre os clones;
- Pico de injúrias foram relacionados ao pico de população de *C. ferruginea* em plantas mais jovens até 14 meses de idade;
- Após 12 meses de avaliação foi verificado uma baixa intensidade de injúrias de *C. ferruginea* em clones de *E. urograndis*.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANJOS, N.; MAJER, J. D. Leaf-eating beetles in Brazilian eucalypt plantations. **Curtin: School of Environmental Biology**, (Bulletin 23). 33p, 2003.

APIMEC. **Alagoas terá projeto de eucalipto para biomassa energética**. 2015.

Disponível em:

<[http://www.apimec.com.br/apimecNE/show.aspx?id\\_canal=2457&id\\_materia=34465](http://www.apimec.com.br/apimecNE/show.aspx?id_canal=2457&id_materia=34465)>. Acesso em: 25 de abril de 2017.

BAKER, et al. Comparison of feeding efficiency, development time and survival of Tasmanian eucalyptus leaf beetle larvae *Chrysophtharta bimaculata* (Olivier) (Coleoptera: Chrysomelidae) on two hosts **Australian Journal of Entomology**, v. 41, n 2, p. 174-181, 2002.

BARRIGOSI, J. A. F. et al. Spatial and probability distribution of Mexican bean beetle (Coleoptera: Coccinellidae) egg mass populations in dry bean. **Environmental Entomology**, v. 30, n. 2, p. 244-253, 2001.

CAMPBELL, C. L.; MADDEN, L.V. Introduction to plant disease epidemiology. **New York, John Wiley**, 532p, 1990.

CLARKE, A. R. et al. Gonipterus scutellatus oviposition on seven naturally co-occurring Eucalyptus species. **Forest Ecology and Management**, v. 110, n. 1-3, p. 89-99, 1998.



COLLETT, N. G.; NEUMANN, F. G. Effects of simulated chronic defoliation in summer on growth and survival of blue gum (*Eucalyptus globulus* Labill.) within young plantations in northern Victoria. **Australian Forestry**, v. 65, n. 2, p. 99-106, 2002.

CRUZ, C. D. Genes: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 35, n. 3, p. 271-276, 2013.

DIAS, T. K. R. et al. The beetle *Costalimaita ferruginea* (Coleoptera: Chrysomelidae) in *Eucalyptus* plantations in transition area of Amazon and Cerrado Biomes. **Brazilian Journal of Biology**, v. 78, n. 1, p. 47-52, 2017.

FERNANDES, L. C. **Biologia de *Metaxyonycha angusta* (Perty) (Coleoptera: Chrysomelidae) e efeitos do seu ataque em eucaliptos, num sistema agroflorestal.** 2004. Tese (Doutorado em Entomologia) - UFV, Viçosa, MG, 2004.

FISCHER, A.; ZYLBERSZTAJN, D. O fomento florestal como alternativa de suprimento de matéria-prima na indústria brasileira de celulose. **Revista Eletrônica de Administração**, v. 18, n. 2, p. 494-520, 2012.

GALVÃO, A. S. Escala diagramática de dano de *Aceria guerreronis* Keifer (Acari: Eriophyidae) em coqueiro. **Neotropical Entomology**, v. 37, n. 6, p. 723-728, 2008.

KASSAB, S. O. et al. Primeiro relato de *Costalimaita ferruginea* (Fabricius, 1801) (Coleoptera: Chrysomelidae) em eucalipto no estado do Mato Grosso do Sul. **Ciência Florestal**, v. 21, n. 4, p. 777-780, 2011.

LANDSBERG, J.; OHMART, C. Levels of insect defoliation in forests: patterns and concepts. **Trends in Research, Ecology and Evolution**, v. 4, n. 1, p. 6-100, 1989.

LUNZ, A. M.; AZEVEDO, R. Caracterização da ocorrência do besouro-amarelo, *Costalimaita ferruginea* (Fabricius) (Coleoptera: Chrysomelidae), em plantios de eucalipto no Pará. **Belém: Embrapa Amazônia Oriental**, Comunicado técnico, n. 229, 5 p, 2011.

MAFIA, R. G. et al. Análise comparativa dos surtos e danos causados pelos besouros desfolhadores *Costalimaita ferruginea* (Fabricius, 1801) e *Costalimaita lurida* (Lefèvre, 1891) (Coleoptera: Chrysomelidae) em plantios de eucalipto. **Revista Árvore**, v. 38, n. 5, p. 829-836, 2014.

MENDES, J. P. E. **Efeito do ataque de *Costalimaita ferruginea* (Fabr.) (Coleoptera: Chrysomelidae) sobre o crescimento e produção de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden.** 2004. Tese (Doutorado em Entomologia) - UFV, Viçosa, MG, 2004.

MONTES, S. M. N. M. et al. Avaliação de danos de adultos de *Costalimaita ferruginea* (Fabricius) (Col.: Chrysomelidae) em *Eucalyptus* spp. de Presidente Prudente, SP. **Arquivos do Instituto Biológico**, v.79, n.3, p.431-435, 2012.

OHMART, C. P. et al. Effects of food quality, particularly nitrogen concentrations, of *Eucalyptus blakelyi* foliage on the growth of *Paropsis atomaria* larvae (Coleoptera: Chrysomelidae). **Oecologia**, v. 65, n. 4, p. 543-549, 1985.

OHMART, C. P.; EDWARDS, P. B. Insect herbivory on eucalyptus. **Annual Review of Entomology**, v. 36, p. 637-657, 1991.

PIRES, E. M. et al. New Report of *Costalimaita ferruginea* (Fabricius) (Coleoptera: Chrysomelidae) on *Eucalyptus* sp. (Myrtaceae) in Sinop - Mato Grosso, Brazil. **EntomoBrasilis**, v. 6, n. 1, p. 89-90, 2013.

PIZZI, M. B. **Perdas de produtividade de 12 clones de eucalipto submetidos a desfolhas artificiais sucessivas**. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - UNESP, Botucatu, SP, 2016.

REIS, D. S. **Identificação e distribuição espacial de curculionídeos em abacateiro**. 2017. Tese (Doutorado em agronomia) - UFV, Viçosa, MG. 2017.

SANTOS, G. P. et al. Pragas do eucalipto. **Informe Agropecuário**. v. 29, n. 1, p. 43-64, 2008.

SAS INSTITUTE. SAS/STAT User's guide, version 8.02, TS level 2MO. SAS Institute Inc., Cary, NC. 2001.

SILVA, G. A. **Fatores de perdas de produtividade e distribuição espacial de pragas em milho Bt Cry1Ab**. 2013. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - UFV, Viçosa, MG, 2013.

SOLIMAN, E. P. Sanidade Florestal e a busca pela sustentabilidade da produção. **VIII Simpósio Sobre Técnicas de Plantio e Manejo de Eucalipto para Uso Múltiplos Piracicaba**. 2014.

TABACOF, B. A evolução do setor florestal brasileiro. **Revista Opiniões**, 2009. Disponível em: < <http://www.revistaopinioes.com.br/cp/materia.php?id=529>>. Acesso em: 25 de abril de 2017.

**Ecologia química de *Costalimaita ferruginea* (Fabricius, 1801) (Coleoptera: Chrysomelidae) em *Eucalyptus urograndis*.**

**RESUMO**

Dentre os crisomelídeos, *Costalimaita ferruginea* (Fabricius, 1801) (Coleoptera: Chrysomelidae) apresenta ocorrência frequente em *Eucalyptus* spp., estando distribuído na maioria dos estados brasileiros e recentemente relatado no estado de Alagoas em clones de *Eucalyptus urograndis*. O objetivo deste capítulo foi verificar os compostos orgânicos voláteis (COVs) de *C. ferruginea* coletados no estado de Alagoas. Para isso, adultos de *C. ferruginea* com idade e status reprodutivo (acasalados ou virgens) desconhecidos foram coletados em povoamento florestal experimental clonal de *E. urograndis* e utilizados em grupos amostrais de 30 machos [1]; 30 fêmeas [2]; e 70 insetos, com representantes de ambos os sexos [3] na presença e ausência de alimento (folhas de *E. urograndis*). Os insetos foram submetidos à coleta de voláteis através do sistema de aeração, em laboratório. Posteriormente, foi realizada a detecção e identificação dos COVs através de cromatografia gasosa com detector por ionização em chama (CG-DIC) e cromatografia gasosa acoplada a espectômetro de massas (CG-EM). Foram identificados um total de 24 compostos. O composto Heptadecano foi específico em amostras de fêmeas de *C. ferruginea*. Os compostos Tetradeceno e (Z)-9-Octadecenoic acid, foram específicos para os machos. Os compostos 2-Nonenal, trans Geraniol,  $\alpha$ -Pinenol e Trideceno, foram específicos para fêmea e macho na ausência de alimento.  $\beta$ -Ocimeno, Linalool, (E,E)-2,8-Dimethyl-1,7-dioxaspiro[5.5]undecano,  $\alpha$ -Copaeno e Octadecano foram identificados apenas nas amostras com presença de alimento. Os compostos trans-Cariofileno e Eucaliptol foram encontrados em todas as amostras, para ambos os sexos, com ou sem alimento. Os resultados obtidos referentes a ecologia química são pioneiros no estado de Alagoas para *C. ferruginea*, apresentando-se como informações básicas para o desenvolvimento de programas de Manejo Integrados de Pragas Florestais.

**Palavras-chave:** Besouro desfolhador, eucalipto, compostos orgânicos voláteis, aeração.

**Chemical ecology of *Costalimaita ferruginea* (Fabricius, 1801) (Coleoptera: Chrysomelidae) in *Eucalyptus urograndis*.**

**ABSTRACT**

Among the Chrysomelidae beetles, *Costalimaita ferruginea* (Fabricius, 1801) (Coleoptera: Chrysomelidae) frequently occurs in association with *Eucalyptus* spp., being distributed in most Brazilian States and recently reported in the State of Alagoas in *Eucalyptus urograndis* clones. Thus, the objective of this study was to verify the volatile organic compounds (VOCs) of *C. ferruginea* on *E. urograndis* in the state of Alagoas. For that, *C. ferruginea* adults of unknown age and reproductive status (mating or virgin) were collected in clonal experimental forest stands of *E. urograndis* and used in sample groups of 30 males [1]; 30 females [2]; and 70 insects, with representatives of both sexes [3] in the presence and absence of food (leaves of *E. urograndis*). The insects were submitted to volatiles sampling through headspace techniques, in laboratory. Subsequently, the detection and identification of VOCs was performed by gas chromatography with flame ionization detector (CG-DIC) and gas chromatography coupled to mass spectrometer (GC-MS). A total of 24 compounds were identified. The compound Heptadecano was specific for the samples of *C. ferruginea* females. Tetradecene and (Z)-9-Octadecenoic acid, were specific for male samples. 2-Nonenal, trans Geraniol,  $\alpha$ -Pineno and Tridecene, were specific for female and male samples in the absence of food. The compounds  $\beta$ -Ocimene, Linalool, (E,E)-2,8-Dimethyl-1,7-dioxaspiro[5.5]undecane,  $\alpha$ -Copaene and Octadecane were obtained in samples of males and females in the presence of food. The compounds trans-Caryophyllene and Eucaliptol were found in all analyzed samples. The results obtained are pioneers for the chemical ecology of *C. ferruginea* on *E. urograndis* in the State of Alagoas and present basic information for the development of Forest Integrated Pest Management.

**Keywords:** Defoliator beetle, eucalyptus, volatile organic compounds, headspace techniques.

## 4.1 INTRODUÇÃO

O cultivo do gênero *Eucalyptus* detem papel fundamental no setor florestal brasileiro, como fonte de matéria-prima para produção de celulose, papel e energia, destacando-se como a essência florestal madeireira mais cultivada no país (SIMÕES et al., 1981; PERECIN, 2003; SANTOS et al., 2004).

Segundo Ceulemans e Saugier (1991), a produção madeireira em *Eucalyptus* spp. está diretamente relacionada com a sua capacidade fotossintética e assim, alterações da área foliar comprometem a formação e o crescimento do fuste, tornando-se limitante para o cultivo e sobrevivência dos povoamentos florestais.

Nesse sentido, um dos fatores que afetam significativamente a produtividade dos povoamentos florestais de *Eucalyptus* spp. é o ataque de insetos desfolhadores (MENDES, 2004). De acordo com Ohmart e Edwards (1991), a ocorrência de besouros desfolhadores da família Chrysomelidae possui elevada expressão econômica para a eucaliptocultura brasileira.

Dentre os crisomelídeos, *Costalimaita ferruginea* (Fabricius, 1801) (Coleoptera: Chrysomelidae) apresenta ocorrência frequente em *Eucalyptus* spp., estando distribuído na maioria dos estados brasileiros (BERTI FILHO & KRUGNER, 1986; MENDES et al., 1998) e recentemente relatado no estado de Alagoas em clones de *E. urograndis* (XAVIER et al., 2018).

O manejo desse inseto é realizado basicamente através da utilização de inseticidas químicos sintéticos, com pulverizações aéreas para o controle de adultos, de forma onerosa e pouco eficiente (MENDES et al., 2004). Dessa maneira, o estudo e conhecimento da ecologia química de *C. ferruginea* pode permitir o desenvolvimento de técnicas de manejo mais eficazes e específicas (SOUZA, 2013).

A comunicação química em insetos ocorre através da utilização de semioquímicos, sinais químicos de misturas de compostos orgânicos voláteis (COVs), que contém informações para o encontro de hospedeiros, de parceiros sexuais, sítio de oviposição, entre outras funções (SCHOONHOVEN et al., 1996; MUSTAPARTA, 2002; BRUCE et al., 2005; DUDAREVA et al., 2006).

Dentre os semioquímicos, os feromônios sexuais, que atuam na atração intraespecífica de indivíduos do sexo oposto para acasalamento; e os feromônios de agregação, envolvidos na agregação de indivíduos de ambos os sexos em determinado

local, indicando a presença de alimento, são frequentemente estudados e aplicados com sucesso no Manejo Integrado de Pragas (MIP) (ZARBIN et al., 2009).

De forma geral, informações sobre a ecologia química de *C. ferruginea* são escassas na literatura. Anjos (1992) e Souza (2013) descreveram o comportamento de agregação de *C. ferruginea*, ao se alimentar das folhas de *E. urograndis*, na região sudeste do Brasil, indicando a possibilidade de feromônio de agregação para essa espécie.

Diante disso, o estudo da ecologia química de *C. ferruginea* constitui uma ferramenta importante para o desenvolvimento de estratégias de monitoramento e manejo das populações desse inseto, contribuindo para a consolidação do setor florestal no estado de Alagoas.

## **4.2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.2.1 Coleta de *C. ferruginea* para a extração de Compostos Orgânicos Voláteis**

Adultos de *C. ferruginea* utilizados para a extração de compostos orgânicos voláteis (COVs) foram coletados em povoamento florestal experimental clonal de *E. urograndis*, no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas (CECA/UFAL), com idade e status reprodutivos (acasalados ou virgens) desconhecidos. Os insetos foram levados ao Laboratório de Pesquisa em Recursos Naturais (LPqRN), onde foram alimentados com folhas de *E. urograndis* e mantidos em temperatura de  $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ , até a realização dos bioensaios.

### **4.2.2 Coleta dos voláteis**

Amostras contendo 30 machos [1]; 30 fêmeas [2]; e 70 insetos, com representantes de ambos os sexos [3] de *C. ferruginea*, foram selecionadas para a coleta de voláteis, através de sistema de aeração, na presença e ausência de alimento (folhas de *E. urograndis*).

Os voláteis de *C. ferruginea* foram coletados utilizando um sistema de aeração fechado (headspace), operado por uma bomba de vácuo com fluxo de ar contínuo (200 mL/min), purificado por filtro de carvão ativado. Os sistemas de aerações foram constituídos pela conexão de frascos de vidros, com a presença de teste branco e um recipiente preenchido com água destilada, garantindo a umidade dentro do sistema.

A conexão dos frascos foi interligada ao sistema de ar a vácuo através de conectores e tubos de silicone. Em uma das extremidades do sistema, foi adicionado um filtro de 20 g de polímero Porapak Q, para retenção dos voláteis.

A coleta de voláteis foi realizada por um período de 24 horas, com fotoperíodo de 12 horas. Após esse período, os filtros de Porapak foram lavados com 500 µL de hexano (Sigma Aldrich, EUA).

As amostras foram armazenadas em frascos de vidro (2 mL) e colocadas no congelador a -20 °C, até sua utilização nas análises em cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massa (CG-EM).

#### **4.2.3 Análise dos compostos voláteis**

Para análise dos extratos foi utilizada a cromatografia gasosa com detector por ionização em chama (CG – DIC), equipado com coluna capilar RTX-5 de 30 m (0.25 µm di, 0.25 mm Restek®) (SHIMADZU, modelo GC-2010), com fluxo de 1,37 mL/min. O método empregado no equipamento para análise dos extratos iniciou com aquecimento a 50°C por 5 min do forno, sendo aquecido a 5°C/min até atingir 250°C e mantido esta temperatura por 10 minutos, para cálculo do Índice de Kovats (IK) e quantificação dos compostos no extrato.

Para auxílio na identificação dos compostos, foi utilizado um espectrometro de massas (SHIMADZU, QB 2010 Ultra) acoplado à cromatógrafo gasoso (CG-EM), equipado com coluna capilar DB-5 de 30 m (0.25 µm di, 0.25 mm Restek®), quadrupolo com impacto eletrônico (70eV), com fase estacionária (5% - fenil) – metilpolisiloxane. Foi utilizado o gás hélio para arraste com fluxo da coluna de 1,37 mL/min constante, no mesmo método empregado para o CG-DIC.

A identificação dos compostos foi realizada através de análises individuais dos espectros de massas, análise da fragmentação dos compostos e comparação entre os dados adquiridos pelo software do CG-EM, comparado com bancos de dados divulgados como Pherobase e Nist, com o Índice de Kovats calculado para cada composto e comparados com a literatura.

Para o cálculo do Índice de Kovats foi usado padrão de n-alcenos de C7-C30 no mesmo método de análise para os extratos.

### 4.3 RESULTADOS

As análises em cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massa (CG-EM) revelaram um total de 70 picos referentes aos compostos voláteis obtidos de adultos de *C. ferruginea* sozinhos, ou em associação com as folhas de *E. urograndis*.

A identificação dos compostos foi possível para 82,85% de todas as substâncias detectadas. Em geral, obteve-se um total de 24 compostos identificados como COV's para todas as amostras. Os compostos foram classificados em sua maioria como terpenos, monoterpenos, sesquiterpenos, alcenos, alcanos, aldeídos e ácidos carboxílicos, variando de nove a 22 carbonos saturados ou insaturados. Os compostos cujos espectros de massa não estavam listados na literatura consultada ou nos padrões de similaridade das bibliotecas NIST08, NIST08s e WILEY7, estão especificados na Tabela 1.

**Tabela 1.** Compostos químicos identificados nos voláteis coletados através de aeração de fêmeas e machos de *Costalimaita ferruginea* com presença ou ausência de folhas de *Eucalyptus urograndis*, Rio Largo, AL.

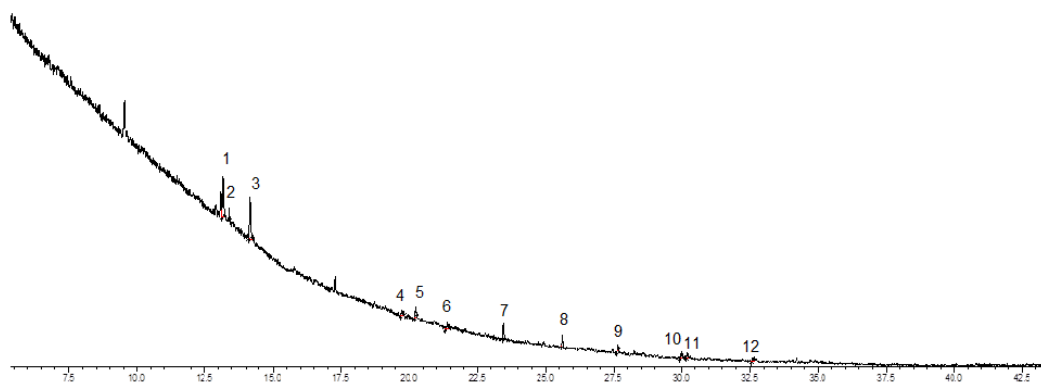
IK*	TR*	Compostos orgânicos voláteis
987	11,514	2-Nonenal <sup>(3)</sup>
991	11,689	trans-Geraniol <sup>(3)</sup>
1009	12,361	$\alpha$ -Pinoeno <sup>(3)</sup>
1029	13,072	D-Limoneno <sup>(2,3)</sup>
1031	13,155	Eucaliptol <sup>(1,2,3,4)</sup>
1037	13,388	$\alpha$ -Ocimeno <sup>(1,3,4)</sup>
1048	13,771	$\beta$ -Ocimeno <sup>(4)</sup>
1058	14,141	$\gamma$ -Terpineno <sup>(1,2,3)</sup>
1061	14,234	$\gamma$ -Terpineno <sup>(4)</sup>
1087	15,159	NI <sup>(4)</sup>
1099	15,600	Linalool <sup>(4)</sup>
1103	15,750	Dodecanal <sup>(2,3)</sup>
1105	15,822	*NI <sup>(4)</sup>
1128	16,591	*NI <sup>(4)</sup>
1140	16,965	(E,E)-2,8-Dimethyl-1,7-dioxaspiro[5.5]undecane <sup>(4)</sup>
1179	18,274	*NI <sup>(4)</sup>
1192	18,723	1-Undeceno <sup>(2,4)</sup>
1205	19,115	Dodecanal <sup>(2,3)</sup>
1224	19,712	1,3,3-Trimethylbicyclo[2.2.1]hept-2-yl acetato <sup>(1,3)</sup>
1241	20,240	Geranyl acetato <sup>(1,3,4)</sup>
1279	21,392	2-Methylundecano <sup>(1,2,3)</sup>
1325	22,769	Tetradeceno <sup>(2)</sup>
1348	23,442	*NI <sup>(1,3,4)</sup>
1380	24,351	*NI <sup>(4)</sup>
1392	24,703	1-Trideceno <sup>(2,3)</sup>



1400	24,934	Tridecane <sup>(3)</sup>
1413	25,288	trans-Cariofileno <sup>(4)</sup>
1425	25,599	trans- Cariofileno <sup>(1,2,3,4)</sup>
1444	26,128	trans-Cariofileno <sup>(4)</sup>
1449	26,261	trans-Cariofileno <sup>(3)</sup>
1460	26,558	trans-Cariofileno <sup>(4)</sup>
1466	26,716	trans-Cariofileno <sup>(4)</sup>
1493	27,446	Tetradecano <sup>(2)</sup>
1500	27,636	cis-Nerolidol <sup>(1,3,4)</sup>
1524	28,249	$\alpha$ -Copaeno <sup>(4)</sup>
1592	29,983	*NI <sup>(1,2,3)</sup>
1600	30,173	Hexadecano <sup>(1,3)</sup>
1700	32,600	Heptadecano <sup>(1)</sup>
1770	34,204	(Z)-9- Ácido octadecenoico <sup>(2)</sup>
1793	34,716	*NI <sup>(2,3)</sup>
1802	34,933	Octadecano <sup>(4)</sup>

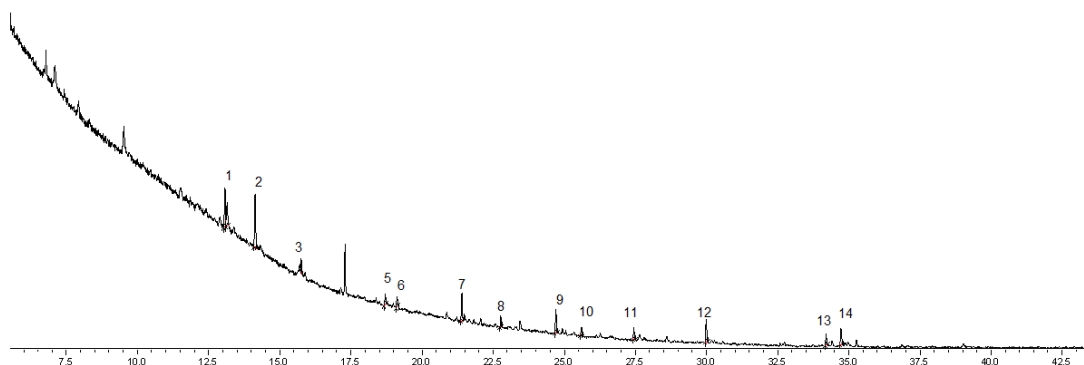
\*Índices de Kovats (IK) para coluna DB-5. \*TR – tempo de retenção. \*NI – Compostos não identificados. Números entre parêntese (1 a 4), indicam, respectivamente, (1) fêmea, (2) macho, (3) fêmea e macho sem alimento e (4) fêmea e macho com alimento.

Nos perfis cromatográficos de fêmeas adultas de *C. ferruginea* foi possível detectar um total de 12 picos e, destes, dois não foram identificados. Além disso, o composto Heptadecano foi detectado, exclusivamente, nessa amostra (Figura 8).



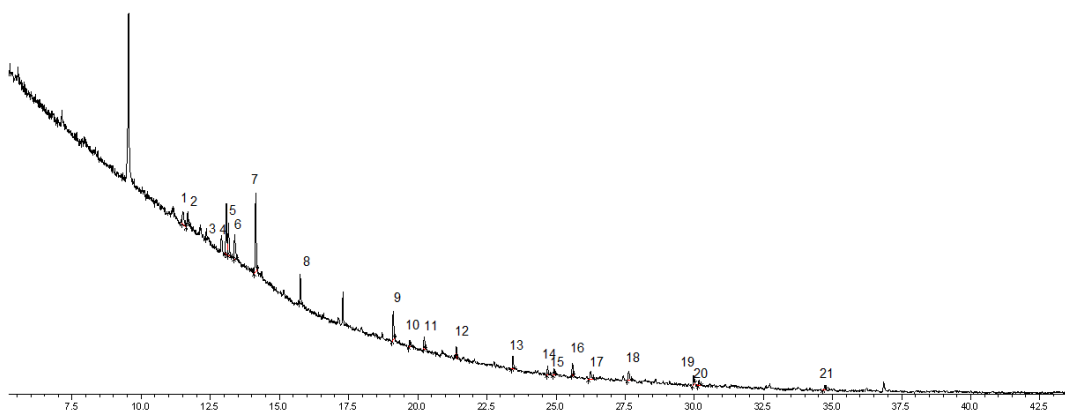
**Figura 8.** Cromatograma dos voláteis de fêmeas de *Costalimaita ferruginea* (Coleoptera: Chrysomelidae) em *Eucalyptus urograndis*. Rio Largo, Alagoas.

Perfil semelhante foi observado quando os voláteis foram coletados de machos de *C. ferruginea*, gerando um total de 14 picos, sendo dois compostos não identificados, e apresentando Tetradeceno e (Z)-9- Ácido octadecenoico como compostos específicos dessas amostras (Figura 9).



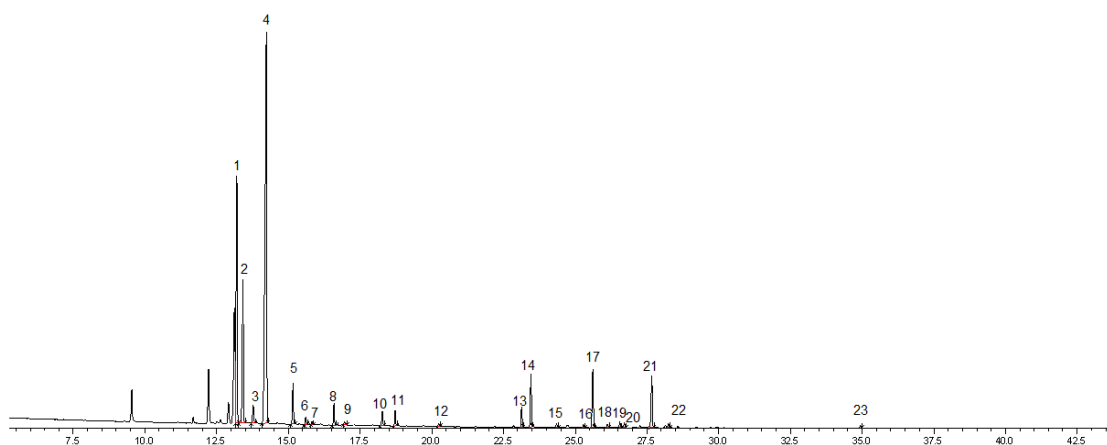
**Figura 9.** Cromatograma dos voláteis de machos de *Costalimaita ferruginea* (Coleoptera: Chrysomelidae) em *Eucalyptus urograndis*. Rio Largo, Alagoas.

Os voláteis de fêmeas e machos adultos de *C. ferruginea* sem a presença de *E. urograndis*, produziram um total de 21 picos, obtendo quatro compostos exclusivos (2-Nonenal, trans Geraniol,  $\alpha$ -Pinenol e Tridecano) (Figura 10).



**Figura 10.** Cromatograma de voláteis de fêmeas e machos de *Costalimaita ferruginea* (Coleoptera: Chrysomelidae) sem a presença de alimento. Rio Largo, Alagoas.

Já nos voláteis de fêmeas e machos de *C. ferruginea* na presença do alimento foram obtidos um total de 24 picos, e destes, 11 compostos são representantes apenas dessa amostra, sendo eles  $\beta$ -Ocimeno, Linalool, (E,E)-2,8-Dimethyl-1,7-dioxaspiro[5.5]undecano,  $\alpha$ -Copaenol e Octadecano (Figura 4).



**Figura 11.** Cromatograma de fêmeas e machos de *Costalimaita ferruginea* (Coleoptera: Chrysomelidae) na presença de alimento (folhas de *Eucalyptus urograndis*). Rio Largo, Alagoas.

Os compostos voláteis detectados em todas as amostras analisadas foram trans-Cariofileno e Eucaliptol.

#### 4.4 DISCUSSÃO

Dos 70 compostos encontrados nas coletas de voláteis dos insetos adultos de *C. ferruginea*, apenas 15 parecem ser emitidos exclusivamente pelos insetos, principalmente os alcanos, apresentando de nove a 18 carbonos em suas cadeias. Sabe-se que os compostos orgânicos presentes em algumas espécies de crisomelídeos são formados basicamente por mono, di e tri-metil alcanos de cadeia longa (DUBIS et al., 1987; NIKOLOVA et al., 1999; NELSON et al., 2002; 2003; NELSON & CHARLET, 2003; PETERSON et al., 2007; GEISELHARDT et al., 2009).

A maioria dos compostos que constituem feromônios em Chrysomelidae, entretanto, apresenta uma grande diversidade, demonstrando compostos derivados de terpenos (BARTELT et al., 2002), álcoois (COSSE et al., 2005), aldeídos (ZILKOWSKI et al., 2006) e ésteres (GUSS et al., 1982). No presente trabalho foi observado a presença de compostos emitidos por *C. ferruginea* classificados como alcanos (Octadecano, Hexadecano, Heptadecano, Tridecano, Tetradecano, n-Decano, (E,E)-2,8-Dimethyl-1,7-dioxaspiro[5.5]undecano, 2-Methylundecano), aldeídos (2-Nonenal e Dodecanal), alcenos (1-Tridecene, 1-Undecene), sesquiterpeno (cis-Nerolidol) e ácido carboxílico

(Ácido octadecenoico). Os compostos citados são encontrados na literatura como constituintes de feromônios de insetos.

Souza (2013), avaliando voláteis emitidos por *C. ferruginea*, identificou compostos não detectados no presente estudo, tanto para fêmeas, como o Decanal, Tetradecanoato de etila e Salicilato de benzila, quanto para os machos, como Salicilato de etila e Octadecano. Porém, no presente estudo, o Octadecano foi encontrado em amostras de macho e fêmea de *C. ferruginea* na presença de *E. urograndis*.

Muitos dos compostos encontrados especificamente nas amostras de fêmeas e machos de *C. ferruginea* na presença de *E. urograndis* são relatados como substâncias provenientes de espécies vegetais. No entanto, alguns compostos detectados nas amostras de insetos adultos de *C. ferruginea* sem a presença de alimento, também são emitidos por *Eucalyptus* spp., como o Eucaliptol, trans-Cariofileno,  $\alpha$ -Ocimeno,  $\beta$ -Ocimeno e  $\alpha$ -Pinenos (MULLER & HILKER, 2004). Souza (2013) detectou compostos de *Eucalyptus* spp. nos voláteis de insetos adultos de *C. ferruginea*.

De acordo com Muller & Hilker (2004), estudos com espécies de crisomelídeos demonstram a agregação dos indivíduos em resposta às pistas fecais depositadas nos hospedeiros. Wan e Harris (1996) também relataram a agregação de adultos nas fezes liberadas por larvas e adultos de *Altica carduorum* (Guérin-Méneville) (Coleoptera: Chrysomelidae) durante a alimentação, indicando que compostos atrativos e/ou metabólitos da planta hospedeira se concentram no intestino e são excretados nas fezes dos insetos. Estes resultados sugerem que os adultos podem sequestrar compostos da planta hospedeira, liberando-os diretamente nas fezes ou os utilizando na biossíntese de feromônios.

Dessa maneira, os compostos emitidos por *C. ferruginea* e identificados no presente estudo, sugerem a presença de voláteis específicos de fêmeas e machos, além de substâncias emitidas por ambos os sexos. A presença dessas substâncias pode ser indicativa de feromônios, sexuais e/ou de agregação.

Entretanto, para elucidação da ecologia química de *C. ferruginea* em *E. urograndis*, faz-se necessária a realização de estudos adicionais, no sentido de entender a função de cada composto identificado. Assim, os resultados do presente estudo apresentam-se como informações iniciais, porém fundamentais e pioneiras para o melhor entendimento e desenvolvimento de programas de Manejo Integrado de Pragas Florestais (MIP Florestas) no estado de Alagoas.

## 4.5 CONCLUSÕES

- Foi identificado um total de 24 compostos nas amostras de macho e fêmea sem e com a presença de alimento;
- O composto Heptadecano específico para as fêmeas de *C. ferruginea*;
- Os compostos Tetradeceno e (Z)-9- Ácido octadecenóico, foram específicos para os machos de *C. ferruginea*;
- Os compostos 2-Nonenal, trans Geraniol,  $\alpha$ -Pino e Trideceno, foram específicos para fêmea e macho sem alimento;
- Os compostos,  $\beta$ -Ocimeno, Linalool, (E,E)-2,8-Dimethyl-1,7-dioxaspiro[5.5]undecano,  $\alpha$ -Copaeno e Octadecano, foram detectados para fêmea e macho na presença do alimento;
- Os compostos trans-Cariofileno e Eucaliptol foram encontrados em ambos os sexos com e sem presença de alimento;
- Os resultados obtidos referentes à ecologia química são pioneiros no estado de Alagoas para *C. ferruginea*.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANJOS, N. **Taxonomia, ciclo de vida e dinâmica populacional de *Costalimaita ferruginea* (Fabr., 1801) (Coleoptera: Chrysomelidae), praga de *Eucalyptus* spp. (Myrtaceae).** 1992. Tese (Doutorado em Entomologia) - ESALQ, Piracicaba, 1992.

BARTELT, R.J. et al. Total Synthesis of himachalane sesquiterpenes of *Apthona* and *Phyllotreta* flea beetles. **Synthesis**, n. 1, p. 0117-0123, 2003.

BERTI FILHO, E., KRUGNER, T.S. 1. Manejo integrado de pragas e doenças em povoamentos de *Eucalyptus* no Brasil. **Silvicultura**, v.21, n.41, p.41-43, 1986.

BRUCE, T.J.A. et al. Insect host location: a volatile situation. **Trends in Plant Science**, v. 10, p. 269-274, 2005.

CEULEMANS, R. J.; SAUGIER, B. Photosynthesis. In: RAGHAVENDRA, A.S. (Org.) **Physiology of Trees**. **Hyderabad: John Wiley & Sons**, p. 21-50, 1991.

COULSON, R. N.; WITTER, J.A. Concepts of integrated pest management. In: COULSON, R. N.; WITTER, J.A. (Org.). **Forest entomology ecology and management**. **New York: John Wiley & Sons**, p. 98-12, 1984.

DUBIS, E. et al. Sex-dependent composition of cuticular hydrocarbons of the Colorado beetle *Leptinotarsa decemlineata* Say. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology**, v. 87, n. 4, p. 839-843, 1987.

DUDAREVA, N. et al. Plant volatiles: recent advances and future perspectives. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 25, p. 417-440, 2006.

GEISELHARDT, S. F. et al. Comparison of tarsal and cuticular chemistry in the leaf beetle *Gastrophysa viridula* (Coleoptera: Chrysomelidae) and an evaluation of solid-phase microextraction and solvent extraction techniques. **Chemoecology**, v. 19, n. 4, p. 185-193, 2009.

GUSS, P.L. et al. Identification of a female-produced sex pheromone of the Western corn rootworm. **Journal of Chemical Ecology**, v. 8, n. 2, p. 545-555, 1982.

MENDES, J. E. P. et al. Monitoramento do besouro-amarelo. **Folha Florestal**, n. 91, p.8-9, 1998.

MENDES, J. P. E. **Efeito do ataque do *Costalimaita ferruginea* (Fabr.) (Coleoptera: Chrysomelidae) sobre o crescimento e produção de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden**. 2004. Tese (Doutorado em Entomologia) - UFV, Viçosa, MG, 2004.

MULLER, C.; HILKER, M. Ecological relevance of fecal matter in Chrysomelidae. In.: JOLIVET, P. et al. (Org.). **New developments in the biology of Chrysomelidae. The Hague: SPB Academic Publishing**, 2004. p. 693-705.

MUSTAPARTA, H. Encoding of plant odour information in insects: peripheral and central mechanisms. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 104, p. 1-13, 2002.

NELSON, D.R. et al. Hydrocarbons in the surface wax of eggs and adults of the Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata*. **Comparative biochemistry and physiology Part B: Biochemistry molecular biology**, v. 134, n. 3, p. 447-466, 2003.

NELSON, D.R.; CHARLET, L.D. Cuticular hydrocarbons of the sunflower beetle, *Zygogramma exclamationis*. **Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry Molecular Biology**, v. 135, n. 2, p. 273-284, 2003.

NELSON, D.R. et al. Cuticular hydrocarbons of the flea beetles, *Aphthona lacertosa* and *Aphthona nigricutis*, biocontrol agents for leafy spurge (*Euphorbia esula*). **Comparative biochemistry and physiology Part B: Biochemistry molecular biology**, v. 133, n. 3, p. 337-350, 2002.

NIKOLOVA, N. et al. Hydrocarbons in adult *Chrysomela vigintipunctata* (Scopoli) (Coleoptera: Chrysomelidae). **Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology**, v. 123, n. 1. P. 67-77, 1999.

OHMART, C. P.; EDWARDS, P. B. Insect herbivory on eucalyptus. **Annual Review of Entomology**, v. 36, p. 637-657, 1991.

PERECIN, M. F. **Aspectos biológicos e técnica de criação de *Metallactus* sp. (Coleoptera: Chrysomelidae: Cryptocephalinae) em *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake**. 2003. 66 f. Dissertação (Mestrado em Entomologia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 2003.

PETERSON, M. A. et al. Profiles of cuticular hydrocarbons mediate male mate choice and sexual isolation between hybridizing *Chrysochus* (Coleoptera: Chrysomelidae). **Chemoecology**, v. 17, p. 87-96, 2007.

SANTOS, P. E. T. D. et al. Estimates of genetic parameters of wood traits for sawn timber production in *Eucalyptus grandis*. **Genetics and Molecular Biology**, v. 27, p. 567-573, 2004.

SCHOONHOVEN, L. M. et al. Insect–plant biology: from physiology to evolution. **London: Chapman and Hall**, 409 p, 1998.

SIMÕES, J.W. et al. Formação, manejo e exploração de florestas com espécies de rápido crescimento. **Brasília: IBDF**, 131p, 1981.

SOUZA, R. M. **Compostos voláteis de *Costalimaita ferruginea* (Fab.) (Coleoptera: Chrysomelidae) e de sua planta hospedeira, *Eucalyptus* spp.** 2013. Tese (Doutorado em Entomologia) - UFV, Viçosa, MG, 2013.

WAN, F. H.; HARRIS, P. Host finding and recognition by *Altica carduorum*, a defoliator of *Cirsium arvense*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 80, p. 491-496, 1996.

XAVIER et al. Análise de injúria de *Costalimaita ferruginea* (Coleoptera: Chrysomelidae) em plantio de eucalipto no estado de Alagoas. In: XXVII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA E X CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE ENTOMOLOGIA. 2018, Gramado, **Anais...** Gramado, 789p, 2018.

ZARBIN, P. H. G. et al. Feromônios de insetos; tecnologia e desafios para uma agricultura competitiva no Brasil. **Química Nova**, v. 32, n. 3, p. 722-731, 2009.

ZILKOWSKI, B.W. et al. Male-produced aggregation pheromone compounds from the eggplant flea beetle (*Epitrix fuscula*): identification, synthesis, and field bioassays. **Journal of Chemical Ecology**, v. 32, n. 11, p. 2543-2558, 2006.

