



**UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE**

**INSTITUTO DE BIOLOGIA**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS E  
BIOTECNOLOGIA**

**YASMIM LEANDRO FRANÇA DO NASCIMENTO**

**ATIVIDADE REPELENTE E *ANTIFEEDANT* DOS LÍQUIDOS  
DE PIRÓLISE ORIUNDO DE RESÍDUOS DE BIOMASSA,  
FRENTE INSETOS-PRAGA DE GRÃOS ARMAZENADOS.**

Dissertação de Mestrado submetida à

Universidade Federal Fluminense visando obtenção a obtenção do grau de

Mestre em Ciências e Biotecnologia.

**Orientador(es): Evelize Folly das Chagas**

**Marcelo Salabert Gonzalez**

**uff**  
Niterói

2024

**YASMIM LEANDRO FRANÇA DO NASCIMENTO**

**ATIVIDADE REPELENTE E *ANTIFEEDANT* DOS LÍQUIDOS  
DE PIRÓLISE ORIUNDO DE RESÍDUOS DE BIOMASSA,  
FRENTE INSETOS-PRAGA DE GRÃOS ARMAZENADOS.**

Trabalho desenvolvido no Laboratório em Estudo de Pragas e Parasitos do Departamento (LEPP) do Departamento de Biologia Celular e Molecular (GCM) do Instituto de Biologia, Programa de Pós-Graduação em Ciências e Biotecnologia (PPBI), Universidade Federal Fluminense. Apoio Financeiro: CAPES, CNPq, FAPERJ, UFF-FOPESQ.

Dissertação de Mestrado submetida à Universidade Federal Fluminense como requisito parcial visando a obtenção do grau de Mestre em Ciências e Biotecnologia.

**Orientador(es): Evelize Folly das Chagas**

**Marcelo Salabert Gonzalez**

Ficha catalográfica automática - SDC/BCV  
Gerada com informações fornecidas pelo autor

N244a Nascimento, Yasmim Leandro França do  
ATIVIDADE REPELENTE E ANTIFEEDANT DOS LÍQUIDOS DE PIRÓLISE  
ORIUNDO DE RESÍDUOS DE BIOMASSA, FRENTE INSETOS-PRAGA DE GRÃOS  
ARMAZENADOS. / Yasmim Leandro França do Nascimento. - 2024.  
70 f.: il.

Orientador: Evelize Folly das Chagas.

Coorientador: Marcelo Salabert Gonzalez Gonzalez.  
Dissertação (mestrado)-Universidade Federal Fluminense,  
Instituto de Biologia, Niterói, 2024.

1. Líquido de pirólise utilizado para controle alternativo de pragas agropecuárias. 2. Pirólise de resíduos agroindustriais. 3. Efeitos subletais dos líquidos de pirólise em insetos-praga. 4. Sitophilus zeamais e Tribolium castaneum. 5. Produção intelectual. I. Chagas, Evelize Folly das, orientadora. II. Gonzalez, Marcelo Salabert Gonzalez, coorientador. III. Universidade Federal Fluminense. Instituto de Biologia. IV. Título.

CDD - XXX

Bibliotecário responsável: Debora do Nascimento - CRB7/6368

**YASMIM LEANDRO FRANÇA DO NASCIMENTO**

**ATIVIDADE REPELENTE E *ANTIFEEDANT* DOS LÍQUIDOS  
DE PIRÓLISE ORIUNDO DE RESÍDUOS DE BIOMASSA,  
FRENTE INSETOS-PRAGA DE GRÃOS ARMAZENADOS.**

Dissertação de Mestrado submetida  
à Universidade Federal Fluminense  
como requisito parcial visando a  
obtenção do grau de Mestre em  
Ciências e Biotecnologia.

Banca Examinadora

---

Evelize Folly das Chagas – Departamento de Biologia Celular e Molecular/Instituto  
de Biologia – UFF (Presidente/Orientadora)

---

Andréa Regina de Souza Baptista – Departamento de Microbiologia e  
Parasitologia/Instituto Biomédico – UFF

---

Carolina Nascimento Spiegel - Departamento de Biologia Celular e  
Molecular/Instituto de Biologia – UFF

---

Luiz Guilherme Soares da Rocha Bauzer – Laboratório de Biologia, Controle e  
Vigilância de Insetos Vetores/Fundação Oswaldo Cruz

---

Rosane Lima Lopes - Núcleo de Inovação Tecnológica UFRJ (Suplente)

---

Alexander Ferreira Ventura de Souza - UFF (Suplente)

---

Marcelo Salabert Gonzalez - Departamento de Biologia Celular e Molecular/Instituto  
de Biologia – UFF (Co-orientador)

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer aos meus orientadores, Evelize Folly e Marcelo Salabert, pela oportunidade pelas correções e ensinamentos que me permitiram apresentar um melhor desempenho no meu processo de formação profissional.

Aos meus amigos do Laboratório em Estudos de Pragas e Parasitos, Alexander Ventura, Juliana Andrade, Lucca Correa, Beatriz Póvoa e Thadeu Cordeiro, pela parceria, ensinamentos, troca de experiências e momentos de descontração. Vocês tornam a experiência de trabalhar no LEEP uma realização incrível.

À equipe do Laboratório de Síntese Orgânica, Cromatografia e Química Ambiental – SINCROMA, pelo fornecimento das conversões essenciais para esse trabalho.

À minha família, em especial a minha mãe Maria e meu irmão Ygor por sempre me apoiarem em tudo que faço. Ao meu amor Antonio, meu maior incentivador, que compartilhou comigo não apenas os sorrisos mas também as lágrimas, obrigado por celebrar cada pequena vitória e por me consolar em cada desafio. E ao meu filho Jojo que me impulsiona todo dia para seguir em frente, dando meu melhor.

Agradeço também aos meus amigos que me incentivaram nos momentos difíceis e compreenderam a minha ausência enquanto eu me dedicava à realização deste trabalho.

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	VII
LISTA DE TABELAS.....	IX
RESUMO.....	XII
ABSTRACT.....	XII
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 <i>Sitophilus zeamais</i> (Motsch, 1855).....	2
1.2 <i>Tribolium castaneum</i> (Herbs, 1797).....	3
1.3 CONTROLE DAS PRAGAS AGRÍCOLAS.....	5
1.3.1 RESISTÊNCIA DOS INSETOS.....	7
1.4 INSETICIDA A PARTIR DE RESÍDUOS DE BIOMASSA.....	8
2. OBJETIVOS.....	13
2.1 OBJETIVO GERAL.....	13
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	14
3.1 OBTENÇÃO DA BIOMASSA.....	14
3.2 OBTENÇÃO DOS LÍQUIDOS DE PIRÓLISE.....	14
3.3 INSETOS-PRAGA DE PRODUTOS ARMAZENADOS.....	16
3.4 BIOENSAIO.....	16
3.4.1 TESTE DE ATIVIDADE REPELENTE.....	17
3.4.2 ÍNDICES NUTRICIONAIS E ATIVIDADE ANTIFEEDANT.....	19
3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	22
4. RESULTADOS.....	23
4.1 TESTE DE ATIVIDADE REPELENTE.....	23
4.1.1 AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE REPELENTE EM <i>Sitophilus zeamais</i> .....	23
4.1.2 AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE REPELENTE EM <i>Tribolium castaneum</i> .....	26
4.2 TESTE DE ATIVIDADE ANTIFEEDANT E ANÁLISE DOS ÍNDICES NUTRICIONAIS..	31
4.2.1 ANÁLISE DOS ÍNDICES NUTRICIONAIS E DETERRÊNCIA ALIMENTAR	
<i>Sitophilus zeamais</i> .....	32
4.2.2 ANÁLISE DOS ÍNDICES NUTRICIONAIS E DETERRÊNCIA ALIMENTAR EM	
<i>Tribolium castaneum</i> .....	36
4.3 RESUMO DOS MELHORES RESULTADOS.....	39
5. DISCUSSÃO.....	40
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	47
6.1 CONCLUSÃO.....	47
6.2 PERSPECTIVAS.....	47
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	48

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> <i>Sitophilus zeamais</i> . Larva (A), adulto dorsal (B) adulto lateral (C), adulto ventral (D). Barra de escala referente a 1 mm (Imagem: adaptado de LORINI <i>et al.</i> , 2015).....	3
<b>Figura 2:</b> <i>Tribolium castaneum</i> . Larva (A e B), pupa (C) e adulto (D). Barra de escala referente a 1 mm (Imagem: adaptado de LORINI <i>et al.</i> , 2015).....	4
<b>Figura 3:</b> Classificação geral dos pesticidas (Imagem: Adaptado de LORINI 2015; JING <i>et al.</i> , 2016; TUDI <i>et al.</i> , 2021).....	6
<b>Figura 4:</b> Produtos que podem ser obtidos a partir da biomassa agrícola por meio de seu processamento. (Imagem: Adaptado de JÚNIOR, 2020).....	9
<b>Figura 5:</b> Processo de obtenção de líquido de pirólise a partir de rejeitos de biomassa (Imagem: Adaptado de URRUTIA <i>et al.</i> , 2020).....	10
<b>Figura 6:</b> Objetivos do desenvolvimento sustentável (Imagem: Organização das Nações Unidas 2024).....	11
<b>Figura 7:</b> Esquema representativo do reator de pirólise do tipo batelada. (Imagem: VENTURA, 2023).....	15
<b>Figura 8:</b> Subdivisão em seis partes com o mesmo volume das águas de pirólise com a numeração em ordem crescente conforme ordem da coleta durante a conversão (Imagem: Próprio autor).....	16
<b>Figura 9:</b> Colônia experimental F1 da praga primária de grãos armazenados <i>Sitophilus zeamais</i> (Imagem: Próprio autor).....	17
<b>Figura 10:</b> Teste de Repelência com papel filtro em <i>Tribolium castaneum</i> (Imagem: Próprio autor).....	18
<b>Figura 11:</b> Disco de farinha de trigo utilizado nos testes de atividade <i>antifeedant</i> . Barra de escala referente a 1 cm (Imagem: Próprio autor).....	19
<b>Figura 12:</b> Testes de atividade <i>antifeedant</i> realizado com o inseto <i>Tribolium castaneum</i> Barra de escala referente a 1 cm (Imagem: Próprio autor).....	20
<b>Figura 13:</b> Gráfico da ação repelente média das concentrações de CAB OL, contra <i>Sitophilus zeamais</i> .....	25
<b>Figura 14:</b> Gráfico da concentração eficiente para causar 50% do efeito repelente de CAB OL em <i>Sitophilus zeamais</i> . $EC_{50} = 1,5 \text{ mg/cm}^2$ [0,90 ~ 11,2] IC 95%. Obtido a partir das curvas de regressão sigmoidal.....	25
<b>Figura 15:</b> Gráfico da correlação entre o tempo de exposição e a ação repelente de CAB OL contra <i>Sitophilus zeamais</i> . Seguindo coeficiente de correlação de <i>Person</i> .....	26
<b>Figura 16:</b> Gráfico da ação repelente média das concentrações de CAB OL, contra o <i>Tribolium castaneum</i> .....	27
<b>Figura 17:</b> Gráfico da concentração eficiente para causar 50% do efeito repelente de CAB OL em <i>Tribolium castaneum</i> . $EC_{50} =$ indeterminado. Obtido a partir das curvas de regressão sigmoidal.....	29
<b>Figura 18:</b> Gráfico da concentração eficiente para causar 50% do efeito repelente das frações aquosas de CAB em <i>Tribolium castaneum</i> . A1 $EC_{50} = 1,3 \text{ mg/cm}^2$ [0,83 ~ 3,76]; A2 $EC_{50} = 0,62 \text{ mg/cm}^2$ [0,34 ~ 0,98]; A3 $EC_{50} = 0,24 \text{ mg/cm}^2$ [0,08 ~ 0,38]; A4 $EC_{50} = 0,61 \text{ mg/cm}^2$ [0,39 ~ 0,88]; A5 $EC_{50} = 0,43 \text{ mg/cm}^2$ [0,34 ~ 0,52]; A6 $EC_{50} = 0,11 \text{ mg/cm}^2$ [0,007 ~ 0,24] IC 95%. Obtido a partir das curvas de regressão sigmoidal.....	30
<b>Figura 19:</b> Gráfico da correlação entre o tempo de exposição e a ação repelente de CAB OL contra <i>Tribolium castaneum</i> . Seguindo coeficiente de correlação de <i>Person</i> .....	31
<b>Figura 20:</b> Gráfico dos índices nutricionais de <i>Sitophilus zeamais</i> . Taxa Relativa de Consumo (TCR); Taxa de Ganho de Massa (TGM). Controle com água (C*), controle com acetona (C**).....	32

<b>Figura 21:</b> Gráfico da Eficiência da Comida Ingerida (ECI) do <i>Sitophilus zeamais</i> . Representa o percentual da comida ingerida que foi convertida em massa corporal para o inseto. Controle com água (C*), controle com acetona (C**).	33
<b>Figura 22:</b> Gráfico do Índice de Deterrência Alimentar (IDA) de <i>Sitophilus zeamais</i> . Valores positivos expressam efeito <i>antifeedant</i> , valores negativos expressam efeito fagoestimulante. Controle com água (C*), controle com acetona (C**).	34
<b>Figura 23:</b> Gráfico dos índices nutricionais de <i>Tribolium castaneum</i> . Taxa relativa de consumo (TCR); Taxa de ganho de massa (TGM). Controle com água (C*), controle com acetona (C**).	36
<b>Figura 24:</b> Eficiência da comida ingerida (ECI) do <i>Tribolium castaneum</i> . Representa o percentual da comida ingerida que foi convertida em massa corporal para o inseto. Controle com água (C*), controle com acetona (C**).	37
<b>Figura 25:</b> Gráfico do Índice de deterência alimentar (IDA) de <i>Tribolium castaneum</i> . Valores positivos expressam efeito <i>antifeedant</i> , valores negativos expressam efeito fagoestimulante. Controle com água (C*), controle com acetona (C**).	37

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Escala de classificação de repelência (GHULAN e SU, 1983).....	19
<b>Tabela 2:</b> Teste de repelência do <i>Sitophilus zeamais</i> utilizando as frações de CAB em diferentes concentrações. Resultados expressos em Índice de repelência (IR). Média seguida pelo erro padrão da média (SEM). Valores de p para as comparações entre as frações da mesma concentração.....	24
<b>Tabela 3:</b> Resultado dos testes de repelência com o inseto <i>Tribolium castaneum</i> utilizando as frações de CAB em diferentes concentrações. Resultados expressos em Índice de repelência (IR). Média seguida pelo erro padrão da média (SEM). Valores de p para as comparações entre as frações da mesma concentração.....	28
<b>Tabela 4:</b> Resultado dos testes de índices nutricionais e atividade <i>antifeedant</i> com o inseto <i>Sitophilus zeamais</i> utilizando as frações aquosas (A) e oleosa (OL) da biomassa CAB, em diferentes concentrações. Média, seguido pelo erro padrão da média (SEM). Valores de p para as comparações entre as frações da mesma concentração.....	35
<b>Tabela 5:</b> Resultado dos testes de índices nutricionais e atividade <i>antifeedant</i> com o inseto <i>Tribolium castaneum</i> utilizando as frações aquosas (A) e oleosa (OL) da biomassa CAB, em diferentes concentrações. Média, seguido pelo erro padrão da média (SEM). Valores de p para as comparações entre as frações da mesma concentração.....	38
<b>Tabela 6:</b> Resumo dos melhores resultados obtidos nos testes de repelência a <i>antifeedant</i> , utilizando frações aquosas (A) e oleosa (OL) da biomassa CAB, frente aos insetos-praga <i>Sitophilus zeamais</i> e <i>Tribolium castaneum</i> .....	39

## LISTA DE ABREVIATURAS SIGLAS E SÍMBOLOS

A1, A2, ..., A6 - Frações aquosas de pirólise

BOD - Biological Oxygen Demand

CAB - Sigla para biomassa

C\* - Controle Água

C\*\* - Controle Acetona

CAB - Sigla para biomassa

CEPEA - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EI - Eficiência da comida ingerida

EC<sub>50</sub> - Concentração da droga que induz metade do efeito máximo

EP - Erro Padrão

FAO - Food and Agriculture Organization

IDA - Índice de deterrência alimentar

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IR- índice de repelência

LEPP- Laboratório de Estudos em Pragas e Parasitos

ODS - Objetivos do Desenvolvimento Sustentável

OL - Fração oleosa de pirólise

ONU - Organização das Nações Unidas

TCR - Taxa de consumo relativa

TGM - Taxa de ganho de massa

UFF – Universidade Federal Fluminense

UR – Umidade Relativa

USDA - United States Department of Agriculture

## RESUMO

A produção agrícola no Brasil desempenha um papel importante na economia nacional. Dentre os principais desafios no setor agropecuário, o combate aos insetos-pragas tem sido um dos mais difíceis. O investimento na cobertura dos prejuízos causados pelos insetos movimentam bilhões de dólares por ano. Atualmente, o principal meio de controle às pragas é feito com uso de defensivos químicos, que além de estarem associados a uma série de prejuízos à saúde humana e ambiental, têm perdido sua eficácia devido ao desenvolvimento de resistência pelos insetos-praga. Em contrapartida o setor agroindustrial gera toneladas de resíduos todos os anos, grande parte desse material é descartada inadequadamente, resultando em impactos ambientais negativos. Nesse contexto de busca por alternativas mais sustentáveis para o combate às pragas agrícolas e aproveitamento de resíduos de biomassa, o presente trabalho propôs a utilização de resíduos agroindustriais como matéria-prima para a produção de compostos bioativos através do processo de pirólise. O objetivo do trabalho foi avaliar a potencial atividade repelente e *antifeedant* das frações de pirólise aquosas e oleosas de resíduos de biomassa contra os insetos-praga de produtos armazenados *Sitophilus zeamais* e *Tribolium castaneum*. Os resultados revelam que a fração oleosa foi um eficaz repelente contra os insetos, alcançando 96,7% de efeito repelente contra *T. castaneum* e 64,4 % de efeito repelente contra *S. zeamais* na concentração de 10% (1,73 mg/cm<sup>2</sup>). A fração oleosa também funcionou como inibidor alimentar, com efeito *antifeedant* de 55,7% para *T. castaneum* e 61,3% para *S. zeamais*. As frações aquosas apresentaram moderada repelência contra *T. castaneum* e não tiveram ação contra *S. zeamais*. No entanto, a fração aquosa A6 gerou atração no *S. zeamais* durante os testes de repelência e apresentou ação fagoestimulante, aumentando os índices nutricionais e reduzindo a ação *antifeedant* dos dois insetos utilizados neste estudo. Tais resultados apoiam o potencial biotecnológico dos produtos de pirólise derivados de resíduos de biomassa, para o desenvolvimento de compostos bioativos, com diferentes aplicações biotecnológicas.

**Palavras-chave:** Pirólise, resíduos de biomassa, praga de produtos armazenados, atividade biológica, *Sitophilus zeamais*, *Tribolium castaneum*.

## ABSTRACT

The agricultural production in Brazil plays an important role in the national economy. Among the main challenges in the agricultural sector, combating pest insects has been one of the most difficult. The investment in compensating for losses caused by insects amounts to billions of dollars annually. Currently, the primary method of pest control involves the use of chemical pesticides, which not only pose numerous health and environmental risks but are also becoming less effective due to insect resistance. Conversely, the agro-industrial sector generates tons of waste every year, much of which is improperly disposed of, resulting in negative environmental impacts. In this context of seeking more sustainable alternatives for combating agricultural pests and utilizing biomass residues, this study proposed the use of agro-industrial residues as raw material for producing bioactive compounds through the pyrolysis process. The objective of this study was to evaluate the potential repellent and antifeedant activity of aqueous and oily pyrolysis fractions from biomass residues against stored-product pests *Sitophilus zeamais* and *Tribolium castaneum*. The results reveal that the oily fraction was an effective repellent against the insects, achieving 96.7% repellent effect against *T. castaneum* and 64.4% repellent effect against *S. zeamais* at a concentration of 10% (1.73 mg/cm<sup>2</sup>). The oily fraction also acted as a feeding deterrent, with an antifeedant effect of 55.7% for *T. castaneum* and 61.3% for *S. zeamais*. The aqueous fractions showed moderate repellency against *T. castaneum* and no action against *S. zeamais*. However, aqueous fraction A6 attracted *S. zeamais* during repellency tests and exhibited phago-stimulant action, increasing nutritional indices and reducing the antifeedant effect on both insects used in this study. These results support the biotechnological potential of pyrolysis products derived from biomass residues for developing bioactive compounds with various biotechnological applications.

**Keywords:** Pyrolysis, biomass residues, stored-product pests, biological activity, *Sitophilus zeamais*, *Tribolium castaneum*.

# 1. INTRODUÇÃO

A produção agrícola no Brasil desempenha um importante papel na economia nacional. Destacando-se na produção de soja, milho, cana-de-açúcar, café, algodão, trigo e arroz (IBGE 2022). Em 2023 o Brasil produziu 317,3 milhões toneladas de grãos, liderando a produção mundial de soja sendo responsável por 39% da soja produzida no mundo e por 30% de todo milho comercializado internacionalmente (USDA, 2024). Para a safra de 2023/2024 há uma estimativa de 316,7 milhões de toneladas de grãos, mantendo o Brasil como um importante produtor e fornecedor mundial de alimentos (CONAB, 2024). Essa massiva produção agrícola contribui diretamente para economia nacional, em 2023 a participação do setor no PIB brasileiro foi de 24,1%, movimentando R\$1,86 trilhão (CEPEA 2023).

Nas últimas décadas houve um expressivo crescimento na produção agrária nacional. No período de 1975 a 2020 houve um aumento de 500% na taxa de Produtividade Total dos Fatores (PTF), parâmetro que indica a eficiência geral da atividade do setor no país. Relacionando o produto total, definido pela soma de todos os resultados das lavouras e da pecuária, e a soma de todos os fatores de produção, como máquinas agrícolas, defensivos, fertilizantes, terras de lavouras e pastagens e mão de obra (EMBRAPA, 2022). Esse crescimento se deve principalmente aos avanços tecnológicos e científicos, e aos programas de incentivo rural. As principais inovações no agronegócio envolveram: i) tecnologia de equipamentos; ii) controle ambiental das práticas agrícolas; iii) tecnologia para controle e uso de herbicidas e pesticidas; iv) logística; v) marketing (QUINTAN e ASSUNÇÃO, 2023).

Para a produção de uma safra lucrativa, junto com o esforço para o aumento da produtividade, se faz necessário aprimorar o processo de colheita e as condições de armazenagem de grãos (EMBRAPA, 2021). Um lote de grãos está sujeito a diversos agentes de deterioração, que podem ser de origem física, química ou biológica (EMBRAPA, 2015). Dentre os agentes biológicos, os microrganismos e artrópodes são os agentes de degradação mais frequentes. A ação desses

organismos gera danos que podem inviabilizar algumas regiões produtoras, e a ausência no controle das pragas nos cultivos agrícolas impacta diretamente o comprometimento das safras (CEPEA, 2019).

Os insetos-praga podem ser apontados como os principais responsáveis pela perda de qualidade e quantidade em um lote de grãos. Os danos acontecem devido à redução da matéria seca, uma vez que consomem de 10% a 20% do peso dos grãos no pós-colheita, fragmentando o material e contaminando-o com dejetos e insetos mortos, inviabilizando-o para o consumo e levando o produto a depreciação comercial (GALLO *et al.*, 2002; FONTES *et al.*, 2003; LORINI, *et al.*, 2015). A maioria das pragas de produtos armazenados é formada por espécies de besouros, conhecidos popularmente como carunchos ou gorgulhos. Quando esses insetos se alimentam dos grãos, liberam substâncias de defesa odoríferas, as quinonas um tipo de Hidrocarboneto Policíclico Aromático Oxigenado, deixando os alimentos com odores desagradáveis. Quando ingeridas, tais substâncias podem provocar problemas hepáticos nos consumidores finais (TSENG *et al.*, 1971). Os besouros também propiciam condições abióticas ideais para a proliferação de fungos, como o *Aspergillus flavus*, responsável pela produção da aflatoxina, uma micotoxina com um potencial carcinogênico (KAWASHIMA & VALENTE SOARES, 2006).

### **1.1 *Sitophilus zeamais* (Motsch, 1855)**

Conhecido popularmente como gorgulho do milho pertence à Ordem Coleoptera e Família Curculionidae, mede cerca de 2 a 3,5 mm de comprimento e apresenta coloração castanho escuro com manchas mais claras nos élitros (asas anteriores), visíveis logo após a emergência. Têm a cabeça projetada à frente, na forma de rostro curvado, o qual usa para perfurar os grãos (Figura 1). Esse inseto é considerado uma praga primária, pois ataca os grãos inteiros e sadios. A postura dos ovos é feita nos grãos, as larvas após se desenvolverem, empupam e se transformam em adultos ainda no grão, de forma que todo o seu ciclo de vida ocorre dentro dos grãos, dificultando o seu controle (GALLO *et al.*, 2002; LORINI *et al.*, 2015).



**Figura 1:** *Sitophilus zeamais*. Larva (A), adulto dorsal (B) adulto lateral (C), adulto ventral (D). Barra de escala referente a 1 mm (Imagem: adaptado de LORINI *et al.*, 2015)

Esse besouro é considerado uma das principais pragas de grãos armazenados no Brasil, pois é passível de infestação cruzada, infestando grãos no campo e também no armazém. Apresenta elevado potencial de reprodução (de aproximadamente 34 dias, quando em condições ótimas). Tanto larvas como adultos são prejudiciais e atacam grãos e sementes, consumindo diversos tipos de insumos como trigo, milho, arroz, cevada, etc. (LORINI, 2008). Perdas podem atingir 20% do peso total do grão, diminuindo a sua qualidade e reduzindo o valor de mercado (LORINI, 2015; SANTOS *et al.*, 2009). Além disso, desde a década de 1980, foram detectadas a presença de populações de *S. zeamais* resistentes a diversos defensivos químicos no Brasil e no mundo (TAKEMATSU, 1983; SARTORI *et al.*, 1990, 1991).

## **1.2 *Tribolium castaneum* (Herbs, 1797)**

Pertencente à Ordem Coleoptera, Família Tenebrionidae, o besouro da farinha mede de 2,3 mm a 4,4 mm de comprimento e apresenta coloração castanho

avermelhada, seu corpo é achatado e possui duas depressões transversais na cabeça, as larvas são branco-amareladas, cilíndricas, e medem cerca de 7 mm de comprimento (Figura 2). O *T. castaneum* foi o primeiro besouro a ter o genoma sequenciado, atualmente é utilizado como modelo biológico para o estudos na área de genética, evolução, farmacologia e toxicologia (CAMPBELL *et al.*, 2021). É considerado importante praga de grãos armazenados, com distribuição ampla, é relatado em mais de 150 países. Por se tratar de uma praga secundária de grãos alimenta-se preferencialmente de grãos quebrados, processados em farinha ou previamente atacados por outros insetos, ocupando diversos nichos oportunistas (ZETTLER CUPERSUS, 1990). Causando prejuízo econômicos a diversos tipos de insumos como, farinha, fubá, rações, amendoim, café, cacau, soja, milho, etc. (HILÁRIO, 2020).



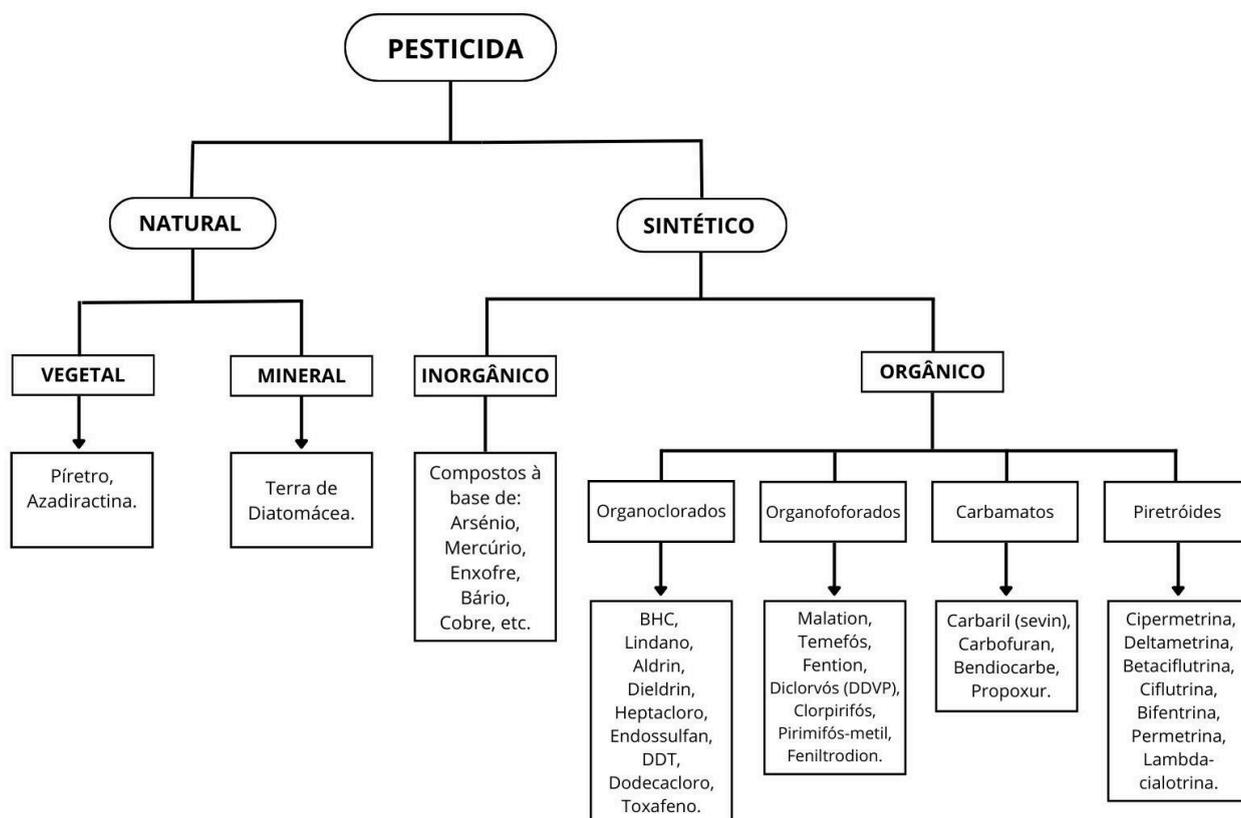
**Figura 2:** *Tribolium castaneum*. Larva (A e B), pupa (C) e adulto (D). Barra de escala referente a 1 mm (Imagem: adaptado de LORINI *et al.*, 2015).

O *T. castaneum* possui um ciclo de vida muito rápido (inferior a 20 dias, em condições favoráveis), com a mais alta taxa de crescimento populacional entre os besouros de produtos armazenados. Suas fêmeas colocam de 400 a 500 ovos em fendas de paredes, na sacaria e sobre os grãos, infestando em um tempo muito curto um silo ou local de armazenagem (BOOTH *et al.*, 1990; CAMPBELL *et al.*, 2021). Esse besouro libera substâncias odoríferas de defesa no ambiente, atribuindo um odor forte aos alimentos, inviabilizando-os para o consumo. Podendo causar estragos ainda maiores do que as pragas primárias, que permitiram sua instalação (GALLO *et al.*, 2002; LORINI *et al.*, 2015). Devido ao seu rápido ciclo de vida, à facilidade de contaminação cruzada, e ao surgimento de populações resistentes a diversos inseticidas comerciais o combate ao *T. castaneum* tem se tornado desafiador (SARTORI *et al.*, 1990, 1991; HUANG, *et al.*, 2020).

### **1.3 CONTROLE DAS PRAGAS AGRÍCOLAS**

O investimento no controle de pragas agrícolas junto aos prejuízos causados por esses agentes gira em torno de bilhões de dólares. Até 40% da produção agrícola é perdida por ano devido ao ataque de pragas, repercutindo em prejuízos de até US\$220 bilhões (FAO 2023). Somente no Brasil para o combate das pragas na cultura da soja, os produtores investem R\$19,3 bilhões anualmente, valor correspondente a 16,5% do custo total da produção na safra de 2016/2017 (CEPEA 2019).

A principal estratégia para o controle de pragas agrícolas é o uso de defensivos químicos que combatem os insetos e outros parasitas. Anualmente são usados no mundo aproximadamente 2,5 milhões de toneladas de defensivos químicos. O Brasil é um dos maiores consumidores de agrotóxicos, incluindo inseticidas, acaricidas, fungicidas e herbicidas (OLIVEIRA, *et al.* 2014). O consumo de agrotóxicos no Brasil tem sido superior a 300 mil toneladas ao ano, um aumento de mais de 500% nos últimos 20 anos (EMBRAPA, 2021, MAPA, 2024). Os pesticidas sintéticos podem ser classificados de acordo com a classe química, grupo funcional, modos de ação e toxicidade (NUNES *et al.*, 2021), conforme ilustrado na Figura 3.



**Figura 3:** Classificação geral dos pesticidas (Imagem: Adaptado de LORINI 2015; JING *et al.*, 2016; TUDI *et al.*, 2021).

Para o combate de insetos-praga de grãos e produtos armazenados, os defensivos químicos mais utilizados são os inseticidas piretróides Deltametrina, Bifentrina e o organofosforado Pirimifós-metil (EMBRAPA, 2021). Dentre os insetos-praga de grãos dois importantes grupos se destacam os besouros e as traças. Entre os besouros, encontram-se as espécies *Rhyzopertha dominica*, *Sitophilus oryzae*, *S. zeamais*, *Tribolium castaneum*, *Oryzaephilus surinamensis* e *Cryptolestes ferrugineus*. Entre estas pragas, *R. dominica*, *S. oryzae* e *S. zeamais* são as mais preocupantes economicamente e recebem a maior parte do controle químico praticado nas unidades armazenadoras (LORINI, 2015).

O uso intensivo de agrotóxicos pode provocar diversos impactos ambientais e à saúde do homem, tais como contaminação de alimentos (CARVALHO, 2017); do solo (BARRON, 2017), da água (DAMALAS, 2011), de animais não alvo (BOSKOVIC, 2020), além do surgimento de resistência nos insetos aos princípios ativos (MELANDER, 1914). Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), para cada caso relatado de envenenamento por pesticidas, há pelo menos outros 50 casos não notificados (DASGUPTA *et al.*, 2001). Longas exposições aos inseticidas estão associadas a doenças crônicas, alterações neurológicas (HEUSINKVELD *et al.*, 2010), alterações no sistema endócrino (TURUSOV *et al.*, 2002), sequelas no sistema reprodutor (BRETVELD *et al.*, 2006) além de efeitos carcinogênicos citotóxicos e genotóxicos (ALI, 2021).

### **1.3.1 RESISTÊNCIA DOS INSETOS**

A OMS define o fenômeno de resistência dos insetos aos pesticidas sintéticos, como o desenvolvimento da capacidade, por uma população de insetos de suportar doses de inseticidas que antes seriam letais (World Health Organization, 1957; GUEDES, 1991). O primeiro relato de resistência a inseticidas ocorreu em 1908, Melander (1914) relatou a ocorrência de uma população de percevejos (*Quadraspidiotus perniciosus*) resistente ao enxofre. Atualmente mais de 3.500 casos de insetos resistentes e mais de 150 em ácaros de importância agrícola foram documentados para um ou mais grupos de pesticidas (MOTA-SANCHEZ & WISE, 2019). A resistência já foi detectada para praticamente todos os grupos de pesticidas, incluindo DDT, ciclodienos, organofosforados, carbamatos, piretróides, etc (FRAGOSO, *et al.*, 2005).

Esse processo se deve principalmente ao uso contínuo de pesticidas e manejo incorreto empregado no controle de pragas. Fatores como o intervalo inadequado entre as aplicações, preparo e aplicação incorreta do produto e o desconhecimento do ciclo de vida dos insetos por parte dos produtores impactam diretamente na seleção de populações resistentes (GUEDES, 1991; ROCHA, 2006; FRAGOSO, 2005). Os mecanismos pelo quais os insetos tornam-se resistentes podem acontecer por modificações comportamentais, onde o inseto percebe o

inseticida, evitando contato com a área aplicada (STONE e BROWN, 1969); modificações na composição da cutícula do inseto, reduzindo a penetração do agente químico (MBOGO *et al.*, 1996); mudanças nos sítios alvos dos inseticidas e resistência metabólica, onde há aumento da capacidade do inseto em metabolizar tais substâncias através de enzimas de detoxificação. As principais enzimas detoxificativas envolvidas na resistência a inseticidas são: 1) monooxigenases dependentes de citocromo P450; 2) esterases; 3) glutathione-S-transferases (SODERLUND & BLOOMQUIST, 1990).

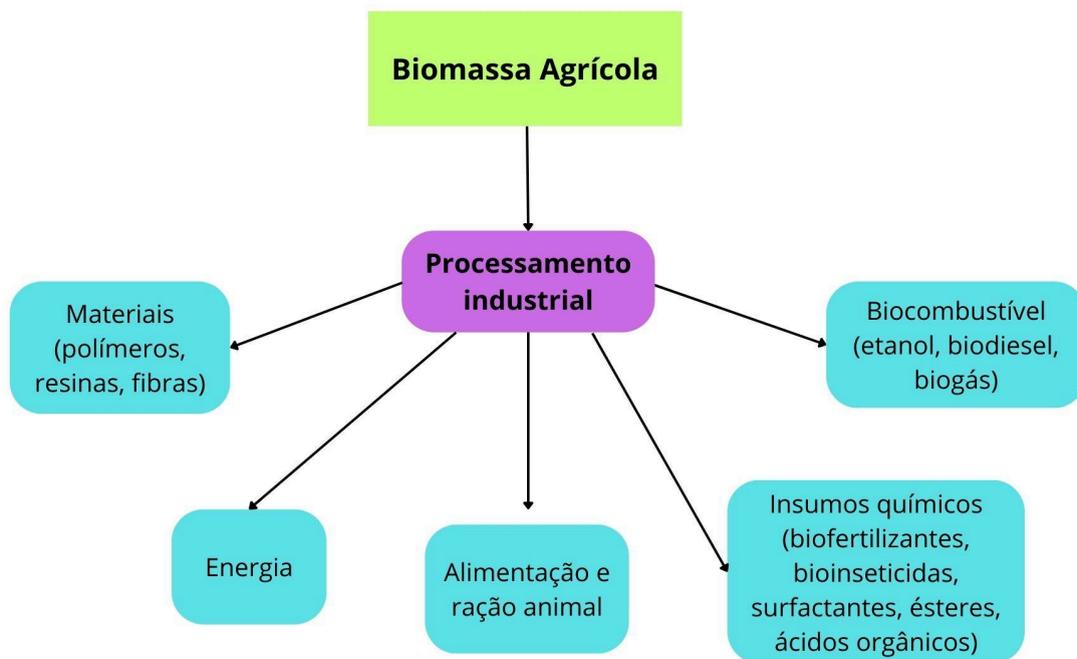
O problema da resistência a inseticidas é a principal dificuldade em se combater insetos-praga de grãos e produtos armazenados (GUEDES, 1990; ELZEN, 2003; NOGUEIRA, 2020). No Brasil temos relatos de resistência ao malatiom em populações de *S. oryzae*, *R. dominica* e *T. castaneum*; resistência a fosfina em populações de *R. dominica*, *Cryptoles spp.*, *S. oryzae* e *T. castaneum*; e também resistência a pirimifósmetílico e fenitrotiom foi observada em *S. oryzae*, *R. dominica* e *T. castaneum* (PACHECO *et al.*, 1990, 1991, 1993; SARTORI *et al.*, 1990, 1991).

#### **1.4 INSETICIDA A PARTIR DE RESÍDUOS DE BIOMASSA**

Devido às dificuldades em se combater as pragas agrícolas, juntamente com as consequências do uso intensivo de defensivos químicos, há uma crescente demanda na busca por alternativas mais ecológicas e sustentáveis (CORRÊA & SALGADO, 2011). O uso de Bioinseticidas a base de plantas e outros produtos naturais, como o bio-óleo obtido através do processo de pirólise de resíduos de biomassa têm ganhado um papel de destaque (ABOUELATTA, *et al.*, 2020; SCHROEDER; *et al.*, 2023).

Biomassa pode ser definida como matéria orgânica produzida pelo crescimento de microrganismos, plantas ou animais, podendo ser usada como fonte de energia limpa e sustentável (ANEEL, 2008). Como consequência do desenvolvimento agrícola, o Brasil gera grandes quantidades de resíduos de biomassa, cerca de 700 milhões de toneladas de resíduos agroindustriais anuais (KOMATSU *et al.*, 2019). Por não possuir aproveitamento adequado, muitas vezes

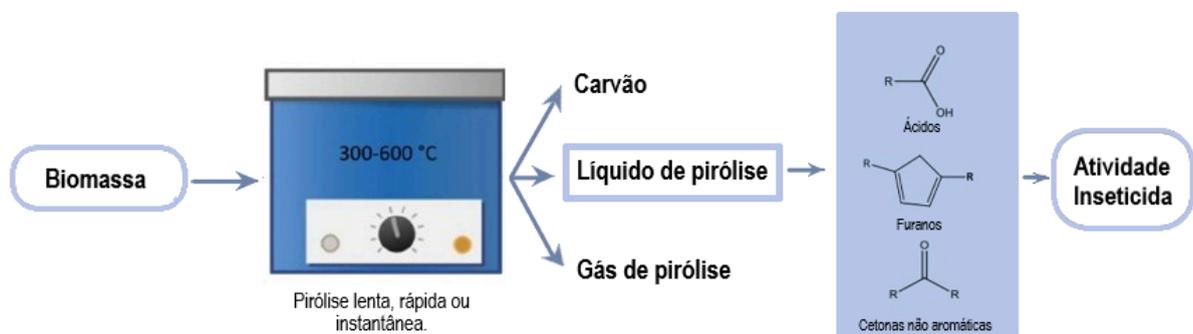
essas matérias orgânicas são descartadas inadequadamente, resultando em impactos ambientais negativos como a emissão de gases de efeito estufa e contaminação do solo e cursos d'água (CRESPO & RODRIGUES, 2021). O aproveitamento desses materiais é uma maneira eficaz de mitigar os impactos ambientais causados pelo descarte incorreto no ambiente (NASCIMENTO, *et al.*, 2020). Diversas agroindústrias realizam o aproveitamento de biomassas na produção de subprodutos (Figura 4), através de processamentos físico, químico, termoquímico e bioquímico (JÚNIOR, 2020); como na incrementação de ração, utilização de bagaços nos fornos industriais nas próprias usinas sucroalcooleiras (COSTA FILHO *et al.*, 2017); através do bioprocessamento para a produção de biocombustíveis como, etanol, butanol e hidrogênio (MARZO *et al.*, 2019).



**Figura 4:** Produtos que podem ser obtidos a partir da biomassa agrícola por meio de seu processamento. (Imagem: Adaptado de JÚNIOR, 2020).

Dentre as diferentes tecnologias de processamento de biomassa destaca-se a pirólise (CORREIA *et al.*, 2022). A pirólise é um processo termoquímico que envolve a decomposição térmica de materiais na ausência de oxigênio em temperaturas elevadas que variam de 300°C a 1000°C (Figura 5), resultando na conversão das biomassas em três subprodutos de naturezas diferentes: o biocarvão, o biogás, e o bio-óleo (DEMIRBAS & ARIN, 2002; KIMURA, 2009; MOREIRA,

2015). A fração líquida proveniente do processo de pirólise pode ser chamada de várias formas, dentre elas, líquido pirolítico, bio-óleo, fumaça líquida, destilado de madeira, alcatrão, ácido pirolenhoso, etc. (BRIDGWATER, 2003). O líquido de pirólise normalmente tem uma coloração marrom escura, e é constituído por duas fases com densidades diferentes: uma fração aquosa, que contém grande variedade de compostos organo-oxigenados de baixo peso molecular; e uma fração oleosa constituída de compostos orgânicos insolúveis, principalmente aromáticos, de alto peso molecular (DEMIRBAS & ARIN, 2002; SILVA *et al.*, 2019).



**Figura 5:** Processo de obtenção de líquido de pirólise a partir de rejeitos de biomassa (Imagem: Adaptado de URRUTIA *et al.*, 2020).

Devido às propriedades inseticida, antifúngica e antibacteriana, o líquido de pirólise apresenta um efeito protetor na madeira, em alimentos e nas plantas (URRUTIA, 2022). Quando utilizado contra pragas agropecuárias, ambas as frações (aquosa e oleosa) apresentam atividade biológica contra organismos de importância econômica (MATTOS *et al.*, 2021). Quando comparado aos pesticidas sintéticos, os líquidos pirolíticos oferecem diversas vantagens, pois são produtos renováveis, geralmente biodegradáveis, muitas vezes oriundos de rejeitos agroindustriais que seriam descartados como lixo. Além disso, sua composição com várias moléculas ativas dificulta o desenvolvimento de resistência dos insetos, apontado por Rocha (2006) como uma das principais dificuldades atuais para o controle de pragas agrícolas (CÁCERES *et al.* 2015; MATTOS, 2019).

Esta prática está alinhada aos princípios da química verde, que visa substituir as matérias primas tradicionais e geralmente poluentes por insumos derivados de biomassa (NASCIMENTO *et al.*, 2020). Estimulando o desperdício zero e a economia circular, mitigando a poluição ambiental e fazendo cumprir 6 dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (Figura 6) os ODS's 2 - Fome Zero e Agricultura Sustentável; ODS 6 - Água Potável e Saneamento; ODS 7 - Energia Limpa e Acessível; ODS 9 - Indústria, Inovação e Infraestrutura; ODS 11 - Cidades e Comunidades Sustentáveis; ODS 12 - Consumo e Produção Responsáveis, preconizados pela Organização das Nações Unidas (ONU, 2024).



**Figura 6:** Objetivos do desenvolvimento sustentável (Imagem: Organização das Nações Unidas 2024).

Dentro do contexto de combate eficaz e sustentável dos insetos-praga a investigação dos efeitos subletais dos combatentes químicos se faz extremamente necessário e relevante. Uma vez que em condições de campo após a aplicação inicial, a ação dos fatores abióticos, tais como precipitação, temperatura e luz solar podem diminuir a ação desses produtos. Fazendo com que os insetos sejam frequentemente expostos a doses mais baixas dos pesticidas, acarretando em

diversos efeitos antagônicos para os insetos, mas sem causar mortalidade de forma inicial (FRANÇA *et al.*, 2017). Os efeitos subletais podem ser definidos como efeitos biológicos, fisiológicos, demográficos ou comportamentais em indivíduos ou populações que sobrevivem à exposição a uma substância tóxica em baixas doses ou baixas concentrações, sem levar a mortalidade direta na população experimental (DESNEUX *et al.*, 2007). Para Mattos e colaboradores (2021), os efeitos subletais podem levar a alterações na capacidade de movimentação, alterações no potencial reprodutivo, alterações na alimentação e mudanças comportamentais nos insetos. Uma vez que esses efeitos são responsáveis por causar desconfortos e gerar alterações em seus hormônios de agregação, repelindo os insetos (HASSEMER *et al.*, 2016).

Dessa forma, estudos que visem a busca por soluções inovadoras e sustentáveis, tais como: a utilização de produtos de pirólise, derivados de resíduos de biomassa, para o controle de pragas agropecuárias, abordando os efeitos subletais são relevantes. Tal abordagem não só visa reduzir a dependência excessiva de agrotóxicos, mas também promove a valorização de materiais orgânicos agroindustriais que anteriormente eram descartados como lixo. Ao transformar resíduos em subprodutos bioinseticidas, esta pesquisa contribui significativamente para a agricultura sustentável, oferecendo uma alternativa ecológica e eficiente para o manejo de pragas, alinhando-se às crescentes demandas por práticas agrícolas mais verdes e responsáveis.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a potencial atividade repelente e *antifeedant* de produtos de pirólise lenta de resíduos de biomassa frente aos insetos-praga de grãos *Sitophilus zeamais* e *Tribolium castaneum*.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Testar atividade repelente das frações oleosas e aquosas de pirólise lenta contra o gorgulho do milho *S. zeamais* e o besouro da farinha *T. castaneum*.
- Determinar a dose suficiente para causar 50% do efeito repelente máximo (EC<sub>50</sub>) das frações oleosas e aquosas de pirólise lenta em *S. zeamais* e *T. castaneum*.
- Pesquisar a potencial correlação entre o tempo de exposição e efeito repelente das frações oleosas e aquosas de pirólise lenta em *S. zeamais* e *T. castaneum*.
- Verificar a potencial atividade *antifeedant* das frações oleosas e aquosas de pirólise lenta contra gorgulho do milho *S. zeamais* e o besouro da farinha *T. castaneum*.
- Descrever as alterações nutricionais dos insetos *S. zeamais* e o besouro da farinha *T. castaneum* pós-exposição as frações oleosas e aquosas de pirólise.

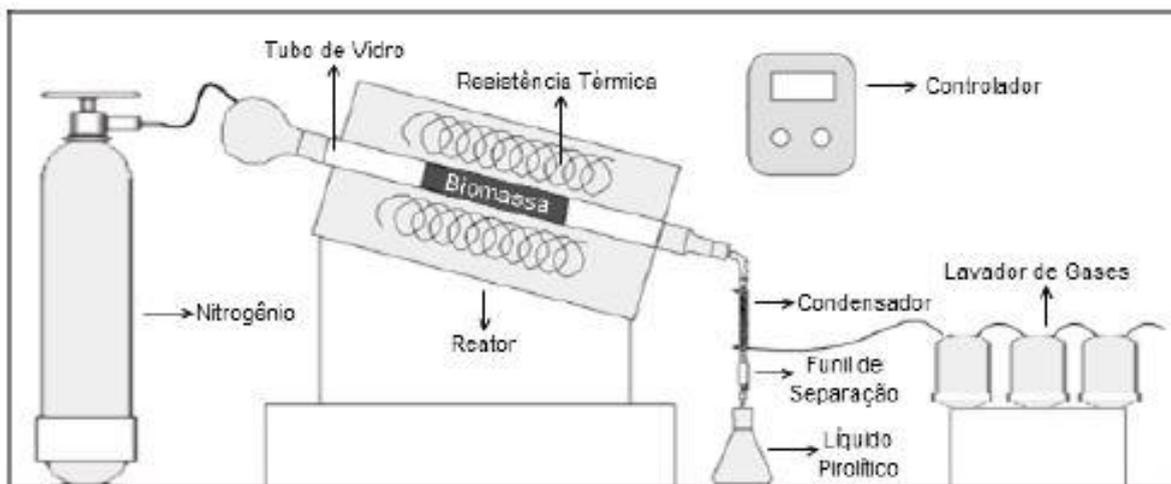
## **3. MATERIAL E MÉTODOS**

### **3.1 OBTENÇÃO DA BIOMASSA**

A biomassa submetida à reação de pirólise foi denominada CAB, originária de resíduos de fontes das indústrias agrícola e alimentícia. É composta principalmente por lignina, celulose e hemicelulose. A biomassa passou por um processo de secagem em estufa a 50° C até que sua massa ficasse estável, com a finalidade de retirar a maior quantidade de umidade possível, sendo posteriormente armazenada em potes plásticos em temperatura ambiente à espera de sua utilização.

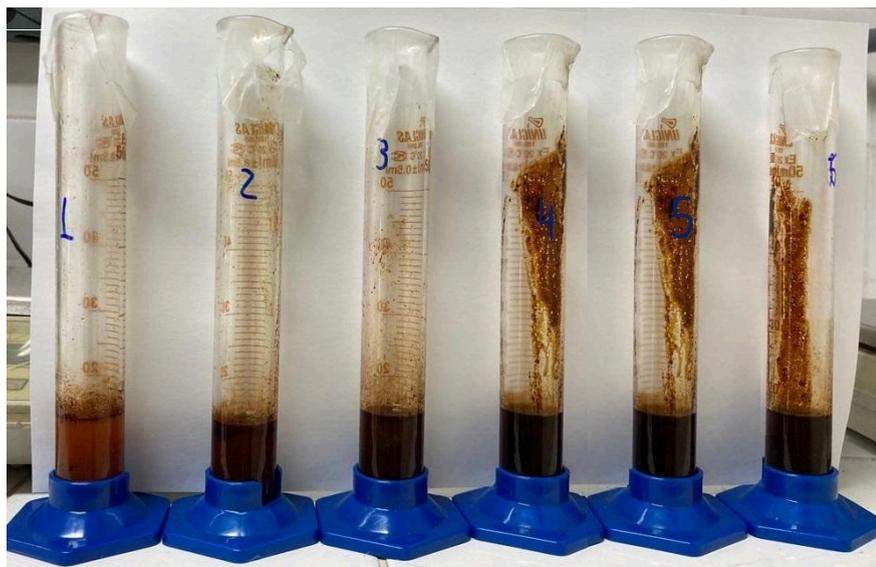
### **3.2 OBTENÇÃO DOS LÍQUIDOS DE PIRÓLISE**

Para a conversão da pirólise foi utilizado um reator da marca Heraeus® localizado no Laboratório de Síntese Orgânica, Cromatografia e Meio Ambiente pertencente ao Departamento de Química da Universidade Federal Fluminense (UFF). O início do processo ocorre com a inserção do tubo de vidro (Figura 7) já com a biomassa no interior do reator, foi utilizada 300 g da biomassa previamente desidratada, por se tratar de um reator do tipo batelada onde não ocorre um fluxo contínuo de biomassa, a mesma permanece no reator até o final da conversão. Em seguida é montada a cabeça, onde é acoplada uma mangueira que injeta N<sub>2</sub> como gás de arraste com a finalidade de reduzir a presença de O<sub>2</sub> no interior do tubo. O restante das peças é montado e o reator é ajustado entre 350 a 450°C. Com aproximadamente 30 minutos de aquecimento, o reator atinge a temperatura indicada e inicia-se o processo de condensação que dura em torno de 1 a 2 horas (VENTURA, 2023).



**Figura 7:** Esquema representativo do reator de pirólise do tipo batelada. (Imagem: VENTURA, 2023)

O líquido de pirólise originado da condensação é fracionado pelo funil de separação em fração aquosa e fração oleosa. A parte aquosa, que condensa primeiro, é subdividida conforme vai saindo do reator. Sendo coletada a cada 15 mL (Figura 8) de acordo com o processo patenteado pelo nosso grupo de pesquisa na CARTA PATENTE Nº BR 102019007434-5 (FOLLY *et al.*, 2021). Com finalidade de se obter frações com atividades distintas. Em seguida, a parte oleosa depositada no funil de separação é recolhida. Os rendimentos típicos das frações aquosas e oleosas podem variar dependendo da quantidade de lignina, celulose e hemicelulose na biomassa utilizada (ROMEIRO, *et al.*, 2012; VENTURA, 2023).



**Figura 8:** Subdivisão em seis partes com o mesmo volume das águas de pirólise com a numeração em ordem crescente conforme ordem da coleta durante a conversão (Imagem: Próprio autor).

### 3.3 INSETOS-PRAGA DE PRODUTOS ARMAZENADOS

As colônias dos insetos-praga estão instaladas no Laboratório de Estudos em Pragas e Parasitos (LEPP), na UFF. Os insetos são mantidos em estufa Biological Oxygen Demand (BOD) com fotoperíodo de 12 horas de claro/escuro e Umidade Relativa (UR) em torno de 70%. O *Sitophilus zeamais* é mantido a 28°C e criado em potes de vidro com grãos de milho, enquanto o *Tribolium castaneum* é mantido à 34 °C e criado em potes plásticos contendo farinha de trigo. As espécies foram gentilmente identificadas pelo Doutor Marco Aurélio Guerra Pimentel, pesquisador da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Milho e Sorgo (Embrapa – Milho e Sorgo), Sete Lagoas /MG.

### 3.4 BIOENSAIO

Para realização dos ensaios são feitas colônias experimentais F1 utilizando 50 insetos adultos, os quais ficam mantidos em um pote de vidro ou de plástico durante sete dias ovipositando (Figura 9). Depois desse período os insetos adultos são retirados, permanecendo apenas os ovos para gerar a colônia experimental. Os insetos adultos da F1 são utilizados para os bioensaios de uma/duas semanas

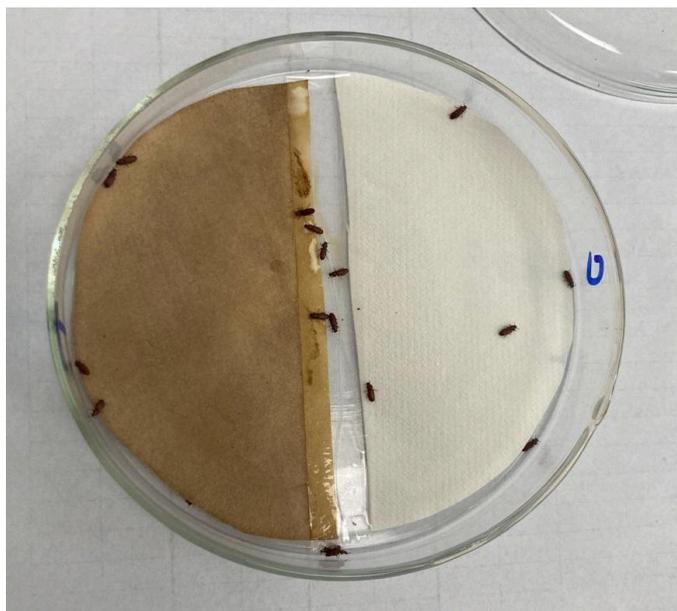
depois que atingem a fase adulta, com o objetivo de ter um controle sobre a idade dos insetos.



**Figura 9:** Colônia experimental F1 da praga primária de grãos armazenados *Sitophilus zeamais* (Imagem: Próprio autor).

### 3.4.1 TESTE DE ATIVIDADE REPELENTE

Para avaliar a atividade repelente dos líquidos de pirólise, foram conduzidos ensaios seguindo a metodologia de TALUKDER e HOWSE (1993). Discos de papel filtro Whatman com 9 cm diâmetro foram cortados pela metade e depositados em placas de Petri, formando dois semicírculos (Figura 10). As frações de pirólise foram diluídas em concentrações de 10% (1,73 mg/cm<sup>2</sup>), 7.5% (1,30 mg/cm<sup>2</sup>), 5% (0,87 mg/cm<sup>2</sup>), 2.5 % (0,43 mg/cm<sup>2</sup>) e 1.25% (0,22 mg/cm<sup>2</sup>), utilizando como solvente água destilada para as frações aquosas e acetona para as frações oleosas. No lado controle (C) foi aplicado 500 µL de água destilada ou acetona e no semicírculo tratado (T) foi aplicado 500 µL da solução de pirólise, aquosa ou oleosa. Foram então adicionados 20 insetos adultos no centro de cada placa, a contagem dos insetos presentes em cada semicírculo foi registrada após o período de uma, duas, seis, vinte e quatro, e quarenta e oito horas após o tratamento.



**Figura 10:** Teste de Repelência com papel filtro em *Tribolium castaneum* (Imagem: Próprio autor)

Os testes foram repetidos 3 vezes, e realizados em triplicata. O índice de repelência foi determinado pela contagem dos insetos em cada semicírculo (C ou T) e os dados submetidos a seguinte fórmula:

$$IR = \frac{C - T}{C + T} \times 100$$

Onde C corresponde ao número de insetos presentes no semicírculo controle e T é o número de insetos presente no semicírculo tratado. Valores positivos expressaram repelência e valores negativos expressaram atração. O valor médio dos resultados foi calculado e classificado seguindo a escala (Tabela 1) descrita por GHULAM e SU (1983).

**Tabela 1:** Escala de classificação de repelência (GHULAN e SU, 1983).

Percentual de Repelência	Classe
> 0.01 a 0.1 <	0
0.1 - 20	I
20.1 - 40	II
40.1 - 60	III
60.1 - 80	IV
80.1 - 100	V

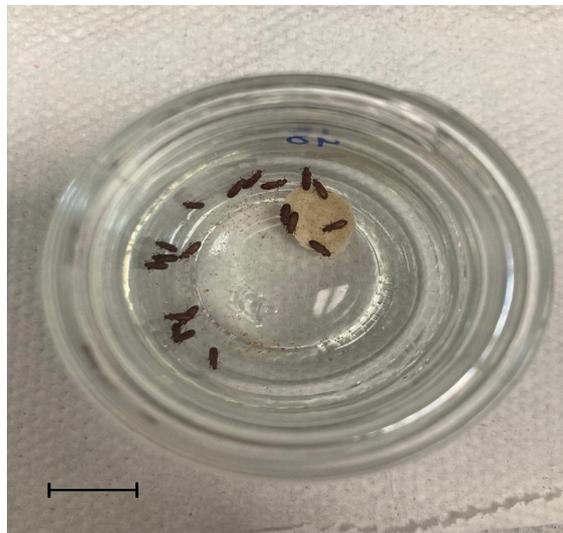
### 3.4.2 ÍNDICES NUTRICIONAIS E ATIVIDADE *ANTIFEEDANT*

Para avaliar a atividade *antifeedant* e as alterações nutricionais dos insetos, foi utilizada a metodologia adaptada de STEFANAZZI (2011). Foram feitos discos de farinha com aproximadamente 1,5 cm de diâmetro (Figura 11), preparados com uma suspensão de farinha de trigo e água destilada. Alíquotas dessa solução com 200  $\mu$ L foram depositadas sob uma placa de Petri. A placa foi acondicionada em estufa BOD durante a noite com temperatura 28°C e UR em torno de 70%.



**Figura 11:** Disco de farinha de trigo utilizado nos testes de atividade *antifeedant*. Barra de escala referente a 1 cm (Imagem: Próprio autor).

Os discos foram pesados e posteriormente impregnados com uma alíquota de 5 µL das solução de pirólise preparadas à 10% (0,064 mg/ cm<sup>2</sup>), 5% (0,032 mg/ cm<sup>2</sup>), e 1% (0,0063 mg/ cm<sup>2</sup>), utilizando acetona como solvente para as frações oleosas e água destilada para as frações aquosas. Os discos foram depositados em potes de vidro hermético de 40 mL (Figura 12), onde posteriormente foram adicionados 20 insetos adultos previamente pesados com 24 horas de jejum. Os potes de vidro foram mantidos em estufa do tipo BOD, com fotoperíodo de 12 horas claro e 12 horas escuro, na temperatura e umidade adequada para cada espécie.



**Figura 12:** Testes de atividade *antifeedant* realizado com o inseto *Tribolium castaneum*. Barra de escala referente a 1 cm (Imagem: Próprio autor).

Os testes foram realizados em triplicata. O peso dos discos, a mortalidade e o peso dos insetos foram computados após 72 horas e submetidos aos seguintes índices nutricionais:

- TAXA DE GANHO DE MASSA

Calcula o ganho de massa corporal do inseto por dia em relação ao seu peso inicial através da fórmula:

$$TGM = \frac{A - B}{B \times \text{dia}}$$

Onde A é o peso dos insetos vivos (mg) no terceiro dia dividido pelo número de insetos vivos no terceiro dia, e B é o peso original dos insetos (mg) dividido pelo número total de insetos.

- TAXA DE CONSUMO RELATIVO

Calcula a quantidade de alimento ingerido pelo inseto por dia, durante experimento através da fórmula:

$$TCR = \frac{D}{B \times dia}$$

Onde D é a massa ingerida (mg) dividida pelo número de insetos vivos no terceiro dia e B é o peso original dos insetos (mg) dividido pelo número total de insetos.

- EFICIÊNCIA DA CONVERSÃO DOS ALIMENTOS INGERIDOS

Representa a porcentagem dos alimentos ingeridos que foram transformados em massa corporal do inseto, através da fórmula:

$$ECI = \frac{TGM}{TCR} \times 100$$

- ÍNDICE DE DETERRÊNCIA ALIMENTAR

O índice de deterência alimentar avalia os efeitos *antifeedant*. Seguindo a fórmula:

$$IDA = \frac{C-T}{C} \times 100$$

Onde C é o consumo de discos de controle (mg) e T é o consumo de discos tratados (mg). Valores positivos expressam um efeito de deterência alimentar e valores negativos expressaram um efeito estimulante alimentar.

### 3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para a análise dos dados foi utilizado o programa GraphPad Prism 8.0.1 (GraphPad Software Inc, San Diego, EUA). Os dados foram inicialmente submetidos ao teste de normalidade de *Kolmogorov-Smirnov* e *Shapiro-Wilk*, a fim de descobrir se apresentavam uma distribuição gaussiana. Posteriormente os dados foram analisados estatisticamente por teste ANOVA *two-way* seguido do teste *post-hoc* Tukey, utilizando média e erro padrão da média (EPM). As diferenças entre os grupos foram consideradas estatisticamente significantes quando  $p < 0,05$ . A concentração de eficiência ( $EC_{50}$ ) foi determinada estatisticamente a partir de curvas de regressão sigmoidal. E a análise de correlação foi realizada seguindo o coeficiente de correlação de Pearson ( $r$ ), assumindo  $r = 1$  uma correlação perfeita positiva entre as duas variáveis;  $r = -1$  uma correlação negativa perfeita entre as duas variáveis;  $r = 0$  não dependência linear entre as variáveis .

## 4. RESULTADOS

Os resultados presentes neste trabalho dão continuidade ao projeto de pesquisa da Iniciação Científica, que investigou a atividade inseticida de duas biomassas contra insetos-praga de grãos armazenados (FRANÇA, 2022). Foi selecionada a biomassa com melhor desempenho para analisar os efeitos subletais, através de ensaios de repelência, avaliando o percentual de insetos repelidos e ensaios *antifeedant*, avaliando a deterrência alimentar e as alterações nutricionais dos insetos. O rendimento médio das frações de CAB demonstrou a distribuição percentual de 54,06% de fração aquosa, 5,7% de bio-óleo, 30,73% de biocarvão e 9,48% de biogás, resultando em seis frações aquosas distintas, numeradas de A1 a A6, e uma fração de bio-óleo (OL).

### 4.1 TESTE DE ATIVIDADE REPELENTE

O teste de atividade repelente foi realizado para avaliar os efeitos subletais das frações aquosas e oleosa da biomassa CAB em cinco diferentes concentrações 10% (1,73 mg/cm<sup>2</sup>), 7.5% (1,30 mg/cm<sup>2</sup>), 5% (0,87 mg/cm<sup>2</sup>), 2.5 % (0,43 mg/cm<sup>2</sup>) e 1.25% (0,22 mg/cm<sup>2</sup>) contra os insetos-praga de grãos armazenados *Sitophilus zeamais* e *Tribolium castaneum*.

#### 4.1.1 AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE REPELENTE EM *Sitophilus zeamais*

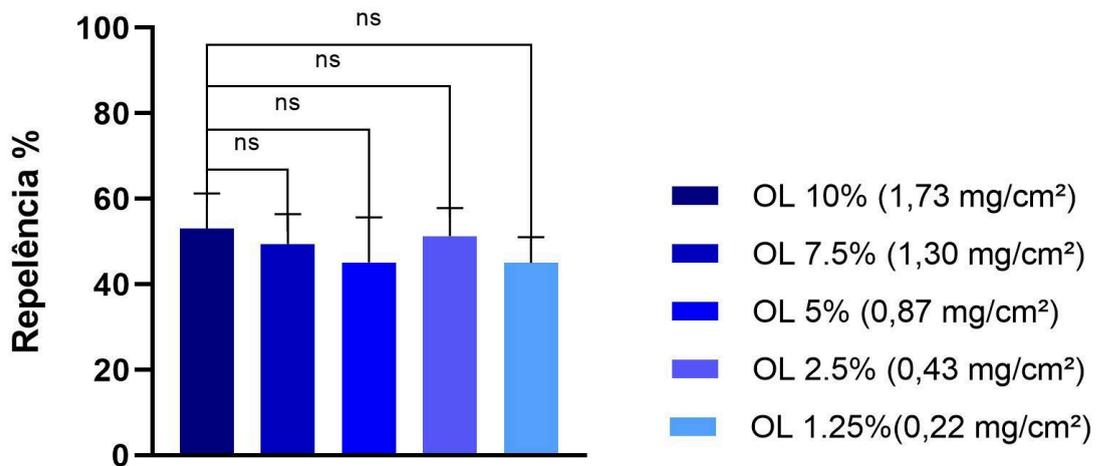
A fração oleosa OL apresentou a maior ação repelente entre as frações testadas, com o melhor resultado em todas as concentrações ( $p < 0,05$ ). Obteve maior repelência na concentração de 10% (1,73 mg/cm<sup>2</sup>), repelindo 64,4% dos insetos, às 2 horas de exposição (Figura 13). A fração oleosa também apresentou maiores valores médios de repelência, enquadrados como repelentes de classe III, não havendo diferenças estatísticas significativas entre as concentrações testadas. As frações aquosas A1, A2, A3, A4, A5 e A6 não apresentaram ação repelente significativa contra *S. zeamais*, em nenhuma das concentrações testadas. Algumas frações demonstraram ação atrativa, apresentando valores de repelência negativos. O menor valor observado foi de -48,9% de A3 na concentração de 5% (0,87 mg/cm<sup>2</sup>) na primeira hora de exposição, e o menor valor médio foi observado na concentração de 2.5 % (0,43 mg/cm<sup>2</sup>) em A6 com -31,1% (Tabela 2).

**Tabela 2:** Teste de repelência do *Sitophilus zeamais* utilizando as frações de CAB em diferentes concentrações. Resultados expressos em Índice de repelência (IR). Média seguida pelo erro padrão da média (SEM). Valores de p para as comparações entre as frações da mesma concentração.

Concentração	Tratamento	Repelência %					Média %	Classe
		1 h	2 h	6 h	24 h	48 h		
10 %	A1	-18,9 (±4,0) <sup>D</sup>	-4,4 (±4,0) <sup>C</sup>	36,3 (±3,2) <sup>B</sup>	12,9 (±6,3) <sup>B</sup>	21,8 (±2,5) <sup>B</sup>	9,5 (±9,7) <sup>B</sup>	I
	A2	-22,2 (±7,3) <sup>D</sup>	-0,6 (±7,7) <sup>C</sup>	40,0 (±4,6) <sup>AB</sup>	29,5 (±8,9) <sup>B</sup>	20,7 (±4,7) <sup>B</sup>	13,5 (±11,1) <sup>B</sup>	I
	A3	-8,9 (±2,2) <sup>D</sup>	-6,7 (±4,0) <sup>C</sup>	24,4 (±5,9) <sup>B</sup>	42,3 (±3,9) <sup>BA</sup>	19,8 (±6,0) <sup>B</sup>	14,2 (±9,7) <sup>B</sup>	I
	A4	11,8 (±10,6) <sup>BC</sup>	37,4 (±3,9) <sup>B</sup>	47,5 (±2,1) <sup>A</sup>	33,3 (±5,0) <sup>B</sup>	38,7 (±7,6) <sup>A</sup>	33,7 (±5,9) <sup>AB</sup>	II
	A5	23,7 (±2,3) <sup>BC</sup>	40,0 (±5,1) <sup>B</sup>	40,6 (±8,8) <sup>AB</sup>	37,3 (±0,9) <sup>A</sup>	29,5 (±4,8) <sup>AB</sup>	34,2 (±3,3) <sup>AB</sup>	II
	A6	37,0 (±1,6) <sup>AB</sup>	35,9 (±0,7) <sup>B</sup>	38,3 (±3,2) <sup>AB</sup>	37,8 (±6,3) <sup>A</sup>	23,0 (±5,7) <sup>B</sup>	32,5 (±2,5) <sup>AB</sup>	II
	OL	55,4 (±2,3) <sup>A</sup>	64,4 (±5,9) <sup>A</sup>	55,6 (±4,8) <sup>A</sup>	45,0 (±5,7) <sup>A</sup>	44,8 (±2,7) <sup>A</sup>	52,3 (±3,7) <sup>A</sup>	III
7.5 %	A1	-15,6 (±2,2) <sup>C</sup>	-25,6 (±7,8) <sup>C</sup>	-10,0 (±6,7) <sup>C</sup>	-15,6 (±6,2) <sup>C</sup>	4,6 (±2,3) <sup>C</sup>	-12,44 (±4,9) <sup>D</sup>	0
	A2	-3,3 (±6,9) <sup>C</sup>	7,8 (±4,0) <sup>BC</sup>	15,6 (±4,8) <sup>BC</sup>	12,2 (±5,6) <sup>BC</sup>	35,3 (±7,5) <sup>AB</sup>	13,5 (±6,3) <sup>CB</sup>	I
	A3	-1,1 (±2,9) <sup>C</sup>	13,3 (±3,3) <sup>B</sup>	20,7 (±1,3) <sup>B</sup>	20,6 (±2,4) <sup>B</sup>	34,1 (±2,1) <sup>AB</sup>	17,5 (±5,7) <sup>CB</sup>	I
	A4	15,6 (±6,8) <sup>B</sup>	12,2 (±4,8) <sup>B</sup>	43,3 (±5,1) <sup>AB</sup>	52,2 (±4,4) <sup>A</sup>	26,4 (±6,8) <sup>B</sup>	26,8 (±6,9) <sup>B</sup>	II
	A5	2,2 (±4,8) <sup>BC</sup>	23,3 (±7,7) <sup>B</sup>	41,1 (±11,6) <sup>AB</sup>	37,8 (±6,8) <sup>AB</sup>	29,6 (±8,4) <sup>B</sup>	26,8 (±6,9) <sup>B</sup>	II
	A6	14,4 (±9,1) <sup>B</sup>	33,3 (±10,0) <sup>B</sup>	42,2 (±9,1) <sup>AB</sup>	28,9 (±5,9) <sup>AB</sup>	50,1 (±1,8) <sup>A</sup>	33,8 (±6,1) <sup>AB</sup>	II
	OL	41,1 (±4,0) <sup>A</sup>	55,6 (±5,9) <sup>A</sup>	51,1 (±4,4) <sup>A</sup>	43,3 (±5,1) <sup>A</sup>	56,3 (±5,4) <sup>A</sup>	49,5 (±3,1) <sup>A</sup>	III
5%	A1	-35,6 (±2,9) <sup>C</sup>	-28,9 (±6,2) <sup>D</sup>	-11,1 (±2,9) <sup>D</sup>	13,3 (±0,8) <sup>A</sup>	19,1 (±5,0) <sup>B</sup>	-8,6 (±10,9) <sup>C</sup>	0
	A2	-37,8 (±8,7) <sup>C</sup>	-36,7 (±9,6) <sup>D</sup>	12,2 (±4,4) <sup>BC</sup>	15,5 (±1,7) <sup>B</sup>	21,7 (±7,5) <sup>B</sup>	-5,0 (±13,2) <sup>C</sup>	0
	A3	-48,9 (±5,9) <sup>C</sup>	-17,8 (±7,3) <sup>D</sup>	5,6 (±1,1) <sup>CD</sup>	17,8 (±4,0) <sup>B</sup>	21,2 (±5,7) <sup>B</sup>	-4,4 (±13,0) <sup>C</sup>	0
	A4	-42,2 (±1,1) <sup>C</sup>	1,1 (±2,9) <sup>CD</sup>	32,2 (±2,9) <sup>B</sup>	32,2 (±4,8) <sup>AB</sup>	36,9 (±4,0) <sup>AB</sup>	12,0 (±15,0) <sup>BC</sup>	I
	A5	1,1 (±7,3) <sup>B</sup>	6,7 (±6,9) <sup>BC</sup>	41,1 (±4,8) <sup>A</sup>	36,7 (±3,3) <sup>AB</sup>	35,6 (±2,2) <sup>AB</sup>	24,2 (±8,4) <sup>B</sup>	II
	A6	20,0 (±0,1) <sup>BA</sup>	23,3 (±6,9) <sup>B</sup>	24,4 (±8,0) <sup>B</sup>	21,1 (±4,8) <sup>B</sup>	24,4 (±1,1) <sup>B</sup>	22,7 (±0,9) <sup>B</sup>	II
	OL	27,8 (±1,1) <sup>A</sup>	55,6 (±2,9) <sup>A</sup>	48,9 (±2,2) <sup>A</sup>	50,0 (±5,1) <sup>A</sup>	43,3 (±3,3) <sup>A</sup>	45,1 (±4,7) <sup>A</sup>	III
2.5%	A1	-15,6 (±5,9) <sup>B</sup>	-32,2 (±6,2) <sup>B</sup>	-16,7 (±2,2) <sup>BC</sup>	-14,4 (±2,6) <sup>B</sup>	-16,7 (±5,1) <sup>B</sup>	-19,1 (±3,3) <sup>B</sup>	0
	A2	-20,0 (±6,7) <sup>BC</sup>	-10,0 (±8,8) <sup>B</sup>	-6,7 (±1,9) <sup>B</sup>	-17,8 (±4,8) <sup>B</sup>	-29,9 (±5,3) <sup>B</sup>	-16,8 (±4,1) <sup>B</sup>	0
	A3	-20,0 (±7,7) <sup>BC</sup>	-14,4 (±8,8) <sup>B</sup>	-19,4 (±3,9) <sup>BC</sup>	-20,0 (±5,8) <sup>B</sup>	-19,1 (±6,3) <sup>B</sup>	-18,6 (±1,0) <sup>B</sup>	0
	A4	-22,2 (±8,7) <sup>BC</sup>	-28,9 (±7,8) <sup>B</sup>	-28,9 (±8,9) <sup>BC</sup>	-23,3 (±3,3) <sup>B</sup>	-11,1 (±6,8) <sup>B</sup>	-22,9 (±3,5) <sup>B</sup>	0
	A5	-34,4 (±8,7) <sup>BC</sup>	-33,3 (±5,1) <sup>B</sup>	-25,6 (±5,9) <sup>BC</sup>	-23,0 (±4,7) <sup>B</sup>	-22,2 (±2,2) <sup>B</sup>	-27,7 (±2,6) <sup>B</sup>	0
	A6	-45,6 (±8,0) <sup>C</sup>	-26,7 (±5,1) <sup>B</sup>	-41,1 (±2,9) <sup>C</sup>	-23,3 (±5,1) <sup>B</sup>	-18,9 (±6,2) <sup>B</sup>	-31,1 (±5,2) <sup>B</sup>	0
	OL	41,1 (±6,8) <sup>A</sup>	53,3 (±5,1) <sup>A</sup>	58,9 (±4,0) <sup>A</sup>	53,3 (±5,1) <sup>A</sup>	49,8 (±6,7) <sup>A</sup>	51,3 (±2,9) <sup>A</sup>	III
1.25%	A1	-41,1 (±2,9) <sup>B</sup>	-28,9 (±6,2) <sup>BC</sup>	-22,2 (±4,0) <sup>B</sup>	-13,3 (±7,7) <sup>B</sup>	-2,2 (±5,6) <sup>B</sup>	-21,5 (±6,6) <sup>B</sup>	0
	A2	-30,0 (±3,8) <sup>B</sup>	-28,9 (±9,7) <sup>BC</sup>	-24,4 (±8,7) <sup>B</sup>	-18,9 (±8,7) <sup>B</sup>	-13,0 (±8,8) <sup>B</sup>	-22,9 (±3,2) <sup>B</sup>	0
	A3	-22,2 (±7,3) <sup>B</sup>	-11,1 (±7,8) <sup>C</sup>	-11,1 (±5,6) <sup>B</sup>	-6,7 (±3,3) <sup>B</sup>	-5,6 (±4,8) <sup>B</sup>	-11,3 (±2,9) <sup>B</sup>	0
	A4	-35,2 (±6,2) <sup>B</sup>	-21,1 (±1,1) <sup>BC</sup>	-18,9 (±6,8) <sup>B</sup>	-16,7 (±6,7) <sup>B</sup>	-14,4 (±1,1) <sup>B</sup>	-21,3 (±3,7) <sup>B</sup>	0
	A5	-32,2 (±10,6) <sup>B</sup>	-37,8 (±11,6) <sup>B</sup>	-25,9 (±6,5) <sup>B</sup>	-20,6 (±8,0) <sup>B</sup>	-19,5 (±3,6) <sup>B</sup>	-27,2 (±3,6) <sup>B</sup>	0
	A6	-30,5 (±5,8) <sup>B</sup>	-20,0 (±6,7) <sup>B</sup>	-16,5 (±3,4) <sup>B</sup>	-18,9 (±2,2) <sup>B</sup>	-16,9 (±7,0) <sup>B</sup>	-20,6 (±2,6) <sup>B</sup>	0
	OL	43,9 (±2,4) <sup>A</sup>	41,1 (±4,8) <sup>A</sup>	55,6 (±4,8) <sup>A</sup>	41,1 (±1,1) <sup>A</sup>	43,3 (±6,7) <sup>A</sup>	45,0 (±2,7) <sup>A</sup>	III

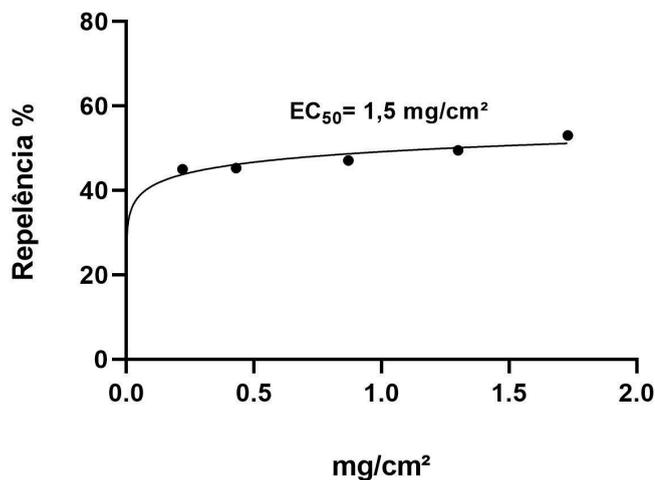
Frações aquosas (A); Fração Oleosa (OL)

Diferentes letras na mesma coluna indicam diferença entre os tratamentos, considerando  $p < 0,05$



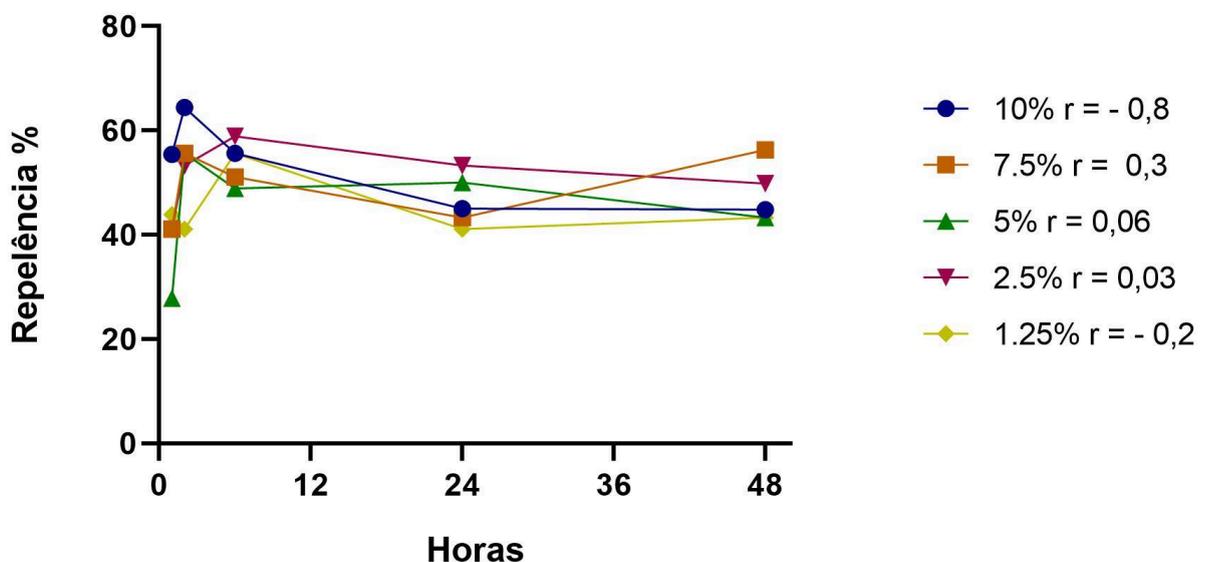
**Figura 13:** Gráfico da ação repelente média das concentrações de CAB OL, contra *Sitophilus zeamais*.

A concentração eficiente para causar 50 % do efeito máximo repelente de OL em *S. zeamais* ( $EC_{50}$ ) foi de 1,5 mg/cm<sup>2</sup> [0,90 ~ 11,2] IC 95% (Figura 14). Valor aproximado a concentração de 7.5% (1,30 mg/cm<sup>2</sup>). Não foi calculado o  $EC_{50}$  das frações aquosas, pois não apresentaram efeito repelente significativo em nenhuma das concentrações testadas.



**Figura 14:** Gráfico da concentração eficiente para causar 50% do efeito repelente de CAB OL em *Sitophilus zeamais*.  $EC_{50} = 1,5$  mg/cm<sup>2</sup> [0,90 ~ 11,2] IC 95%. Obtido a partir das curvas de regressão sigmoideal.

Na análise de correlação entre o tempo de exposição e o efeito repelente da fração OL, na concentração de 10% (1,73 mg/cm<sup>2</sup>) o valor de  $r = -0,8$  apontando uma correlação negativa entre as variáveis tempo de exposição e ação repelente, de forma que a ação repelente foi reduzindo com o passar do tempo. As demais concentrações apresentaram valores de  $r$  muito próximos à zero, indicando que não há uma dependência linear entre as variáveis tempo de exposição e efeito repelente (Figura 15).

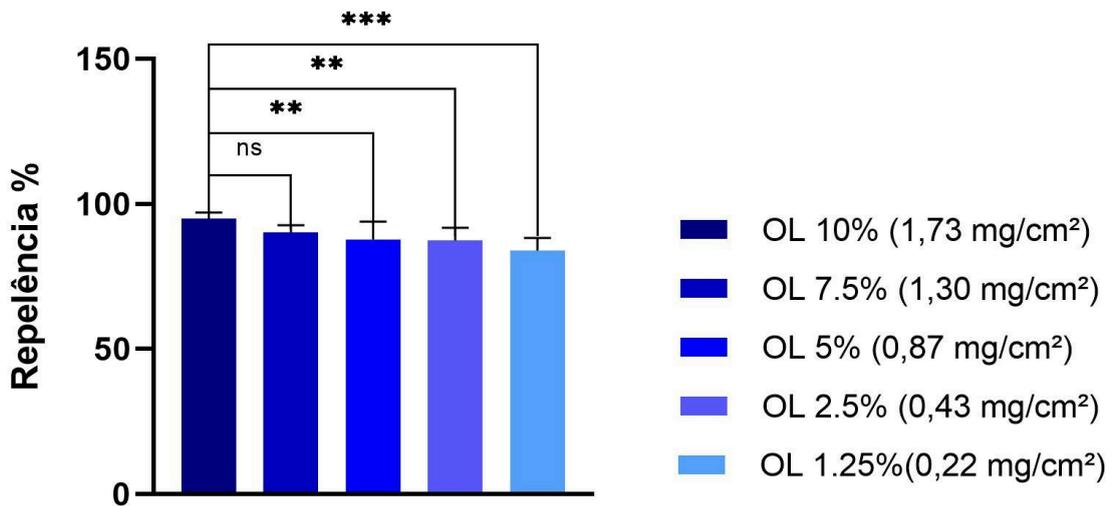


**Figura 15:** Gráfico da correlação entre o tempo de exposição e a ação repelente de CAB OL contra *Sitophilus zeamais*. Seguindo coeficiente de correlação de *Person*.

#### 4.1.2 AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE REPELENTE EM *Tribolium castaneum*

A fração oleosa OL demonstrou alta ação repelente contra *T. castaneum*, em todas as concentrações testadas. Com o melhor resultado nas primeiras horas de exposição, na concentração de 10% (1,73 mg/cm<sup>2</sup>) com 96,7 % de ação. Essa fração exibiu efeito médio repelente superior a 80%, em todas as concentrações testadas, enquadrando-se com a mais alta classe de repelência, a classe V (Figura 16). Dentre as frações aquosas A5, se destacou com 87,8% de efeito repelente às 6 horas de exposição com efeito médio de 82,6% de repelência, na concentração de 7,5 % (1,30 mg/cm<sup>2</sup>), também se enquadrando como repelente classe V. As frações

aquosas A4, A5 e A6 apresentaram ação média repelente superior a 70% nas concentrações de 10% (1,73 mg/cm<sup>2</sup>) e 7.5% (1,30 mg/cm<sup>2</sup>), enquadradas como repelentes classe IV. As frações aquosas A1, A2 e A3 apresentaram ação média repelente moderada inferior à 70% (Tabela 3).



**Figura 16:** Gráfico da ação repelente média das concentrações de CAB OL, contra o *Tribolium castaneum*.

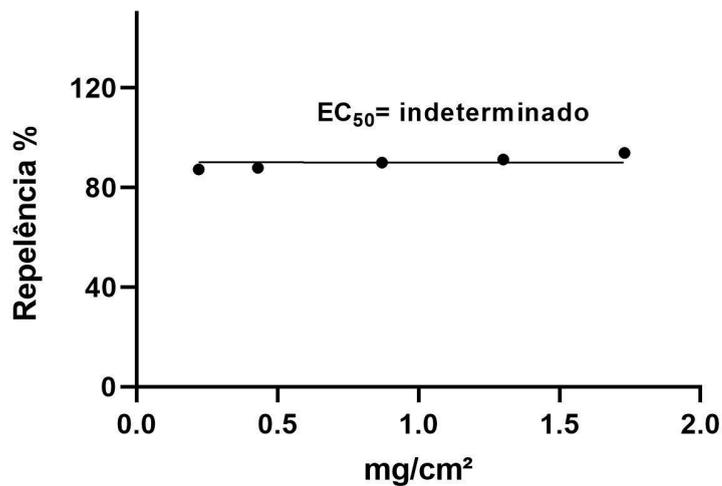
**Tabela 3:** Resultado dos testes de repelência com o inseto *Tribolium castaneum* utilizando as frações de CAB em diferentes concentrações. Resultados expressos em Índice de repelência (IR). Média seguida pelo erro padrão da média (SEM). Valores de p para as comparações entre as frações da mesma concentração.

Concentração	Tratamento	Repelência %					Média %	Classe
		1 h	2 h	6 h	24 h	48 h		
10%	A1	55,3 (±7,8) <sup>C</sup>	52,9 (±2,9) <sup>C</sup>	50,8 (±7,9) <sup>C</sup>	61,1 (±2,9) <sup>D</sup>	44,4 (±8,7) <sup>D</sup>	52,9 (±2,7) <sup>C</sup>	III
	A2	48,9 (±2,2) <sup>C</sup>	71,1 (±6,2) <sup>BC</sup>	62,2 (±4,8) <sup>BC</sup>	54,4 (±6,8) <sup>D</sup>	61,1 (±4,4) <sup>DC</sup>	59,4 (±3,7) <sup>BC</sup>	III
	A3	66,7 (±7,7) <sup>BC</sup>	75,6 (±2,9) <sup>B</sup>	78,9 (±6,2) <sup>B</sup>	52,2 (±5,9) <sup>D</sup>	56,7 (±8,4) <sup>D</sup>	66,0 (±5,2) <sup>B</sup>	IV
	A4	75,2 (±2,4) <sup>B</sup>	72,2 (±1,1) <sup>B</sup>	71,1 (±2,9) <sup>BC</sup>	67,8 (±1,1) <sup>CD</sup>	64,4 (±2,2) <sup>CD</sup>	70,2 (±1,9) <sup>B</sup>	IV
	A5	70,0 (±1,9) <sup>BC</sup>	65,6 (±4,4) <sup>BC</sup>	75,6 (±1,1) <sup>B</sup>	80,0 (±5,8) <sup>AB</sup>	73,3 (±5,1) <sup>BC</sup>	72,9 (±2,5) <sup>B</sup>	IV
	A6	52,8 (±6,8) <sup>C</sup>	70,0 (±7,7) <sup>B</sup>	77,8 (±7,3) <sup>B</sup>	67,8(±2,9) <sup>CD</sup>	70,0 (±1,9) <sup>BC</sup>	67,7 (±4,1) <sup>B</sup>	IV
	OL	96,7 (±1,9) <sup>A</sup>	96,7 (±3,3) <sup>A</sup>	95,6 (±2,9) <sup>A</sup>	94,4 (±3,0) <sup>A</sup>	92,2 (±1,2) <sup>A</sup>	95,1 (±0,8) <sup>A</sup>	V
7.5%	A1	45,6 (±4,8) <sup>C</sup>	44,4 (±6,2) <sup>C</sup>	45,6 (±6,8) <sup>C</sup>	44,4 (±1,1) <sup>B</sup>	53,3 (±3,8) <sup>B</sup>	46,6 (±1,7) <sup>C</sup>	III
	A2	54,4 (±5,6) <sup>BC</sup>	60,0 (±5,1) <sup>BC</sup>	62,2 (±2,2) <sup>BC</sup>	68,9 (±2,2) <sup>A</sup>	53,3 (±5,1) <sup>B</sup>	59,7 (±2,8) <sup>BC</sup>	III
	A3	73,3 (±3,3) <sup>AB</sup>	67,8 (±9,5) <sup>B</sup>	80,0 (±6,7) <sup>B</sup>	76,7 (±3,3) <sup>A</sup>	56,7 (±3,8) <sup>B</sup>	70,9 (±4,1) <sup>B</sup>	IV
	A4	73,3 (±3,3) <sup>AB</sup>	67,8 (±9,5) <sup>B</sup>	72,8 (±6,8) <sup>AB</sup>	76,7 (±3,3) <sup>A</sup>	56,7 (±3,8) <sup>B</sup>	66,1 (±3,7) <sup>B</sup>	IV
	A5	82,2 (±6,8) <sup>A</sup>	83,3(±6,9) <sup>A</sup>	87,8 (±2,9) <sup>A</sup>	85,6 (±4,4) <sup>A</sup>	74,4 (±8,0) <sup>AB</sup>	82,6 (±2,8) <sup>A</sup>	V
	A6	87,8 (±2,2) <sup>A</sup>	82,2 (±2,9) <sup>A</sup>	80,0 (±3,8) <sup>AB</sup>	82,0 (±2,9) <sup>A</sup>	74,4 (±1,4) <sup>AB</sup>	82,2 (±1,3) <sup>A</sup>	IV
	OL	93,3 (±1,9) <sup>A</sup>	91,1 (±2,2) <sup>A</sup>	91,1 (±5,6) <sup>A</sup>	88,8 (±4,8) <sup>A</sup>	86,7 (±3,3) <sup>A</sup>	90,2 (±1,1) <sup>A</sup>	V
5%	A1	55,1 (±2,5) <sup>B</sup>	43,3 (±6,7) <sup>B</sup>	54,4 (±7,3) <sup>B</sup>	51,1 (±8,7) <sup>B</sup>	44,4 (±6,8) <sup>B</sup>	49,6 (±2,5) <sup>B</sup>	III
	A2	57,2 (±7,0) <sup>B</sup>	56,7(±6,9) <sup>B</sup>	48,9 (±9,1) <sup>B</sup>	42,2 (±6,8) <sup>B</sup>	35,6 (±7,8) <sup>B</sup>	48,1 (±4,2) <sup>B</sup>	III
	A3	65,8 (±2,9) <sup>B</sup>	64,7 (±1,9) <sup>B</sup>	63,3(±1,9) <sup>B</sup>	53,3 (±1,9) <sup>B</sup>	52,2 (±7,3) <sup>B</sup>	59,9 (±2,4) <sup>B</sup>	III
	A4	66,7 (±8,8) <sup>B</sup>	75,6 (±5,6) <sup>B</sup>	71,1 (±6,2) <sup>AB</sup>	50,0 (±6,7) <sup>B</sup>	52,2 (±7,3) <sup>B</sup>	53,6 (±2,6) <sup>B</sup>	III
	A5	61,1 (±4,0) <sup>B</sup>	58,9 (±4,0) <sup>B</sup>	48,9 (±8,0) <sup>B</sup>	56,2 (±8,8) <sup>B</sup>	41,1 (±7,8) <sup>B</sup>	53,2 (±2,7) <sup>B</sup>	III
	A6	67,8 (±7,3) <sup>B</sup>	65,6 (±4,8) <sup>B</sup>	61,1 (±7,8) <sup>B</sup>	43,3 (±3,3) <sup>B</sup>	48,9 (±1,1) <sup>B</sup>	57,3 (±3,8) <sup>B</sup>	III
	OL	94,4 (±2,2) <sup>A</sup>	94,4 (±1,1) <sup>A</sup>	85,6 (±2,9) <sup>A</sup>	82,2 (±1,1) <sup>A</sup>	82,2 (±2,2) <sup>A</sup>	87,8 (±2,8) <sup>A</sup>	V
2.5%	A1	37,8 (±6,2) <sup>C</sup>	25,6 (±2,9) <sup>C</sup>	43,3 (±3,8) <sup>B</sup>	47,8 (±7,8) <sup>BC</sup>	56,7 (±6,9) <sup>B</sup>	42,2 (±5,2) <sup>B</sup>	III
	A2	50,0 (±1,9) <sup>C</sup>	45,6 (±4,0) <sup>BC</sup>	61,1 (±2,2) <sup>B</sup>	45,6 (±2,9) <sup>C</sup>	45,6 (±7,8) <sup>B</sup>	49,6 (±3,0) <sup>B</sup>	III
	A3	54,4 (±7,3) <sup>C</sup>	53,5 (±8,7) <sup>C</sup>	64,4 (±8,9) <sup>B</sup>	61,1 (±7,8) <sup>BC</sup>	46,7 (±6,7) <sup>B</sup>	56,0 (±3,0) <sup>B</sup>	III
	A4	50,0 (±1,9) <sup>C</sup>	45,6 (±8,0) <sup>BC</sup>	51,1 (±4,0) <sup>B</sup>	41,1 (±4,8) <sup>BC</sup>	37,8 (±4,0) <sup>B</sup>	41,1 (±2,5) <sup>B</sup>	III
	A5	56,6 (±6,7) <sup>BC</sup>	56,7 (±3,3) <sup>BC</sup>	68,9 (±4,0) <sup>B</sup>	66,7 (±3,8) <sup>BC</sup>	48,9 (±10,9) <sup>B</sup>	59,6 (±3,7) <sup>B</sup>	III
	A6	68,9 (±8,7) <sup>BC</sup>	62,2 (±8,9) <sup>BC</sup>	72,2 (±6,8) <sup>AB</sup>	68,9 (±4,8) <sup>B</sup>	58,9 (±5,9) <sup>B</sup>	66,2 (±2,5) <sup>B</sup>	IV
	OL	90,0 (±5,1) <sup>A</sup>	86,7 (±1,9) <sup>A</sup>	92,2 (±2,2) <sup>A</sup>	87,8 (±1,1) <sup>A</sup>	80,6 (±1,4) <sup>A</sup>	87,5 (±2,0) <sup>A</sup>	V
1.25%	A1	47,8 (±4,8) <sup>B</sup>	46,5 (±5,0) <sup>B</sup>	44,4 (±7,3) <sup>B</sup>	30,0 (±3,8) <sup>B</sup>	31,1 (±2,2) <sup>C</sup>	39,9 (±3,9) <sup>B</sup>	II
	A2	50,0 (±3,3) <sup>B</sup>	56,7 (±1,9) <sup>B</sup>	25,6 (±2,9) <sup>B</sup>	19,6 (±6,6) <sup>C</sup>	45,6 (±9,1) <sup>BC</sup>	39,5 (±7,2) <sup>B</sup>	II
	A3	46,7 (±5,1) <sup>B</sup>	48,9 (±4,0) <sup>B</sup>	44,4 (±5,9) <sup>B</sup>	45,6 (±1,1) <sup>B</sup>	57,8 (±2,2) <sup>B</sup>	48,7 (±2,4) <sup>B</sup>	III
	A4	46,7 (±5,1) <sup>B</sup>	48,9 (±4,0) <sup>B</sup>	44,4 (±5,9) <sup>B</sup>	45,6 (±1,1) <sup>B</sup>	57,8 (±2,2) <sup>B</sup>	40,1 (±4,5) <sup>B</sup>	III
	A5	67,8 (±2,2) <sup>AB</sup>	62,2 (±1,1) <sup>B</sup>	55,6 (±1,1) <sup>B</sup>	57,8(±2,9) <sup>B</sup>	39,2 (±4,1) <sup>BC</sup>	56,5 (±3,9) <sup>B</sup>	III
	A6	54,4 (±7,8) <sup>B</sup>	53,3 (±8,4) <sup>B</sup>	54,1 (±8,8) <sup>B</sup>	50,9 (±7,8) <sup>B</sup>	53,6 (±5,8) <sup>B</sup>	53,3 (±0,6) <sup>B</sup>	III
	OL	86,7 (±1,9) <sup>A</sup>	90,0 (±1,9) <sup>A</sup>	83,3 (±1,9) <sup>A</sup>	80,0 (±3,3) <sup>A</sup>	79,7 (±1,7) <sup>A</sup>	83,9 (±1,9) <sup>A</sup>	V

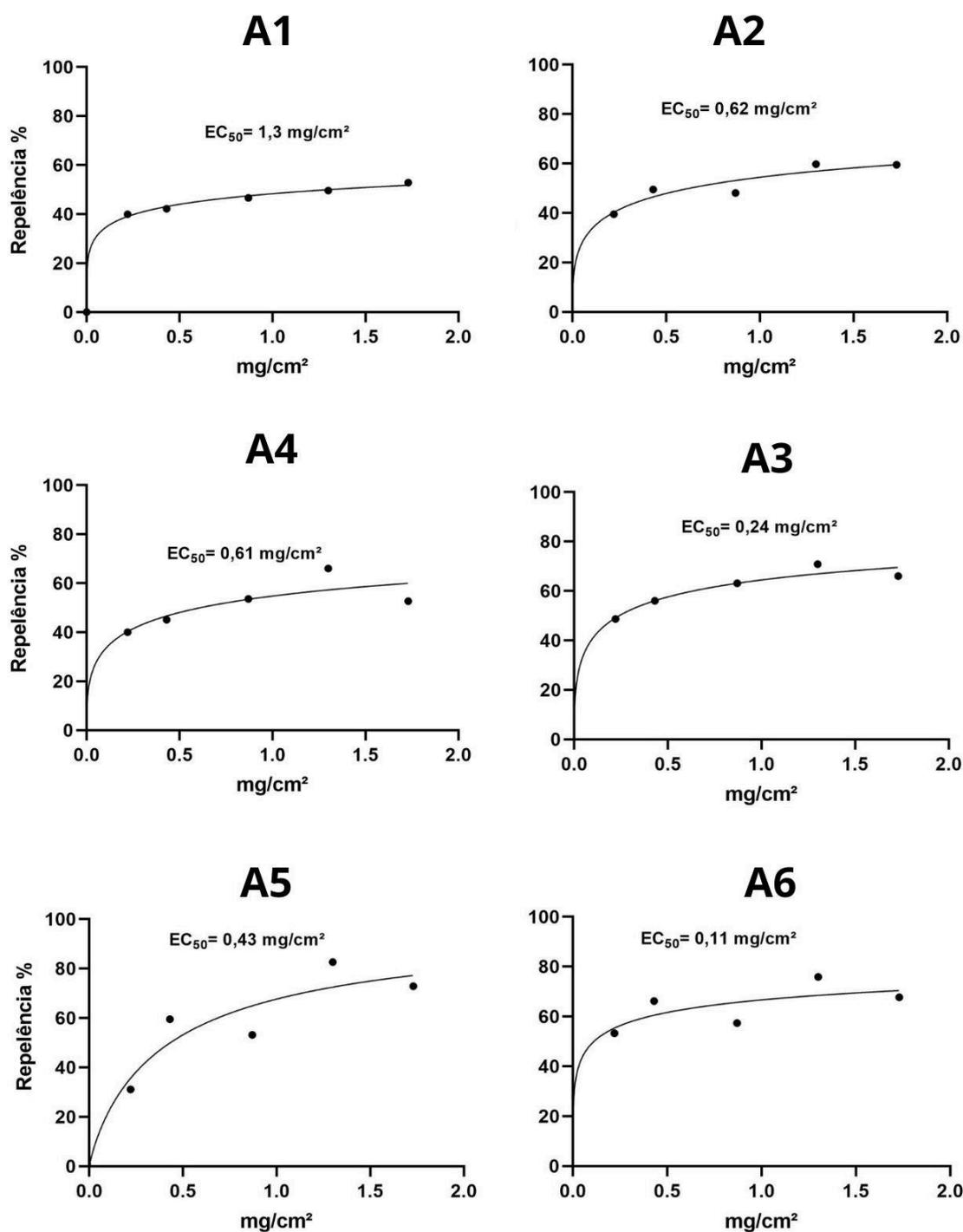
Frações aquosas (A); Fração Oleosa (OL)

Diferentes letras na mesma coluna indicam diferença entre os tratamentos, considerando  $p < 0,05$

Não foi possível calcular a concentração eficiente para causar 50 % do efeito máximo repelente ( $EC_{50}$ ) da fração OL (Figura 17), uma vez que nenhuma das concentrações testadas apresentou efeito de repelência inferior a 80%. As frações aquosas de CAB apresentaram valores de  $EC_{50}$  de 1,3 mg/cm<sup>2</sup> para a fração A1; 0,62 mg/cm<sup>2</sup> para A2; 0,24 mg/cm<sup>2</sup> para A3; 0,61 mg/cm<sup>2</sup> para A4; 0,43 mg/cm<sup>2</sup> para A5 e 0,11 mg/cm<sup>2</sup> para A6 (Figura 18).

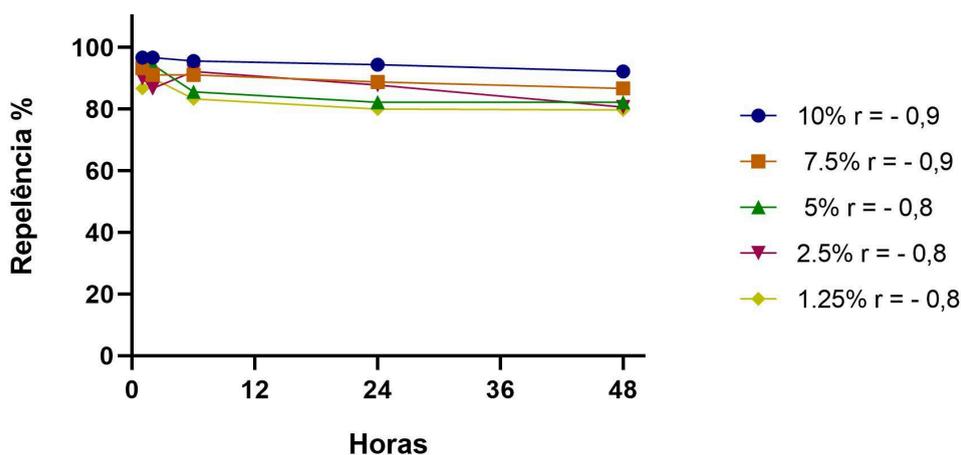


**Figura 17:** Gráfico da concentração eficiente para causar 50% do efeito repelente de CAB OL em *Tribolium castaneum*.  $EC_{50}$  = indeterminado. Obtido a partir das curvas de regressão sigmoidal.



**Figura 18:** Gráfico da concentração eficiente para causar 50% do efeito repelente das frações aquosas de CAB em *Tribolium castaneum*. A1 EC<sub>50</sub> = 1,3 mg/cm<sup>2</sup> [0,83 ~ 3,76]; A2 EC<sub>50</sub> = 0,62 mg/cm<sup>2</sup> [0,34 ~ 0,98]; A3 EC<sub>50</sub> = 0,24 mg/cm<sup>2</sup> [0,08 ~ 0,38]; A4 EC<sub>50</sub> = 0,61 mg/cm<sup>2</sup> [0,39 ~ 0,88]; A5 EC<sub>50</sub> = 0,43 mg/cm<sup>2</sup> [0,34 ~ 0,52]; A6 EC<sub>50</sub> = 0,11 mg/cm<sup>2</sup> [0,007 ~ 0,24] IC 95%. Obtido a partir das curvas de regressão sigmoidal.

Na análise de correlação entre o tempo de exposição e o efeito repelente da fração OL. Todas as concentrações testadas apresentaram valores de  $r$  próximos à -1, indicando que há uma relação de dependência linear negativa entre as variáveis. Nas primeiras horas do ensaio a ação repelente das soluções de OL foram mais eficazes em repelir o *T. castaneum* e com o passar das horas o efeito repelente foi diminuindo (Figura 19).



**Figura 19:** Gráfico da correlação entre o tempo de exposição e a ação repelente de CAB OL contra *Tribolium castaneum*. Seguindo coeficiente de correlação de *Person*.

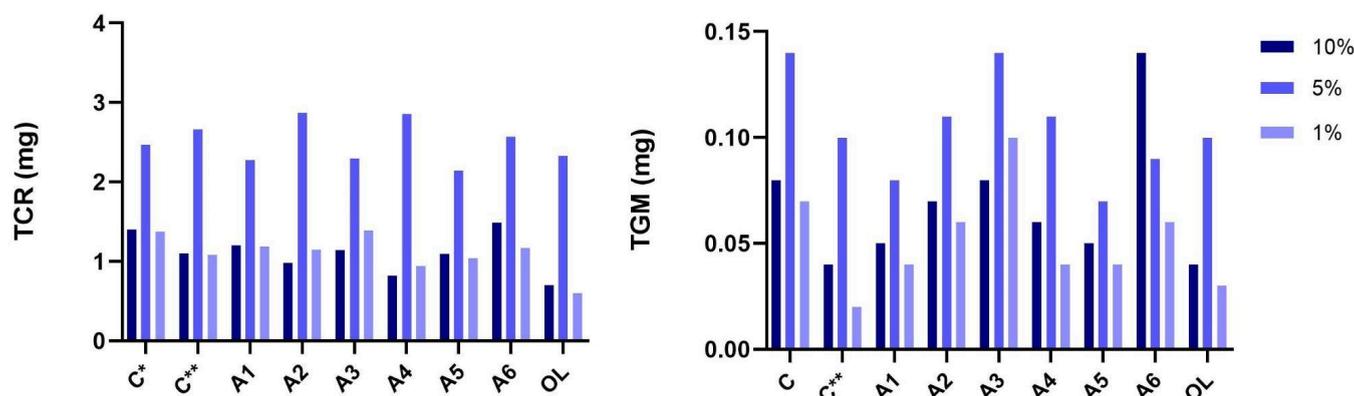
## 4.2 TESTE DE ATIVIDADE *ANTIFEEDANT* E ANÁLISE DOS ÍNDICES NUTRICIONAIS

O teste de atividade *antifeedant* foi realizado para avaliar os efeitos fagoinibitórios das frações aquosas e oleosa da biomassa CAB em três diferentes concentrações 10% (0,064 mg/ cm<sup>2</sup>), 5% (0,032 mg/ cm<sup>2</sup>), e 1% (0,0063 mg/ cm<sup>2</sup>), contras os insetos-praga de grãos armazenados *Sitophilus zeamais* e *Tribolium castaneum*. Foram avaliados a redução no ganho de massa dos insetos (mg), a taxa de consumo dos discos impregnados com as soluções de pirólise (mg), o efeito de deterrência alimentar (%), a eficiência da comida ingerida (%) e a mortalidade (%).

## 4.2.1 ANÁLISE DOS ÍNDICES NUTRICIONAIS E DETERRÊNCIA ALIMENTAR

### *Sitophilus zeamais*

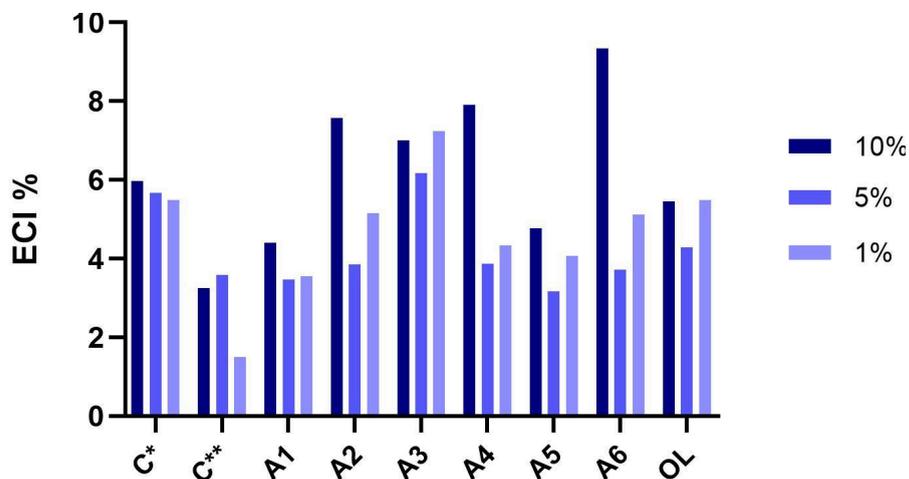
Não foi observada diferença estatisticamente significantes ( $p < 0,05$ ) da Taxa de Ganho de Massa (TGM) entre a fração oleosa e o grupo controle com acetona (C\*\*), em nenhuma das concentrações testadas, assim como as frações aquosas e o grupo com água destilada (C\*). Exceto na concentração de 10% (0,064 mg/ cm<sup>2</sup>), a fração aquosa A6 alcançou TGM superior à do grupo controle com água (C\*) ( $p < 0,05$ ), demonstrando ação de estimulante alimentar. Quanto à Taxa de Consumo Relativo (TCR) a fração oleosa OL não apresentou diferença com o controle C\*\* em nenhuma das concentrações. As frações aquosas A2 e A4 apresentaram valores de TCR superiores à do grupo controle C\* ( $p < 0,05$ ) na concentração de 5% (0,032 mg/ cm<sup>2</sup>). Nas demais concentrações não houve diferença estatisticamente significativa em nenhuma das concentrações (Figura 20).



**Figura 20:** Gráfico dos índices nutricionais de *Sitophilus zeamais*. Taxa Relativa de Consumo (TCR); Taxa de Ganho de Massa (TGM). Controle com água (C\*), controle com acetona (C\*\*).

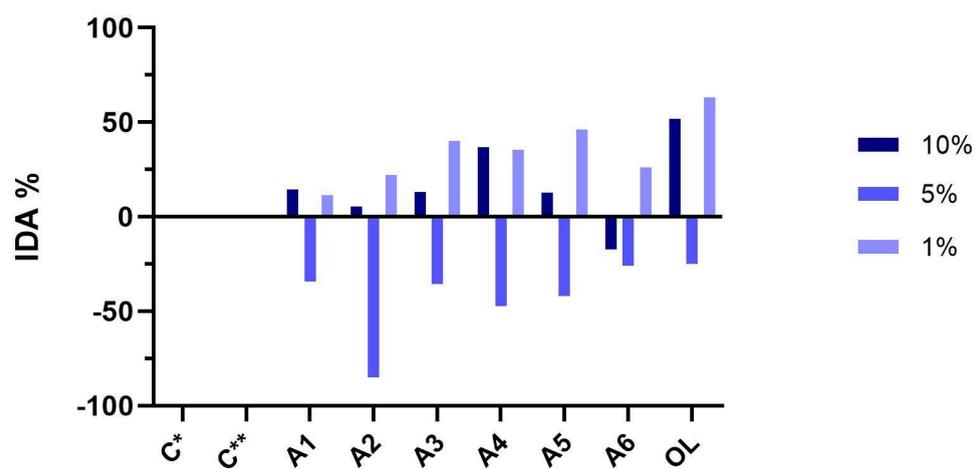
Na análise da Eficiência da Comida Ingerida (ECI) a fração aquosa A6 na concentração de 10% (0,064 mg/ cm<sup>2</sup>), apresentou valores de ECI superiores ao grupo controle C\*. Na concentração de 1% (0,0063 mg/ cm<sup>2</sup>) a fração A3 também apresentou valores de ECI superiores ao grupo controle C\*, demonstrando ação de estimulante alimentar (Figura 21). Todas as demais frações não demonstraram

diferença significativa quando comparadas com o controle em nenhuma das concentrações ( $p < 0,05$ ).



**Figura 21:** Gráfico da Eficiência da Comida Ingerida (ECI) do *Sitophilus zeamais*. Representa o percentual da comida ingerida que foi convertida em massa corporal para o inseto. Controle com água (C\*), controle com acetona (C\*\*).

A fração oleosa OL apresentou maior Índice de Deterrência Alimentar (IDA), com efeito *antifeedant* de 51,9% e 63,3% nas concentrações de 10% (0,064 mg/cm<sup>2</sup>) e 1% (0,0063 mg/cm<sup>2</sup>) respectivamente (Figura 22). Dentre as frações aquosas A4 apresentou maior ação *antifeedant*, com 36,7% e 40% de dissuasão alimentar nas concentrações de 10% (0,064 mg/cm<sup>2</sup>) e 1% (0,0063 mg/cm<sup>2</sup>). Já os resultados com a concentração de 5% (0,032 mg/cm<sup>2</sup>), a fração oleosa assim como todas as outras frações apresentaram efeito de estimulante alimentar, a fração aquosa A2 exibiu maior efeito estimulante com - 85,1% de IDA (Tabela 4).



**Figura 22:** Gráfico do Índice de Deterrência Alimentar (IDA) de *Sitophilus zeamais*. Valores positivos expressam efeito *antifeedant*, valores negativos expressam efeito fagoestimulante. Controle com água (C\*), controle com acetona (C\*\*).

**Tabela 4:** Resultado dos testes de índices nutricionais e atividade *antifeedant* com o inseto *Sitophilus zeamais* utilizando as frações aquosas (A) e oleosa (OL) da biomassa CAB, em diferentes concentrações. Média, seguido pelo erro padrão da média (SEM). Valores de p para as comparações entre as frações da mesma concentração.

Concentração	Tratamento	TGM (mg)	TCR (mg)	ECI %	IDA %	Mortalidade %
10%	A1	0,05 (±0,01) <sup>A</sup>	1,20 (±0,11) <sup>AB</sup>	4,41 (±0,68) <sup>A</sup>	14,5 (±1,45) <sup>A</sup>	20,0 (±5,0) <sup>A</sup>
	A2	0,07 (±0,01) <sup>A</sup>	0,98 (±0,12) <sup>AB</sup>	7,58 (±0,51) <sup>AB</sup>	5,48 (±1,67) <sup>AE</sup>	6,7 (±1,7) <sup>A</sup>
	A3	0,08 (±0,02) <sup>AB</sup>	1,14 (±0,11) <sup>AB</sup>	7,01 (±1,09) <sup>AB</sup>	13,3 (±2,65) <sup>AB</sup>	8,3 (±4,4) <sup>A</sup>
	A4	0,06 (±0,02) <sup>A</sup>	0,82 (±0,06) <sup>AB</sup>	7,91 (±1,77) <sup>AB</sup>	36,7 (±0,63) <sup>C</sup>	13,3 (±7,3) <sup>A</sup>
	A5	0,05 (±0,01) <sup>A</sup>	1,09 (±0,05) <sup>AB</sup>	4,77 (±1,17) <sup>A</sup>	12,9 (±0,71) <sup>AB</sup>	5,0 (±2,9) <sup>A</sup>
	A6	0,16 (±0,01) <sup>B</sup>	1,49 (±0,21) <sup>B</sup>	9,34 (±0,61) <sup>B</sup>	17,4 (±2,12) <sup>B</sup>	11,7 (±4,4) <sup>A</sup>
	OL	0,04 (±0,02) <sup>A</sup>	0,70 (±0,13) <sup>A</sup>	5,45 (±1,45) <sup>A</sup>	51,9 (±1,26) <sup>D</sup>	10,0 (±10,0) <sup>A</sup>
	C*	0,07 (±0,01) <sup>A</sup>	1,40 (±0,03) <sup>AB</sup>	5,97 (±0,49) <sup>A</sup>	0,0 (±0,0) <sup>E</sup>	15,0 (±10,0) <sup>A</sup>
	C**	0,04 (±0,02) <sup>A</sup>	1,10 (±0,09) <sup>AB</sup>	3,25 (±1,61) <sup>A</sup>	0,0 (±0,0) <sup>E</sup>	11,7 (±11,7) <sup>A</sup>
5%	A1	0,08 (±0,02) <sup>A</sup>	2,28 (±0,23) <sup>A</sup>	3,47 (±0,81) <sup>A</sup>	-34,3 (±6,18) <sup>AB</sup>	51,7 (±1,7) <sup>A</sup>
	A2	0,11 (±0,04) <sup>A</sup>	2,87 (±0,20) <sup>B</sup>	3,85 (±1,05) <sup>A</sup>	-85,1 (±2,74) <sup>C</sup>	20,0 (±5,0) <sup>B</sup>
	A3	0,14 (±0,02) <sup>A</sup>	2,30 (±0,18) <sup>A</sup>	6,17 (±0,96) <sup>A</sup>	-48,7 (±0,98) <sup>AB</sup>	40,0 (±7,6) <sup>A</sup>
	A4	0,11 (±0,02) <sup>A</sup>	2,86 (±0,41) <sup>B</sup>	3,87 (±0,64) <sup>A</sup>	-47,3 (±2,33) <sup>AB</sup>	15,0 (±5,0) <sup>B</sup>
	A5	0,08 (±0,01) <sup>A</sup>	2,14 (±0,02) <sup>A</sup>	3,16 (±0,26) <sup>A</sup>	-41,8 (±7,54) <sup>AB</sup>	16,7 (±4,4) <sup>B</sup>
	A6	0,09 (±0,03) <sup>A</sup>	2,57 (±0,24) <sup>A</sup>	3,71 (±1,09) <sup>A</sup>	-26,1 (±3,26) <sup>A</sup>	23,3 (±7,3) <sup>B</sup>
	OL	0,10 (±0,01) <sup>A</sup>	2,33 (±0,10) <sup>A</sup>	4,29 (±0,31) <sup>A</sup>	-24,9 (±2,54) <sup>A</sup>	40,0 (±10,0) <sup>A</sup>
	C*	0,14 (±0,02) <sup>A</sup>	2,47 (±0,29) <sup>A</sup>	5,68 (±1,20) <sup>A</sup>	0,0 (±0,0) <sup>D</sup>	48,3 (±8,3) <sup>A</sup>
	C**	0,10 (±0,02) <sup>A</sup>	2,66 (±0,12) <sup>AB</sup>	3,59 (±0,70) <sup>A</sup>	0,0 (±0,0) <sup>D</sup>	21,1 (±4,4) <sup>B</sup>
1%	A1	0,04 (±0,01) <sup>AB</sup>	1,19 (±0,17) <sup>AB</sup>	3,55 (±0,42) <sup>AB</sup>	11,6 (±0,62) <sup>D</sup>	5,0 (±2,9) <sup>A</sup>
	A2	0,06 (±0,01) <sup>AB</sup>	1,15 (±0,08) <sup>AB</sup>	5,16 (±1,03) <sup>AB</sup>	22,1 (±1,68) <sup>CD</sup>	11,7 (±1,7) <sup>A</sup>
	A3	0,10 (±0,02) <sup>B</sup>	1,39 (±0,13) <sup>B</sup>	7,24 (±1,08) <sup>B</sup>	40,0 (±1,07) <sup>B</sup>	16,7 (±3,3) <sup>A</sup>
	A4	0,04 (±0,01) <sup>AB</sup>	0,94 (±0,11) <sup>AB</sup>	4,34 (±1,05) <sup>AB</sup>	35,3 (±1,63) <sup>B</sup>	10,0 (±5,8) <sup>A</sup>
	A5	0,04 (±0,01) <sup>AB</sup>	1,04 (±0,14) <sup>AB</sup>	4,06 (±0,44) <sup>AB</sup>	46,0 (±1,01) <sup>B</sup>	10,0 (±2,9) <sup>A</sup>
	A6	0,06 (±0,01) <sup>AB</sup>	1,17 (±0,06) <sup>AB</sup>	5,12 (±0,92) <sup>AB</sup>	26,3 (±1,52) <sup>C</sup>	6,7 (±1,7) <sup>A</sup>
	OL	0,03 (±0,01) <sup>AB</sup>	0,60 (±0,09) <sup>A</sup>	5,49 (±1,08) <sup>AB</sup>	63,3 (±1,63) <sup>A</sup>	8,3 (±1,7) <sup>A</sup>
	C*	0,07 (±0,02) <sup>AB</sup>	1,37 (±0,06) <sup>B</sup>	5,49 (±1,41) <sup>AB</sup>	0,0 (±0,0) <sup>E</sup>	5,0 (±0,0) <sup>A</sup>
	C**	0,02 (±0,00) <sup>A</sup>	1,08 (±0,10) <sup>AB</sup>	1,50 (±0,39) <sup>A</sup>	0,0 (±0,0) <sup>E</sup>	6,7 (±4,4) <sup>A</sup>

C: \*Água; \*\* Acetona.

TCR: Taxa de consumo relativo

TGM: Taxa de ganho de massa

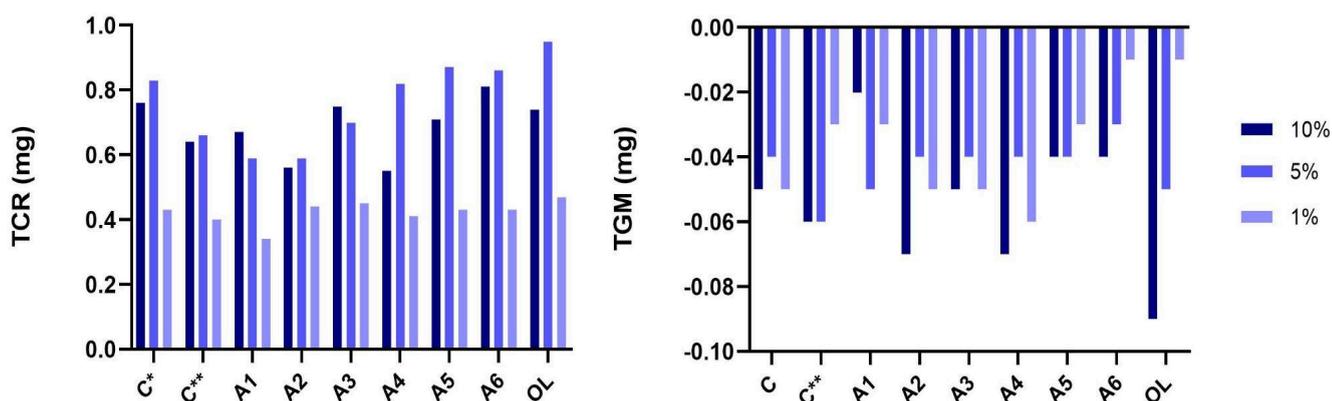
ECI: Eficiência da comida ingerida

IDA: Índice de deterrência alimentar

Diferentes letras na mesma coluna indicam diferença entre os tratamentos, considerando  $p < 0,05$

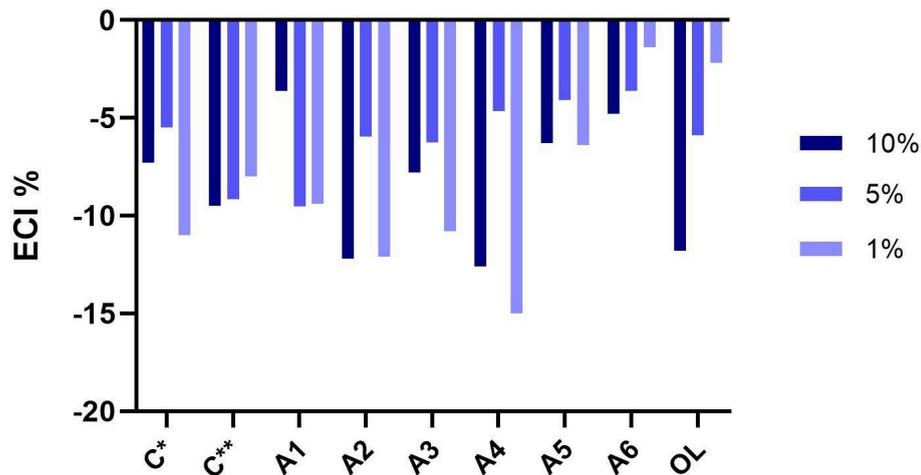
## 4.2.2 ANÁLISE DOS ÍNDICES NUTRICIONAIS E DETERRÊNCIA ALIMENTAR EM *Tribolium castaneum*

Na análise da taxa de ganho de massa (TGM) na concentração de 10% (0,064 mg/ cm<sup>2</sup>) as frações aquosas A2 e A4 apresentaram valores de TGM levemente inferiores ao controle com C\* (Figura 23). Nas outras concentrações não foi observado nenhuma diferença entre os tratamentos e o grupo controle ( $p < 0,05$ ). Nos resultados da Taxa de consumo relativo (TCR) não foram observadas diferenças entre os tratamentos e o grupo controle nas concentrações de 10% (0,064 mg/ cm<sup>2</sup>) e 1% (0,0063 mg/ cm<sup>2</sup>). A 5% (0,032 mg/ cm<sup>2</sup>) as frações aquosas A1 e A2 e apresentaram TCR inferior ao grupo controle com água C\*. Enquanto a fração oleosa OL demonstrou TCR superior a do grupo controle com acetona C\*\*.



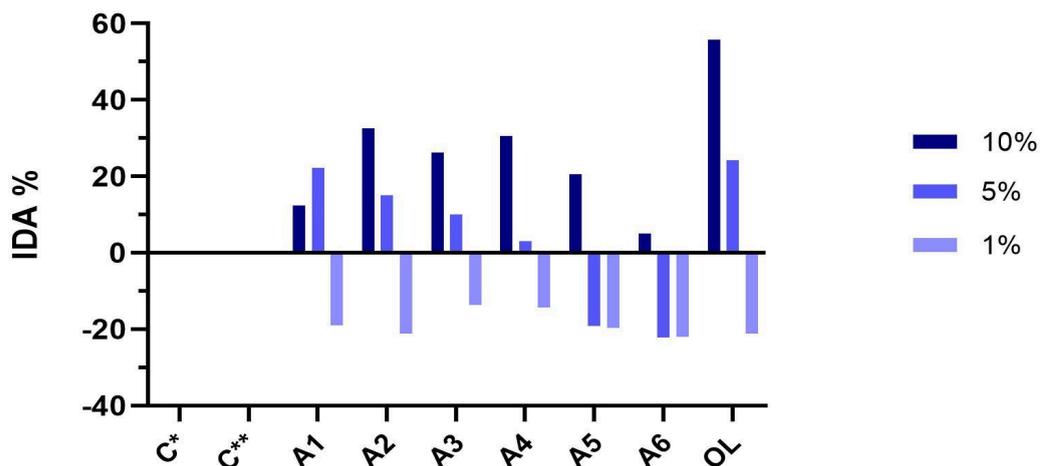
**Figura 23:** Gráfico dos índices nutricionais de *Tribolium castaneum*. Taxa relativa de consumo (TCR); Taxa de ganho de massa (TGM). Controle com água (C\*), controle com acetona (C\*\*).

Na análise da eficiência da comida ingerida (ECI) na concentração de 10% (0,064 mg/ cm<sup>2</sup>) as frações aquosas A2 e A4 apresentaram valores de ECI inferiores a do grupo controle. À 1% (0,0063 mg/ cm<sup>2</sup>) as frações A6 e OL, apresentaram valores de ECI superior ao controle (Figura 24). Enquanto que à 5% (0,032 mg/ cm<sup>2</sup>) não foi observada nenhuma diferença entre os tratamentos ( $p < 0,05$ ).



**Figura 24:** Eficiência da comida ingerida (ECI) do *Tribolium castaneum*. Representa o percentual da comida ingerida que foi convertida em massa corporal para o inseto. Controle com água (C\*), controle com acetona (C\*\*).

Na análise da deterrência alimentar a fração oleosa OL demonstrou maior ação *antifeedant* nas concentrações de 10% (0,064 mg/ cm<sup>2</sup>) e 5% (0,032 mg/ cm<sup>2</sup>) com valor de IDA de 55,7% e 24,9% respectivamente (Tabela 5). Na concentração de 1% (0,0063 mg/ cm<sup>2</sup>) todas as frações apresentaram valores de IDA negativos (Figura 25). A fração aquosa A6 apresentou os menores valores de IDA em todas as concentrações testadas, atuando como estimulante alimentar nas concentrações de 5% (0,032 mg/ cm<sup>2</sup>) 1% (0,0063 mg/ cm<sup>2</sup>).



**Figura 25:** Gráfico do Índice de deterência alimentar (IDA) de *Tribolium castaneum*. Valores positivos expressam efeito *antifeedant*, valores negativos expressam efeito fagoestimulante. Controle com água (C\*), controle com acetona (C\*\*).

**Tabela 5:** Resultado dos testes de índices nutricionais e atividade *antifeedant* com o inseto *Tribolium castaneum* utilizando as frações aquosas (A) e oleosa (OL) da biomassa CAB, em diferentes concentrações. Média, seguido pelo erro padrão da média (SEM). Valores de p para as comparações entre as frações da mesma concentração.

Concentração	Tratamento	TGM (mg)	TCR (mg)	ECI %	IDA %	Mortalidade %
10%	A1	-0,02 (±0,02) <sup>A</sup>	0,67 (±0,04) <sup>AB</sup>	-3,60 (±3,10) <sup>A</sup>	12,4 (±2,20) <sup>C</sup>	0,0 (±0,0) <sup>A</sup>
	A2	-0,07 (±0,00) <sup>B</sup>	0,56 (±0,07) <sup>B</sup>	-12,2 (±1,90) <sup>B</sup>	32,6 (±4,40) <sup>B</sup>	0,0 (±0,0) <sup>A</sup>
	A3	-0,05 (±0,01) <sup>A</sup>	0,75 (±0,10) <sup>AB</sup>	-7,80 (±2,40) <sup>AB</sup>	26,2 (±2,20) <sup>B</sup>	0,0 (±0,0) <sup>A</sup>
	A4	-0,07 (±0,02) <sup>B</sup>	0,55 (±0,07) <sup>B</sup>	-12,6 (±0,66) <sup>B</sup>	30,5 (±1,20) <sup>B</sup>	0,0 (±0,0) <sup>A</sup>
	A5	-0,04 (±0,02) <sup>A</sup>	0,71 (±0,01) <sup>AB</sup>	-6,30 (±2,60) <sup>AB</sup>	20,5 (±0,60) <sup>C</sup>	0,0 (±0,0) <sup>A</sup>
	A6	-0,04 (±0,00) <sup>A</sup>	0,81 (±0,05) <sup>A</sup>	-4,80 (±0,70) <sup>A</sup>	5,00 (±1,20) <sup>D</sup>	5,00 (±2,9) <sup>A</sup>
	OL	-0,09 (±0,01) <sup>B</sup>	0,74 (±0,04) <sup>AB</sup>	-11,8 (±1,90) <sup>B</sup>	55,7 (±0,90) <sup>A</sup>	1,70 (±1,70) <sup>A</sup>
	C*	-0,05 (±0,01) <sup>A</sup>	0,76 (±0,04) <sup>AB</sup>	-4,40 (±0,70) <sup>A</sup>	0,0 (±0,0) <sup>D</sup>	0,0 (±0,0) <sup>A</sup>
	C**	-0,06 (±0,00) <sup>B</sup>	0,64 (±0,03) <sup>AB</sup>	-11,8 (±1,90) <sup>B</sup>	0,0 (±0,0) <sup>D</sup>	1,70 (±1,70) <sup>A</sup>
5%	A1	-0,05 (±0,01) <sup>A</sup>	0,59 (±0,08) <sup>B</sup>	-9,52 (±1,37) <sup>A</sup>	22,2 (±1,90) <sup>A</sup>	1,70 (±1,70) <sup>A</sup>
	A2	-0,04 (±0,01) <sup>A</sup>	0,59 (±0,04) <sup>B</sup>	-5,94 (±0,07) <sup>A</sup>	15,1 (±1,90) <sup>B</sup>	3,33 (±3,33) <sup>A</sup>
	A3	-0,04 (±0,00) <sup>A</sup>	0,70 (±0,04) <sup>AB</sup>	-6,26 (±1,33) <sup>A</sup>	10,1 (±0,90) <sup>B</sup>	0,0 (±0,0) <sup>A</sup>
	A4	-0,04 (±0,00) <sup>A</sup>	0,82 (±0,03) <sup>A</sup>	-4,65 (±0,33) <sup>A</sup>	3,00 (±1,80) <sup>C</sup>	1,70 (±1,70) <sup>A</sup>
	A5	-0,04 (±0,01) <sup>A</sup>	0,87 (±0,03) <sup>A</sup>	-4,09 (±0,69) <sup>A</sup>	-19,1 (±3,50) <sup>D</sup>	1,70 (±1,70) <sup>A</sup>
	A6	-0,03 (±0,03) <sup>A</sup>	0,86 (±0,08) <sup>A</sup>	-3,60 (±1,46) <sup>A</sup>	-22,1 (±3,40) <sup>D</sup>	3,33 (±1,70) <sup>A</sup>
	OL	-0,05 (±0,01) <sup>A</sup>	0,95 (±0,10) <sup>A</sup>	-5,90 (±1,32) <sup>A</sup>	24,9 (±2,00) <sup>D</sup>	0,0 (±0,0) <sup>A</sup>
	C*	-0,04 (±0,02) <sup>A</sup>	0,83 (±0,03) <sup>A</sup>	-5,48 (±2,17) <sup>A</sup>	0,0 (±0,0) <sup>C</sup>	0,0 (±0,0) <sup>A</sup>
	C**	-0,06 (±0,00) <sup>A</sup>	0,66 (±0,00) <sup>B</sup>	-9,52 (±0,64) <sup>A</sup>	0,0 (±0,0) <sup>C</sup>	1,70 (±1,70) <sup>A</sup>
1%	A1	-0,03 (±0,01) <sup>AB</sup>	0,34 (±0,03) <sup>A</sup>	-9,40 (±2,80) <sup>A</sup>	-19,9 (±2,7) <sup>B</sup>	3,33 (±1,70) <sup>A</sup>
	A2	-0,05 (±0,00) <sup>AB</sup>	0,44 (±0,05) <sup>A</sup>	-12,1 (±1,60) <sup>A</sup>	-21,2 (±3,0) <sup>B</sup>	3,33 (±1,70) <sup>A</sup>
	A3	-0,05 (±0,00) <sup>AB</sup>	0,45 (±0,04) <sup>A</sup>	-10,8 (±1,33) <sup>A</sup>	-13,6 (±2,60) <sup>B</sup>	1,70 (±1,70) <sup>A</sup>
	A4	-0,06 (±0,01) <sup>A</sup>	0,41 (±0,03) <sup>A</sup>	-15,0 (±0,33) <sup>A</sup>	-14,4 (±2,00) <sup>B</sup>	1,70 (±1,70) <sup>A</sup>
	A5	-0,03 (±0,01) <sup>AB</sup>	0,43 (±0,03) <sup>A</sup>	-6,40 (±2,40) <sup>AB</sup>	-19,7 (±2,00) <sup>B</sup>	3,33 (±1,70) <sup>A</sup>
	A6	-0,01 (±0,00) <sup>B</sup>	0,43 (±0,01) <sup>A</sup>	-1,40 (±1,10) <sup>B</sup>	-22,0 (±2,70) <sup>B</sup>	1,70 (±1,70) <sup>A</sup>
	OL	-0,01 (±0,01) <sup>B</sup>	0,47 (±0,04) <sup>A</sup>	-2,20 (±1,62) <sup>B</sup>	-21,2 (±2,00) <sup>B</sup>	1,70 (±1,70) <sup>A</sup>
	C*	-0,05 (±0,00) <sup>AB</sup>	0,43 (±0,01) <sup>A</sup>	-11,0 (±0,90) <sup>A</sup>	0,0 (±0,0) <sup>A</sup>	0,0 (±0,0) <sup>A</sup>
	C**	-0,03 (±0,00) <sup>AB</sup>	0,40 (±0,02) <sup>A</sup>	-8,00 (±0,24) <sup>A</sup>	0,0 (±0,0) <sup>A</sup>	1,70 (±1,70) <sup>A</sup>

C: \*Água; \*\* Acetona.

TCR: Taxa de consumo relativa

TGM: Taxa de ganho de massa

ECI: Eficiência da comida ingerida

IDA: Índice de deterrência alimentar

Diferentes letras na mesma coluna indicam diferença entre os tratamentos, considerando  $p < 0,05$ .

### 4.3 RESUMO DOS MELHORES RESULTADOS

Os resultados obtidos neste trabalho mostraram que a fração oleosa de CAB foi o melhor repelente e inibidor alimentar tanto para *S. zeamais* como para *T. castaneum*. Já as frações aquosas só apresentaram ação repelente para *T. castaneum*, com destaque para as frações A4, A5 e A6. Para *S. zeamais* a fração A6 se comportou como atrativa. Essa fração também atuou como estimulante alimentar para *S. zeamais* e *T. castaneum*, como mostra a Tabela 6.

**Tabela 6:** Resumo dos melhores resultados obtidos nos testes de repelência a *antifeedant*, utilizando frações aquosas (A) e oleosa (OL) da biomassa CAB, frente aos insetos-praga *Sitophilus zeamais* e *Tribolium castaneum*.

Fração	Ação		Inseto	Concentração
OL	Repelente	↑ 80%	<i>T. castaneum</i>	Todas
OL	Repelente	↑ 45%	<i>S. zeamais</i>	Todas
A4; A5; A6	Repelente	↑65%	<i>T. castaneum</i>	10%; 7.5%
A6	Atrativa	- 31,1%	<i>S. zeamais</i>	2.5%
OL	<i>Antifeedant</i>	↑50%	<i>S. zeamais</i>	10%; 1%
OL	<i>Antifeedant</i>	55,7%	<i>T. castaneum</i>	10%
A6	<i>Antifeedant</i>	- 26,1%	<i>S. zeamais</i>	5%
A6	<i>Antifeedant</i>	- 26,1%	<i>T. castaneum</i>	5%; 1%

## 5. DISCUSSÃO

Nos últimos anos os produtos de pirólise de diferentes biomassas lignocelulósicas vêm sendo estudados, revelando-se promissores bioinseticidas contra artrópodes de importância econômica (STEJSKAL, *et al.*, 2021; URRUTIA, 2022). No entanto, são escassos os estudos que avaliam efeitos subletais ou outros resultados antagônicos desses produtos sobre os insetos. Tais prejuízos dentro de um contexto de manejo integrado de pragas tem grande importância, não apenas a letalidade. Pois auxiliam na redução populacional nas gerações seguintes, diminuindo o potencial de prejuízos dos cultivos subsequentes (VIEIRA, 2022; VENTURA, 2023).

A partir dos resultados obtidos podemos afirmar que a fração oleosa de CAB foi a mais eficaz em repelir tanto o *Sitophilus zeamais* quanto o *Tribolium castaneum*. Embora tenham sido observadas diferenças significativas na ação repelentes entre os dois insetos. CAB OL apresentou moderada ação repelente contra *S. zeamais*, com melhor resultado na concentração de 10% (1,73 mg/cm<sup>2</sup>) às 2 horas de exposição, demonstrando 64,4 % de repelência e 52,3% de efeito médio repelente. Resultado semelhante ao encontrado por Urrutia e colaboradores (2020), utilizando o bio-óleo de casca de semente de girassol pré-tratada com ácido. Realizado através do ensaio comportamental de exposição em arenas, foi observada uma moderada atividade repelente contra *S. oryzae*, de aproximadamente 45% na concentração de 1,0 mg/cm<sup>2</sup>.

Para *Tribolium castaneum* CAB OL foi um repelente altamente eficaz, com 96,7% de taxa de repelência nas primeiras horas de exposição na concentração de 10% (1,73 mg/cm<sup>2</sup>), exibindo um efeito médio de 95,5%. Quando comparados aos resultados demonstrados por Urrutia e colaboradores (2020), a fração oleosa de CAB apresentou maior ação do que o bio-óleo de casca de semente de girassol pré-tratada com ácido. O bio-óleo de casca de semente de girassol obteve leves efeitos repelentes contra *T. castaneum*, aproximadamente 34% na concentração de 1,0 mg/cm<sup>2</sup>. Enquanto CAB OL em uma concentração mais baixa à 0,22 mg/cm<sup>2</sup>, foi altamente eficaz em repelir *T. castaneum*, com de 83,9% de efeito médio repelente.

Os resultados da ação repelente de CAB OL obtidos neste trabalho, também foram superiores aos demonstrados por Bruce e colaboradores (2022). Na avaliação da ação repelente dos bio-óleos de diversas biomassas residuais da indústria de biocombustível. Utilizando o bio-óleo da biomassa intitulada ZSM\_190-210, foi observado através do ensaio de túnel de vento laminar, um percentual de repelência de apenas 17% para o *T. castaneum* e 23% para o *S. oryzae*. No entanto, os autores observaram outros diferentes efeitos subletais, como a inibição na emergência de adultos. Utilizando a metodologia de arenas de concreto borrifada com os líquidos de pirólise, o bio-óleo intitulado PtTiO<sub>2</sub> 230-250 atuou interferindo negativamente nas larvas de *T. castaneum*, impedindo o seu desenvolvimento em adultos. Alcançando, 95% de inibição da emergência de *T. castaneum* adultos, na concentração de 140 mg/ml.

Em seu trabalho Ventura (2023) observou que os líquidos de pirólise da biomassa CDB provocaram efeitos subletais em *Rhyzopertha dominica*. Após exposição fumigante aos líquidos de pirólise de CDB, foi observado que as substâncias voláteis presentes no líquido de pirólise se condensavam no fundo do pote, formando uma espécie de filme que cobria os insetos, prendendo-os no vidro do frasco, como uma cola adesiva. O que não os matava imediatamente, mas tornavam-os incapazes de se mover. Tal característica também foi observada por França (2022), utilizando a mesma biomassa, nos ensaio de fumigação foi observado que os voláteis de CDB deixaram o recipiente úmido, fazendo com que os insetos *S. zeamais* e *T. castaneum* ficassem presos nas laterais dos frascos de vidro.

Podemos também encontrar na literatura produtos de pirólise com ação repelente em outros grupos de insetos. Kiarie-Makara e colaboradores (2010) demonstraram alta ação repelente do bio-óleo de carvalho (*Quercus serrata*), contra duas espécies de mosquitos de importância médica *Culex pipiens* e *Aedes togoi*. Através dos ensaios de repelência utilizando gaiolas de exposição, o bio-óleo de carvalho foi capaz de causar 73% de efeito médio repelente para o *C. pipiens* e 67,8% para *A. togoi* na concentração de 10%, alcançando 100% de efeito repelente em concentrações mais altas.

Já Oramahi e Yoshimura (2013), demonstraram eficácia dos produtos de pirólise de mamoeiro (*Vasconcellea pubescens*) como repelente contra as espécies

de cupim *Reticulitermes speratus* e *Coptotermes formosanus*. Utilizando a metodologia de repelência em discos de papel filtro, os autores concluíram que o bio-óleo do mamoeiro obteve alto efeito repelente em todas as concentrações testadas (10%, 50% e 100%). Kadir e colaboradores (2021) também mostraram que o líquido de pirólise da árvore *Dyera costulata*, se mostrou altamente eficaz em repelir o cupim subterrâneo (*Coptotermes curvignathus*), alcançando 85.3% de repelência, seguindo a metodologia de repelência em discos de papel filtro. Os autores também avaliaram através de teste *antifeedant no-choice*, que o bio-óleo de *D. costulata* atuou como inibidor alimentar para *C. curvignathus* com efeito *antifeedant* de 77%. Comprovando a eficácia desse bio-óleo como conservante e protetor de madeira.

Quando comparado com os resultados da fração oleosa e da ação de outros bio-óleos encontrados na literatura, as frações aquosas de CAB demonstraram uma ação repelente inferior. Apenas as frações A3, A4, A5 e A6 apresentaram atividade repelente acima de 65% contra *T. castaneum*, nas concentrações mais altas, 10% (1,73 mg/cm<sup>2</sup>) e 7.5% (1,30 mg/cm<sup>2</sup>). Assim como observado por Ventura (2019), as frações aquosas de pirólise da biomassa PLI, apresentaram repelência moderada contra o gorgulho dos cereais (*Rhyzopertha dominica*). Porém, contra o besouro conhecido como cascudinho (*Alphitobius diaperinus*), as frações aquosas de PLI exibiram alta ação repelente. Nenhuma das frações aquosas de CAB apresentou repelência significativa para *S. zeamais*, se comportando muitas vezes como atrativos para esse inseto-praga. A maior ação atrativa foi observada na fração A6 na concentração de 2.5 % (0,43 mg/cm<sup>2</sup>) exibindo - 45,6% na primeira hora de exposição e -31,1% de efeito médio repelente.

Em seu trabalho Bonanomi e colaboradores (2020), também observou variação na ação repelente dos bio-óleos de diversos resíduos ricos em nitrogênio contra as moscas das azeitonas (*Bactrocera oleae*). Através de ensaios utilizando o olfatômetro e tubos Y, os autores observaram que o bio-óleo dos resíduos de lagar de azeite exibiram ação atrativa para *B. oleae*, com efeito de 60% de atração. Enquanto o bio-óleo das demais biomassas (milho, alfafa e celulose) apresentaram efeitos repelentes que variaram de 40% a 80%.

As diferenças na atividade das frações de pirólise podem ser explicadas pela natureza química dos compostos. Dentre os componentes bioativos presentes nos

produtos líquidos de pirólise estão derivados fenólicos, ácidos carboxílicos (principalmente ácido acético), furanos, diterpenos e hidrocarbonetos. Enquanto a fração aquosa contém grande variedade de compostos organo-oxigenados de baixo peso molecular, a fração oleosa é constituída de compostos orgânicos insolúveis, principalmente aromáticos, de alto peso molecular (DEMIRBAS & ARIN, 2002; SILVA *et al.*, 2019). A ação entre essas diferentes moléculas pode favorecer um efeito sinérgico potencializando a atividade, ou causar efeitos antagônicos resultando em ações toxicológicas distintas (MOHAN *et al.*, 2006; RODRIGUES *et al.*, 2011). Além disso, como observado nos ensaio de repelência o teor de água presente nas soluções, a espécie do inseto submetido aos testes e o tempo de exposição do composto bioativo na espécie alvo, influenciam diretamente na bioatividade dos líquidos de pirólise (MATTOS *et al.*, 2021; URRUTIA *et al.*, 2022).

Embora tenham sido observadas diferenças estatisticamente significantes na ação repelente de CAB OL contra *T. castaneum* entre as concentrações, o efeito médio repelente se manteve acima de 80 % em todas as concentrações testadas, classificado com a classe V de repelente na escala Ghulam e Su (1983). Já para o *S. zeamais* não foram observadas diferenças estatísticas significantes do efeito repelente de CAB OL entre as concentrações, todas as concentrações alcançaram a classe III. O que difere dos resultados apresentados por Abouelatta e colaboradores (2020), que observou uma diminuição considerável na ação repelente do óleo essencial de gerânio (*Pelargonium graveolens*) contra *T. castaneum*, em concentrações mais baixas. Na concentração de 0.12 mg/cm<sup>2</sup> o óleo essencial de gerânio alcançou efeito médio repelente de 95%, já na concentração de 0.03 mg/cm<sup>2</sup> chegou apenas a 62.5% de efeito médio repelente.

Quando Kadir e colaboradores (2021) testaram a ação dos produtos de pirólise da árvore *Dyera costulata*, contra o cupim subterrâneo *C. curvignathus*. Também foi observada uma diminuição na ação repelente em concentrações mais baixas. Enquanto na concentração de 0,12 mg/cm<sup>2</sup> se obteve repelência de 85,3% a concentração de 0,04 mg/cm<sup>2</sup> chegou apenas a 53,3 % de ação repelente. Já CAB OL demonstrou atividade média repelente de 95,1 % na concentração de 1,73 mg/cm<sup>2</sup> e 83,9% na concentração de 0,22 mg/cm<sup>2</sup> contra *T. castaneum*. E de 52% na concentração de 1,73 mg/cm<sup>2</sup> e 45% 0,22 mg/cm<sup>2</sup> contra *S. zeamais*, indicando que não são necessárias altas concentrações de CAB para se obter o efeito

repelente. Os valores obtidos a partir do cálculo  $EC_{50}$  demonstraram que foi necessário apenas 0,11 mg/cm<sup>2</sup>, para causar 50% da atividade máxima repelente da fração A6, a fração aquosa com melhor atividade repelente em *T. castaneum*. Valor abaixo da concentração mínima testada de 1.25% (0,22 mg/cm<sup>2</sup>). Já que não foi possível calcular o  $EC_{50}$  da fração oleosa, uma vez que essa fração apresentou repelência superior a 80% até na menor concentração pré-estabelecida, comprovando a eficiência da ação repelente em baixas concentrações.

Quando analisada a correlação entre o tempo de exposição de CAB OL e a ação repelente contra *S. zeamais*, apenas a concentração de 10% (1,73 mg/cm<sup>2</sup>) apresentou correlação negativa, indicando que o efeito repelente diminui com o passar do tempo. As demais concentrações apresentaram valores muito próximos a 0, indicando que não há correlação entre essas duas variáveis. Para *T. castaneum* foi observada uma correlação negativa entre o tempo de exposição e o efeito repelente de CAB OL em todas as concentrações, embora a repelência se manteve acima de 80% após as 48 horas. Tais resultados corroboram com os encontrados por Stefanazzi e colaboradores (2011) onde foi observada uma correlação negativa entre o efeito repelente do óleo essencial de *Elyonorus muticus* em *T. castaneum* e o tempo de exposição.

Nos ensaios dos índices nutricionais de *S. zeamais*, a fração oleosa OL demonstrou maior ação *antifeedant*, com valores de IDA de 51,9% e 61,3% nas concentrações de 10% (0,064 mg/cm<sup>2</sup>) e 1% (0,0063 mg/cm<sup>2</sup>) respectivamente. Resultado semelhante ao Stefanazzi e colaboradores (2011), quando avaliaram a ação *antifeedant* óleo essencial de *Tagites terniflora* (IDA 53,2%); *Cymbopogon citratus* (IDA 68,3%) e *Elyonorus muticusa* (IDA 56,6%) em *S. oryzae*. E superiores aos encontrados por Urrutia e colaboradores (2020), quando avaliou a ação *antifeedant* do bio-óleo da casca da semente de girassol pré-tratada com ácido contra *S. oryzae* (IDA 30,2 %). Recentemente Wahba e colaboradores (2023) analisaram a ação do bio-óleo do pinheiro *Cupressus sempervirens* contra *S. oryzae* utilizando a metodologia dos discos de farinha e demonstraram que em concentrações de 3000 mg/g e 2000 mg/g esse bio-óleo foi altamente eficaz como *antifeedant* para *S. oryzae*, atingindo efeito *antifeedant* superior a de CAB, com IDA= 78,5 e 87,9% respectivamente.

Na avaliação dos índices nutricionais das frações de CAB contra *T. castaneum*, a fração oleosa OL apresentou maior ação *antifeedant* na concentração de 10% (0,064 mg/cm<sup>2</sup>) com IDA 55,7%. Resultado semelhante ao encontrado por Stefanazzi e colaboradores (2011), que analisou a ação *antifeedant* do óleo essencial de *Elyonorus muticusa* em *T. castaneum* e observou IDA 56,6%. E levemente superior a do bio-óleo de casca de semente de girassol, demonstrado por Urrutia e colaboradores (2020), na concentração de 0,5 mg/ disco apresentando ação *antifeedant* de 45,8%.

Outros autores demonstraram ação *antifeedant* dos líquidos de pirólise em diferentes pragas agropecuárias. Suqi e colaboradores (2014) observaram a ação repelente do bio-óleo das folhas secas de mostarda contra besouro da batata do colorado (*Leptinotarsa decemlineata*), através dos ensaios de consumação foliar. Assim como Prianto e colaboradores (2021) utilizando a mesma metodologia, observaram a ação *antifeedant* do bio-óleo de casca de arroz contra a lagarta generalista (*Spodoptera litura*). Demonstrando que a ação *antifeedant* do bio-óleo de casca de arroz foi potencializada quando associado inseticida botânico à base de óleo de neem, alcançando IDA de 97.9 %. O óleo de neem é um importante biocida muito utilizado no manejo integrado de pragas (MIP), quando associados com os líquidos de pirólise criam um leque de utilizações.

Já a fração aquosa A6 atuou como estimulante alimentar para *S. zeamais*, aumentou o consumo nas concentrações de 10% (0,064 mg/cm<sup>2</sup>) e 5% (0,032 mg/cm<sup>2</sup>) e apresentou valores de IDA negativos, com - 26,1% na concentração de 5% (0,032 mg/cm<sup>2</sup>). Para *T. castaneum* a fração aquosa A6 apresentou os menores valores de IDA em todas as concentrações testadas, atuando como estimulante alimentar nas concentrações de 5% (0,032 mg/cm<sup>2</sup>) e 1% (0,0063 mg/cm<sup>2</sup>). A diferença na atividade *antifeedant* das diferentes frações de pirólise podem novamente ser explicadas pela natureza química das frações aquosas (compostos de baixo peso molecular) e oleosas (compostos de alto peso molecular). Dessa forma é fundamental a realização de mais estudos para investigar a composição química das frações de CAB, a fim de compreender melhor sua eficácia e potencial como método de controle de pragas agropecuárias.

Diante dos resultados é possível apontar que a fração OL obteve os melhores resultados de repelência, tanto para *T. castaneum*, quanto para *S. zeamais* e que mesmo em concentrações baixas o efeito repelente se manteve eficaz. Ao contrário das frações aquosas que reduziram o efeito repelente em baixas concentrações contra *T. castaneum* e não apresentaram repelência eficaz contra *S. zeamais*. A fração oleosa atuou também como inibidor alimentar para *T. castaneum* e *S. zeamais*, apresentando moderada ação *antifeedant* nas concentrações testadas. Em contrapartida, a fração A6 se comportou atraindo o *S. zeamais* e apresentou ação de atrativo alimentar, aumentando os índices nutricionais e reduzindo a ação *antifeedant*. Com base nos resultados obtidos por França (2022) a mesma fração apresentou moderado efeito fumigante para *S. zeamais*, promovendo a mortalidade de 61,2% dos insetos após 96 horas de exposição. Devido tais características a fração aquosa A6 pode ser utilizada para diferentes aplicações biotecnológicas, como para formulação de iscas ou armadilhas de captura. Uma vez que para a confecção de uma isca inseticida eficiente é necessária a utilização de um inseticida não repelente de baixa concentração e com uma formulação alimentar atrativa (FARINHA CAMPOS, 2005).

Os resultados obtidos nessa pesquisa com os produtos de pirólise de CAB oferecem uma gama de utilizações biotecnológicas no setor agropecuário. Sendo o agronegócio um importante alavancador da economia do país, onde a inovação tecnológica tem sido marcante de forma que sua produção está baseada diretamente no desenvolvimento científico e tecnológico (SANTOS *et al.*, 2017). Os produtos derivados de resíduos de biomassa, além de funcionarem como alternativa para uso desenfreado de defensivos químicos, atribuindo uma valorização para esses subprodutos da produção agrícola, e mitigando os impactos ambientais causados pelo descarte incorreto desses resíduos. Promovem a transição para uma agricultura mais sustentável, em sintonia com o apelo das Nações Unidas, fazendo cumprir os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS).

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

### 6.1 CONCLUSÃO

As frações de CAB são eficazes repelentes contra *T. castaneum*, com moderada ação repelente contra *S. zeamais*.

A fração oleosa (OL) apresentou os melhores resultados, mantendo a eficácia da ação repelente em todas as concentrações testadas. E inibiu a alimentação de *T. castaneum* e *S. zeamais* na concentrações de 10% (0,064 mg/cm<sup>2</sup>).

As frações aquosas (A4, A5 e A6) têm alta ação repelente nas concentrações de 10% (1,73 mg/cm<sup>2</sup>) e 7.5% (1,30 mg/cm<sup>2</sup>) para *T. castaneum*.

A fração aquosa A6 se comportou atraindo o *S. zeamais* e apresentou ação fagoestimulante, aumentando os índices nutricionais e reduzindo a ação *antifeedant* de *T. castaneum* e *S. zeamais*.

### 6.2 PERSPECTIVAS

Apesar dos resultados promissores com a utilização de CAB como repelente contra os insetos-praga de grãos e produtos armazenados, novos ensaios precisam ser realizados analisando a ação repelente nos insetos, em suas diferentes fases de vida, uma vez que adultos e larvas causam danos em lotes de grãos armazenados.

Novos ensaios precisam ser feitos para descobrir a concentração eficiente para causar 50% do efeito repelente máximo de CAB OL no *T. castaneum*.

Novas pesquisas também precisam ser feitas para analisar o efeito fagoestimulante e atrativo da fração aquosa (A6) e suas possíveis aplicações biotecnológicas.

Em paralelo estudos de ecotoxicidade, em organismos não alvo devem ser conduzidos, a fim de investigar os possíveis impactos no meio ambiente.

A composição química da biomassa CAB está sendo analisada, para então elucidar quais são os compostos bioativos e seus mecanismos de ação.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABOUELATTA, A. M., KERATUM, A. Y., AHMED, S. I., & EL-ZUN, H. M. Repellent, contact and fumigant activities of geranium (*Pelargonium graveolens* L.'Hér) essential oils against *Tribolium castaneum* (Herbst) and *Rhyzopertha dominica* (F.). **International Journal of Tropical Insect Science**, 2020.

ALI, S.; *et al.* 2021, Capítulo 8 - Environmental and Health Effects of Pesticide Residues. Sustainable Agriculture Reviews 48. Sustainable Agriculture Reviews. INAMUDDIN, AHAMED, M. I., & LICHTFOUSE, E. Springer Nature Switzerland. p. 311 - 330.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. Atlas de energia elétrica do Brasil, 3.ed., Brasília: Brasília, 2008. 236p.

BARRON, M.; ASHUROVA, Z. J.; KUKANIEV, M. A.; *et al.* Residues of organochlorine pesticides in surface soil and raw foods from rural areas of the Republic of Tajikistan. **Environ. Pollut.** v. 224, p. 494–502. 2017.

BOOTH, R. G.; COX, M. L.; MADGE, R. B. IIE guides to insects of importance to man 3. Coleoptera. **Wallingford: CAB International**, 1990. 384p.

BONANOMI, G.; JESU, G.; ZOTTI, M.; IDBELLA, M.; *et al.* Biochar-derived smoke-water exerts biological effects on nematodes, insects, and higher plants but not fungi. **Science of The Total Environment**, 142307. 2020.

BOSKOVIC, N.; BRANDSTATTER- SCHERR, K.; SEDLACEK, P. ;*et al.* Adsorption of epoxiconazole and tebuconazole in twenty different agricultural soils in relation to their properties. **Chemosphere**, v. 261, p. 127-637. 2020.

BRIDGWATER, A. 2003. Renewable fuels and chemicals by thermal processing of biomass. **Chemical Engineering Journal**, v. 91(2-3), p.87–102.

BRETVELD, R. W.; THOMAS, C. M.; SCHEEPERS, P. T.; *et al.* Pesticide exposure: the hormonal function of the female reproductive system disrupted?. **Reprod Biol Endocrinol**, 31(4):30. 2006.

BRUCE, A.; WILSON, N.; RANABHAT, S.; *et al.* A Biomass Pyrolysis Oil as a Novel Insect Growth Regulator Mimic for a Variety of Stored Product Beetles. **Journal of Economic Entomology**, v. 115(3), p. 877–887. 2022.

CÁCERES, L. A.; MC GARVEY, B. D.; BRIENS, C.; *et al.* Insecticidal properties of pyrolysis bio-oil from greenhouse tomato residue biomass. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis**, v. 112, p. 333-340. 2015.

CAMPBELL, J. F. *et al.* *Tribolium castaneum*: A Model Insect for Fundamental and Applied Research. **The Annual Review of Entomology**, v. 67, p. 347–65. 2022.

CARVALHO, F. P. **Pesticides, environment, and food safety**. Food Energy Secur, v 6, p 48–60, 2017.

CEPEA - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. Mensuração Econômica da Incidência de Pragas e Doenças no Brasil - Parte I. 2019. Disponível em: [https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/Cepea\\_EstudoPragaseDoencas\\_Parte%201.pdf](https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/Cepea_EstudoPragaseDoencas_Parte%201.pdf). Acesso em 15/02/2024.

CEPEA - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. Efeito do Não Tratamento de Pragas e Doenças Sob do Preços aos Consumidor de Produtos da Cadeia Produtiva de Soja. 2019. Disponível em: [https://croplifebrasil.org/wp-content/uploads/2019/10/Relat%C3%B3rio-CEPEA\\_Soja.pdf](https://croplifebrasil.org/wp-content/uploads/2019/10/Relat%C3%B3rio-CEPEA_Soja.pdf). Acesso em: 18/02/2024.

CEPEA - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. Sumário executivo PIB do Agronegócio 2023. Disponível em: [https://cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/C%C3%B3pia%20de%20PIB%20do%20Agroneg%C3%B3cio\\_Sum%C3%A1rio%20Executivo%20\(1\).pdf](https://cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/C%C3%B3pia%20de%20PIB%20do%20Agroneg%C3%B3cio_Sum%C3%A1rio%20Executivo%20(1).pdf). Acesso em 29/02/2024.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Boletim de Monitoramento Agrícola**, Brasília, DF, v. 11, n. 7, Abril 2024.

CORRÊA, J.C.R.; SALGADO, H.R.N. Atividade inseticida das plantas e aplicações: revisão. **Rev. Bras. Pl. Med**, v.13, n.4, p.500-506, 2011.

CORREIA, L. A.; *et al.* *Pachira aquatica* fruits shells valorization: renewables phenolics through analytical pyrolysis study (Py-GC/MS). **Ciência Rural**, v. 52(2), e. 20210068. 2022.

COSTA FILHO, D. V. *et al.* Aproveitamento de resíduos agroindustriais na elaboração de subprodutos. In: II **Congresso Internacional das Ciências Agrárias COINTER-PDVAgro 2017**. ISSN: 2526-7701.Oral. João Pessoa: Pernambuco, 2017, p. 1–8, 2017.

CRESPO, L. C.; RODRIGUES, C. T. Impactos da Política Nacional de Resíduos Sólidos na Qualidade de Vida: Uma Avaliação Nos Municípios Mineiros. **Revista Planejamento e Políticas Públicas**, n. 56, p. 105–132, 11 fev. 2021.

DASGUPTA, S.; MAMINGI, N. & MEISNER, C. Pesticide use in Brazil in the era of agroindustrialization and globalization. **Environment and Development Economics**, v 6(04). 2001.

DAMALAS, C.A.; ELEFTHEROHORINOS, I. Pesticide Exposure, Safety Issues, and Risk Assessment Indicators. **Journal Environ. Res. Public Health**. v. 8, p. 1402–1419. 2011.

DEMIRBAS, A. & ARIN, G. An overview of biomass pyrolysis. **Energy Sources**, v. 24, p. 471-482. 2002.

DESNEUX N, DECOURTYE A, DELPUECH JM. The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. **Annual Review Entomology**, v. 52, p. 81–106. 2007.

ELZEN, G. W., & HARDEE, D. D. 2003. United States Department of Agriculture-Agricultural Research Service research on managing insect resistance to insecticides. **Pest Management Science**, 59(6-7), 770–776.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Informação Tecnológica. 2015. Cultivo do Milho. Disponível em: [https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p\\_p\\_id=conteudoportlet\\_WAR\\_sistemaasdeproducaolf6\\_1ga1ceportlet&p\\_p\\_lifecycle=0&p\\_p\\_state=normal&p\\_p\\_mode=view&p\\_p\\_col\\_id=column-1&p\\_p\\_col\\_count=1&p\\_r\\_p\\_-76293187\\_sistemaProducaoId=7905&p\\_r\\_p\\_-996514994\\_topicoid=1316](https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemaasdeproducaolf6_1ga1ceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=1&p_r_p_-76293187_sistemaProducaoId=7905&p_r_p_-996514994_topicoid=1316). Acesso em: 02/03/2024.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2021. Pragas de Grãos Armazenados. <https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/milho/producao/colheita-e-pos-colheita/pragas-de-graos-armazenados> . Acesso em: 21/04/2024

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2021. AGROTÓXICOS NO BRASIL. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/agricultura-e-meio-ambiente/qualidade/dinamica/agrotoxicos-no-brasil> . Acesso em: 29/04/2024.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2022. Trajetória do Agro. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/10180/79759920/Trajeto%C3%B3ria+do+Agro.pdf/3be929da-b29d-8749-1cbf-ae4c45bc4308>. Acesso em: 09/06/2024.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Informação Tecnológica. 2024. Controle Biológico. Disponível em: <https://www.embrapa.br/tema-controle-biologico/sobre-o-tema>. Acesso em: 09/06/2024.

FAO - Food and Agriculture Organization. FAO no Brasil .2023. Disponível em: <https://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/pt/c/1639373/#:~:text=Todos%20os%20anos%2C%20at%C3%A9%2040,220%20bilh%C3%B5es%20no%20com%C3%A9rcio%20agr%C3%ADcola.&text=A%20Conven%C3%A7%C3%A3o%20Internacio>

nal%20de%20Prote%C3%A7%C3%A3o,pragas%20e%20doen%C3%A7as%20de%20plantas. Acesso em: 03/05/2024.

FARINHA CAMPOS, A. E. Monitoramento e Controle de Formigas. **Anais XII Reunião Itinerante de Fitossanidade do Instituto Biológico Pragas Agroindustriais**. Ribeirão Preto, 2005. 93p.

FOLLY, Evelize; *et al.* **Processo para Obtenção de uma Composição Bioinseticida**. Composição Bioinseticida e Usos da mesma, Carta Patente Nº BR 102019007434-5, 2021.

FONTES, L. S.; ALMEIDA FILHO, A. J. ; ARTHUR, V. 2003. Danos causados por *Sitophilus oryzae* (Linné, 1763) e *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1855 (Coleóptera: Curculionidae) em Cultivares de Arroz (*Oryza sativa* L.). **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 70, n. 3, p. 303-307.

FRAGOSO, D.B., GUEDES, R.N.C., PETERNELLI, L.A. Developmental rates and population growth of insecticide-resistant and susceptible populations of *Sitophilus zeamais*. **Journal of Stored Products Research**, v.41, p.271- 281, 2005.

FRANÇA S.M, BREDÁ M.O, BARBOSA D.R.S, ARAUJO A.M.N, GUEDES C.A. 2017.The sublethal effects of insecticides in insects. In.: Shields VDC (Ed.) **Biological control of pest and vector insect**. London: IntechOpen, p. 163-200.

FRANÇA, Yasmim. **Bioinseticida A Partir De Rejeitos De Biomassas: Uma Nova Vertente No Controle De Pragas Agropecuárias**. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso). Universidade Federal Fluminense. Niterói. 40p. 2022.

FRENCH-CONSTANT, R.H. *et al.* The genetics and genomics of insecticide resistance. **Trends Genet.** v. 20, p. 163-170. 2004.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; *et al.* **Entomologia agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 920 p.

GUEDES, R. N. C. Resistência a inseticidas: desafio para o controle de insetos de grãos armazenados. **Seiva**, v. 50, p.24-29, 1990.

GUEDES, R.N.C. Manejo integrado para a proteção de grãos armazenados contra insetos. **Revista Brasileira de Armazenamento**, v.15, p.3-48, 1991.

GHULAM, J.; SU, C. F. Laboratory Studies on Several Plant Materials as Insect Repellants for Protection of Cereal Grains, **Journal of Economic Entomology**, v. 76, p. 154–157. 1983.

HASSEMER MJ, SANT'ANA J, BORGES M, WITHALL D, PICKETT JA, OLIVEIRA MW, BLASSIOLI-MORAES MC. Revisiting the male-produced aggregation

pheromone of the lesser mealworm, *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera, Tenebrionidae): identification of a six-component pheromone from a Brazilian population. **Journal of agricultural and food chemistry**, 2016, 64(36), 6809-6818.

HEUSINKVELD, H. J.; THOMAS, G. O.; LAMOT, I.; *et al.* Dual actions of lindane ( $\gamma$ -hexachlorocyclohexane) on calcium homeostasis and exocytosis in rat PC12 cells. **Toxicol Appl Pharmacol**, v, 248, p. 12–19. 2010.

HILÁRIO, Carolina. **Interação entre *Tribolium castaneum* (Herbst) e fungos produtores de micotoxinas**. 2020. Dissertação (Mestrado em Engenharia Alimentar) - Universidade de Lisboa, Lisboa 2020. ISA, 2020, 62 p. Acesso em: 05/04/2024.

HUANG, Y.; LAM S.L.; HO S.H.. Bioactivities of essential oil from *Elletaria cardamomum* (L.) Maton. to *Sitophilus zeamais* (Motschulsky) and: *Tribolium castaneum* (Herbst). **Journal of Stored Products Research**, v. 36, p. 107-117, 2000.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Produção Agrícola. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/>. Acesso em: 02/03/2024.

JING, G.; MENGXIAO, L.; DONGLAN, W.; *et al.* Dissipation and distribution of chlorpyrifos in selected vegetables through foliage and root uptake. **Chemosphere**, v. 144, p. 201–206, 2016.

JUNIOR, S. V. Aproveitamento de resíduos agroindustriais: uma abordagem sustentável / Silvio Vaz Junior – Brasília, DF: Embrapa Agroenergia, 2020. 26 p. - (Embrapa Agroenergia / Documentos, 31).

KADIR, R. *et al.* Chemical characterization of pyrolysis liquids from *Dyera costulata* and evaluation of their bio-efficiency against subterranean termites, *Coptotermes curvignathus*. **European Journal of Wood and Wood Products**, 2021.

KAWASHIMA, L. M.; VALENTE SOARES, L. M. Incidência de fumonisina B 1, aflatoxinas B 1, B 2, G 1 e G 2, ocratoxina A e zearalenona em produtos de milho. **Ciencia e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 3, p. 516–521, 2006.

KIARIE-MAKARA, M. W., YOON, H.-S., & LEE, D.-K. Repellent efficacy of wood vinegar against *Culex pipiens pallens* and *Aedes togoi* (Diptera: *Culicidae*) under laboratory and semi-field conditions. **Entomological Research**, 40(2), 97–103, 2010.

KIMURA, Lygia Maestri. **Uma contribuição à pirólise de biomassa: avaliação de alguns resíduos da agroindústria como fonte de energia alternativa**. 2009. 105

f. Dissertação (Mestrado em Engenharias) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2009.

KOMATSU, R. K.; SANTOS, C. H. P. dos; SOUSA, J. C. de. Gestão de Resíduos: hábitos de descarte de resíduos derivados da produção agrícola das propriedades em assentamentos rurais / Waste Management: Waste Disposal Habits from Agricultural Production of Properties in Rural Settlements. *Revista de Psicologia*, v. 13, n. 44, p. 700–722, 2019.

LORINI, I. **Manejo integrado de pragas de grãos de cereais armazenados**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2008. 72 p.

LORINI, I. Perdas anuais em grãos armazenados chegam a 10% da produção nacional. *Revista Visão Agrícola*, n. 13, p. 127–129. 2015.

LORINI, I.; KRZYZANOWSKI F.C.; FRANÇA-NETO J.B.; HENNING A.A.; HENNING F.A. **Manejo integrado de pragas de grãos e sementes armazenadas**. Brasília, DF, Embrapa, 2015 84. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/129311/1/Livro-pragas.pdf>. Acesso em: 08/03/2024.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Informações Técnicas Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/agrotoxicos/informacoes-tecnicas>. Acesso em: 09/06/2024.

MARZO, C. et al. Valorization of agro-industrial wastes to produce hydrolytic enzymes by fungal solid-state fermentation. *Waste Management and Research*, v. 37, n. 2, p. 149–156, 2019.

MATTOS, C.; VELOSO, M.; ROMEIRO, G.A.; FOLLY, E. Biocidal applications trends of bio-oils from pyrolysis: characterization of several conditions and biomass, a review. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, v. 139, p. 1-12, 2019.

MATTOS, C.; ANDRADE, J.; PEIXOTO, B.S.; *et al.* Acaricidal Properties of Bio-Oil Derived From Slow Pyrolysis of *Crambe abyssinica* Fruit Against the Cattle Tick *Rhipicephalus microplus* (Acari: Ixodidae). *Frontiers in Physiology*, v. 12, p. 68522, 2021.

MATTOS, C.; ANDRADE, J.; OLIVEIRA, P.C.O.; *et al.* Fumigant activity of pyrolysis fractions derived from waste licuri's pericarp (*Syagrus coronata* - Arecaceae) in the control the red flour beetle *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). *Environmental Challenges*, v. 5, p. 100294, 2021.

MBOGO, C. N.; *et al.* The impact of permethrin impregnated bednets on malaria vectors of the Kenyan coast. *Med. Vet. Entomol*, v. 10, p. 251-259, 1996.

MELANDER, A.L. Can insects become resistant to sprays?. **Journal of Economic Entomology**, v. 7, p. 167-173, 1914.

MOHAN, D.; PITTMAN C.U.; STEELE, P.H. Pyrolysis of wood/biomass for bio-oil: acritical review. **Energy fuel**, v. 20(3), p. 848-889, 2006.

MOREIRA, Renata. **Estudo da pirólise lenta da casca da castanha de caju**. 2015. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Nuclear - Materiais) - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015. Acesso em: 05/03/2024.

MOTA-SANCHEZ, D.; WISE, J. C. The Arthropod Pesticide Resistance Database. Michigan State University. Disponível em: <https://www.pesticideresistance.org>. Acesso em: 08/03/2024.

NASCIMENTO, V.; *et al.* Agro-Industrial Waste: A Promising and Sustainable Alternative in the Production of Enzymes by Microorganisms. Congresso Internacional da Agroindústria. 2020.

NUNES, A., SCHMITZ; C., MOURA, S.; MARASCHIN, M. The use of pesticides in Brazil and the risks linked to human health / O uso de pesticidas no Brasil e os riscos associados à saúde humana. **Brazilian Journal of Development**, v.7(4), p. 37885–37904. 2021.

OLIVEIRA, C. M., AUAD, A. M., MENDES, S. M., FRIZZAS, M. R. Crop losses and the economic impact of insect pests on Brazilian agriculture. **Crop Protection**, v. 56, p. 50–54. 2014.

ONU - Organização das Nações Unidas. Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil. Disponível: <https://brasil.un.org/pt-br>. Acesso em: 05/03/2024.

ORAMAHI, H.A.; YOSHIMURA, T. Antifungal and antitermitic activities of wood vinegar from *Vitex pubescens* Vahl. **J. Wood Sci.**, v. 59, p. 344–350, 2013.

PACHECO, I.A., SARTORI, M.R., TAYLOR, R.W.D. Levantamento de resistência de insetos-praga de grãos armazenados à fosfina no Estado de São Paulo. **Coletânea do ITAL**, v.20, p.144-154, 1990.

PACHECO, I.A., SARTORI, M.R., BOLONHEZI, S. Resistance to malathion, pirimiphos methyl and fenitrothion in Coleoptera from stored grains. In: INTERNACIONAL WORKING CONFERENCE ON STORED-PRODUCT PROTECTION,5. Proceedings ... Bordeaux: INRA/SDPV,1991. P. 1029-1037.

PACHECO, I.A., SARTORI, M.R., BOLONHEZI, S. Resistência ao malatim, pirimifós-metilico e ao fenitrotim em coleópteros-pragas de grãos armazenados fase II. **Revista Brasileira de Armazenamento**, v.18, p. 32- 39, 1993.

PATRA J. K.; DAS, G.; CHOI. J.W.; BAEK, K.H. Antibacterial Effects of Pyrolysis Oil Against Salmonella Typhimurium and Escherichia coli. **Foodborne Pathog Dis.** v. 13(1), p. 13-20, 2016.

PRIANTO, A. H.; *et al.* Bioactivity of Neem Seed Oil mixed with Pyroligneous Acid from Rice Husks against *Spodoptera litura*. **Earth Environ. Sci.** v. 913, p. 012075, 2021.

QUINTAM, C.; ASSUNÇÃO, G. Perspectivas e Desafios do Agronegócio Brasileiro Frente ao Mercado Internacional. **RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar**, v. 4, n. 7, p. 473641, 2023.

RODRIGUES T. O.; ROUSSET. P.; VALE, A.T.; BROUST, F. Bio-óleo: Uma alternativa para valorização energética da biomassa. **Revista Brasileira de Energia**, v. 17(2), p. 39-58, 2011.

ROCHA, C.M.B.M.; *et al.* Percepção dos produtores de leite do município de Passos, MG, sobre o carrapato *Boophilus microplus* (Acari: Ixodidae). **Ciência Rural**, v, 36(4), p.1235-1242. 2006.

ROMEIRO GA, SALGADO EC, SILVA RVS, FIGUEIREDO MKK, PINTO PA, DAMASCENO RN. A study of pyrolysis oil from soluble coffee ground using low temperature conversion (LTC) process. **J Analyt Appl Pyrol**, 2012, 93:47-51.

SANTOS JC, FARONI LRD, SIMÕES RO, PIMENTEL MAG, SOUSA AH. Toxicidade de inseticidas piretróides e organofosforados para populações brasileiras de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 25, n. 6, p. 75-81, 2009.

SANTOS, D. F. L., FARINELLI, J. B. DE M., NEVES, M. H. Z., & BASSO, L. F. C. Inovação e Desempenho no Agronegócio: Evidências em uma Microrregião do Estado de São Paulo. **Desenvolvimento Em Questão**, v. 16(42), p. 442–483, 2017.

SARTORI, M.R., PACHECO, I.A., IADEROZA, M., TAYLOR, R.W.D. Ocorrência de especificidade de resistência ao inseticida malation em insetos-praga de grãos armazenados no estado de São Paulo. **Coletânea do ITAL**, v.20, p.195-209, 1990.

SARTORI, M.R., PACHECO, I.A., VILAR, M.G. Resistance to phosphine in stored grain insects in Brazil. In: **INTERNACIONAL WORKING CONFERENCE ON STORED-PRODUCT PROTECTION**, 5. Proceedings ... Bordeaux: INRA/SDPV, 1991. P.1041-1049.

SCHROEDER, P. *et al.* Chemical Evaluation via High-Resolution Techniques and Biopesticide Potential of Bio-Oil and Aqueous Phase from Slow Pyrolysis of Passion Fruit Seed Cake. **Waste and Biomass Valorization**, v. 14, p. 3621–3642. 2023.

SILVA, R.V.S.; PEREIRA, V. B.; STELZER, K. T., *et al.* Comprehensive study of the liquid products from slow pyrolysis of crambe seeds: Bio-oil and organic compounds of the aqueous phase. **Biomass and Bioenergy**, v. 123, p. 78–88, 2019.

SODERLUND, D.M., BLOOMQUIST, J.R. Molecular mechanisms of insecticide resistance. In: TABASHNIK, B.E., ROUSH, R.T. (Eds.). *Pesticide resistance in arthropods*. New York: Chapman and Hall, p. 58-96. 1990.

STEFANAZZI, N; STADLER, T; FERRERO, A. Composition and toxic, repellent and feeding deterrent activity of essential oils against the stored-grain pests *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) and *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae). **Pest Manag Sci**, v. 67(6), p. 639-46. 2011.

STEJSKAL, V.; VENDL, T.; AULICKY, R.; ATHANASSIOU, C. Synthetic and Natural Insecticides: Gas, Liquid, Gel and Solid Formulations for Stored-Product and Food-Industry. **Pest Control Insects**, v. 12, p. 590. 2021.

STONE, B.F., BROW, A.W. Mechanisms of resistance to fenthion in *Culex pipiens fatigans* Wied. **Bull World Health Organ**, v. 40, p. 401-408, 1969.

SUQI L, CACERES L, SCHIECK K, BOOKER CJ, MCGARVEY BM, YEUNG KK.-C, PARIENTE S, BRIENS C, BERRUTI F, SCOTT IM. Insecticidal Activity of Bio-oil from the Pyrolysis of Straw from Brassica spp. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 62:3610–3618. 2014.

TAKEMATSU, P.A. **Susceptibilidade de *Sitophilus zaemais* Motschulsky, 1855 (Coleoptera: Curculionidae) de diferentes regiões do estado de São Paulo, a inseticidas fosforados e piretróides em condições de laboratório**. Tese de Doutorado. Piracicaba: ESALQ, 1983. 77p.

TALUKDER, F.A.; HOWSE, P.E. Deterrent and Insecticidal Effects of Extracts of Pithraj, *Aphanamixis Polystachya* (Meliaceae), Against *Tribolium Castaneum* In Storage. **Journal of Chemical Ecology**, v. 19, n. 11, 1993.

TEKE, M. A., & MUTLU, Ç. Insecticidal and behavioral effects of some plant essential oils against *Sitophilus granarius* L. and *Tribolium castaneum* (Herbst). **Journal of Plant Diseases and Protection**, 128(1), 109–119.2020.

TSENG, Y. L.; DAVIDSON, J. A.; MENZER, R. E. Morphology and Chemistry of the Odoriferous Gland of the Lesser Mealworm, *Alphitobius diaperinus* ( Coleoptera :

Tenebrionidae). **ANNALS OF THE ENTOMOLOGICAL SOCIETY OF AMERICA**, p. 425–430, 1971.

TURUSOV, V.; RAKITSKY, V.; TOMATI, L. Dichlorodiphenyltrichloroethane (DDT): ubiquity, persistence, and risks. **Environ Health Perspect**, v. 110, p. 125–128. 2002

URRUTIA, R.; GUTIERREZ, V.; STEFANAZZI, V.; *et al.* Pyrolysis liquids from lignocellulosic biomass as a potential tool for insect pest management: A comprehensive review. **Industrial Crops and Products**, v. 177, p. 114-533, 2022.

URRUTIA, R.; YEGUERMAN, C.; JESSER, E.; *et al.* Sunflower seed hulls was te as a novel source of insecticidal product: Pyrolysis bio-oil bioactivity on insect pests of stored grains and products. **Journal of Cleaner Production**, 2020.

USDA - United States Department of Agriculture. 2024. Commodity Explorer. Disponível em: <https://ipad.fas.usda.gov/cropexplorer/cropview/Default.aspx>. Acesso em: 08/03/2024.

VENTURA, Alexander. **Potencial Biotecnológico dos Rejeitos de Biomassa no Controle de Insetos Pragas**. Dissertação (Mestrado em Ciências e Biotecnologia) – Programa de Pós-Graduação em Ciências e Biotecnologia (PPBI), Universidade Federal Fluminense. Niterói. 136p. 2019.

VENTURA, Alexander. **Produtos Obtidos por Termoconversão como Potenciais Inseticidas Contra Pragas de Importância Econômica na Agropecuária**. Tese (Doutorado em Ciências e Biotecnologia) – Programa de Pós-Graduação em Ciências e Biotecnologia (PPBI), Universidade Federal Fluminense. Niterói. 136p. 2023.

VIEIRA, Natália Fernandes. **Toxicidade e efeitos subletais de produtos químico, biológico e botânico para *Putella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) e otimização na técnica de criação em condições de laboratório**. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. 127 p. 2022.

WAHBA, T. F.; HESHAM, M. A.; HASSAN, N. A. The antifeedant properties of bio-oil from *Cupressus sempervirens* against rice weevil (*Sitophilus oryzae*) compared to that of Myrrh and Frankincense oils. **Egypt. J. Agric. Res.**, v. 101 (2), p. 331-341, 2023.

WORLD HEALTH ORGANIZATION EXPERT COMMITTEE ON PESTICIDES. W.H.O technical report, 7<sup>o</sup>. Roma: WHO, 1957. 125p.

ZETTLER, L. J.; CUPERNUS, G. W. Pesticide Resistance in *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) and *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae) in Wheat, **Journal of Economic Entomology**, v. 83 (5), p. 1677–1681. 1990.

