



CRESCIMENTO POPULACIONAL DE INSETOS-PRAGA EM RAÇÕES DESTINADAS  
AO CONSUMO ANIMAL E INFLUÊNCIA NA SUA QUALIDADE NUTRICIONAL

**Gabriel Machado Franco**

**SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO DO  
ESTADO DE SÃO PAULO  
AGÊNCIA PAULISTA DE TECNOLOGIA DOS AGRONEGÓCIOS  
INSTITUTO BIOLÓGICO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SANIDADE, SEGURANÇA ALIMENTAR  
E AMBIENTAL NO AGRONEGÓCIO**

CRESCIMENTO POPULACIONAL DE INSETOS-PRAGA EM RAÇÕES DESTINADAS  
AO CONSUMO ANIMAL E INFLUÊNCIA NA SUA QUALIDADE NUTRICIONAL

**GABRIEL MACHADO FRANCO**

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em  
Sanidade, Segurança Alimentar e Ambiental no Agronegócio.  
Área de concentração: Segurança Alimentar e Sanidade no  
Agroecossistema.

São Paulo  
2023

**GABRIEL MACHADO FRANCO**

**CRESCIMENTO POPULACIONAL DE INSETOS-PRAGA EM RAÇÕES DESTINADAS  
AO CONSUMO ANIMAL E INFLUÊNCIA NA SUA QUALIDADE NUTRICIONAL**

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Sanidade, Segurança Alimentar e Ambiental no Agronegócio.

Área de concentração: Segurança Alimentar e Sanidade no Agroecossistema.

Orientador: Prof. Dr. Mario Eidi Sato

São Paulo

2023

Eu **Gabriel Machado Franco**, autorizo o Instituto Biológico (IB-APTA), da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, a disponibilizar gratuitamente e sem ressarcimento dos direitos autorais, o presente trabalho acadêmico de minha autoria, no portal, biblioteca digital, catálogo eletrônico ou qualquer outra plataforma eletrônica do IB para fins de leitura, estudo, pesquisa e/ou impressão pela Internet desde que citada a fonte.

Assinatura: \_\_\_\_\_ Data \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo**  
**Núcleo de Documentação Científica – IB**

---

Franco, Gabriel Machado.

Crescimento populacional de insetos-praga em rações destinadas ao consumo animal e influência na sua qualidade nutricional. / Gabriel Machado Franco. - São Paulo, 2023.

65 p.

doi: 10.31368/PGSSAAA.2023D.GF07

Dissertação (Mestrado). Instituto Biológico (São Paulo). Programa de Pós-Graduação.

Área de concentração: Segurança Alimentar e Sanidade no Agroecossistema.

Linha de pesquisa: Manejo integrado de pragas e doenças em ambientes rurais e urbanos.

Orientador: Mário Eidi Sato

Versão do título para o inglês: Population growth of insect pests in animal feed and influence on their nutritional quality.

1. *Tribolium castaneum* 2. *Lasioderma serricorne* 3. *Sitophilus* spp 4. *Plodia interpunctella* 5. *Ephestia cautella* I. Franco, Gabriel Machado II. Sato, Mário Eid III. Instituto Biológico (São Paulo) IV. Título.

IB/Bibl./2023/07

---

## FOLHA DE APROVAÇÃO

Nome: Gabriel Machado Franco

Título: Crescimento populacional de insetos-praga em rações destinadas ao consumo animal e influência na sua qualidade nutricional

Dissertação apresentado ao Programa de Pós-graduação em Sanidade, Segurança Alimentar e Ambiental no Agronegócio do Instituto Biológico, Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo para a obtenção de título de Mestre em Sanidade, Segurança Alimentar e Ambiental no Agronegócio.

Aprovado em: 13 / 07 / 2023

### Banca Examinadora

Prof. Dr. Mário Eidi Sato

Instituição: Instituto Biológico

Julgamento: Aprovado Assinatura: 

Prof. Dr. Odair Correa Bueno

Instituição: UNESP Rio Claro

Julgamento: Aprovado Assinatura: 

Prof. Dr. Miguel Francisco de Souza Filho

Instituição: Instituto Biológico

Julgamento: Aprovado Assinatura: 

## DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho aos meus pais, Maria Aparecida Machado Franco e Fernando Augusto Costa Franco, muito obrigado por sempre acreditar em mim e me apoiarem, sem vocês nunca teria chegado até aqui.

Ao Dr. Marcos Roberto Potenza (*in memoriam*), sem ele jamais teria essa oportunidade. Por todos os ensinamentos, pela confiança depositada e incentivo desde os tempos da graduação.

Ao Prof. Me. Francisco José Zorzenon, a quem muito admiro, por todos os ensinamentos, os quais não só colaboraram para minha formação acadêmica e profissional, mas também para o meu desenvolvimento como pessoa, pela paciência e todo auxílio prestado durante essa jornada.

Ao meu orientador, Dr. Mario Eidi Sato, pela oportunidade, ensinamentos, por todo apoio e confiança depositada e incentivo durante esta jornada.

## AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Biológico, pela oportunidade e apoio em todas as etapas deste trabalho.  
A todos os docentes do curso e colegas de turma, meus mais sinceros  
reconhecimentos.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) –  
pelo apoio ao trabalho - Código de Financiamento 001 (bolsa de mestrado)

Aos meus mais que amigos e colegas de laboratório, auxiliar Maria Solange G. S.  
Malheiros e ao técnico Adriano Marcelino de Alencar, por todo apoio, amizade e incentivo.

Agradeço as minhas irmãs, Fernanda Machado Franco e Amanda Machado Franco,  
pelo constante apoio e incentivo, e por sempre acreditarem em mim.

A minha namorada, Lavínia Aranha Jacometo, pelo constante apoio, incentivo e acima  
de tudo, amor e amizade.

Aos meus irmãos, Marcelo Milauskas e Vinicius Rodrigues pela amizade  
incondicional cultivada por quase uma década.

Ao meu mais que amigo e mestre, Prof. Me. Edson Cinaqui Filho, pela amizade e  
ensinamentos desde o início da graduação.

Aos meus grandes amigos, Yuri Bigaton, Marcelo Ribeiro, Victor Bonalda, Marina  
Sokabe, Felipe Manzari, Aldrey Scheir, Henrique Lemos, Rodrigo Plaza e Enzo Emidio, por  
todo apoio, amizade e bons momentos cultivados.

A todos os meus “companheiros de clã”, em especial aos amigos Bruno Perini, Gabriel  
Jordani, André Nesteru, Bruno Carvalho e Vinícius França.

A todos que não foram citados, porém colaboraram direta ou indiretamente durante  
todas as etapas dessa jornada, tanto para minha formação profissional como para minha  
formação pessoal.

MUITO OBRIGADO!!!

## RESUMO

FRANCO, Gabriel Machado. **Crescimento populacional de insetos-praga em rações destinadas ao consumo animal e influência na sua qualidade nutricional**. 2023. 65 f. Dissertação (Mestrado em Sanidade, Segurança Alimentar e Ambiental no Agronegócio). Instituto Biológico, Agência Paulista de Tecnologia do Agronegócio, Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, São Paulo, 2023.

Segundo o Sindicato Nacional da Indústria de Alimentação Animal (Sindirações), houve um crescimento de aproximadamente 5% na produção de alimento animal em 2020, em relação a 2019, com um total de 81,5 milhões de toneladas (t), com destaque para as rações para frangos de corte (34,1 milhões de t) e poedeira (7,2 milhões de t). Em 2022, estima-se uma produção de 35,8 milhões de toneladas de ração para frangos de corte e 6,9 milhões de toneladas de ração para poedeira. O setor de alimentos para animais domésticos (cães e gatos) também demonstra ser um importante segmento econômico para o Brasil, o qual vem crescendo ao longo dos anos, tendo faturado aproximadamente 28,2 bilhões em 2021. O presente trabalho teve por objetivo avaliar o crescimento populacional de seis espécies consideradas pragas de produtos armazenados: *Tribolium castaneum* (Herbst, 1797); *Lasioderma serricorne* (Fabricius, 1792); *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1885; *Sitophilus oryzae* (Linnaeus, 1763); *Plodia interpunctella* (Hübner, 1813) e *Ephestia cautella* (Walker, 1863), em oito tipos diferentes de rações destinadas a alimentação animal, sendo três rações para cães, classificadas em Standard, Premium e Super Premium, quatro rações para aves: crescimento e manutenção de frangos de corte, poedeira e codorna e uma ração para coelhos. Foi analisada também a influência dos insetos-praga sobre a qualidade nutricional das rações avaliadas. Dez insetos adultos não sexados de cada uma das espécies foram confinados em potes com tampas devidamente teladas, contendo 150 gramas de cada uma das rações avaliadas. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com seis repetições por espécie de inseto-praga. Também foram realizadas seis repetições (testemunhas) dos substratos utilizados nas criações massais dos insetos. As parcelas foram mantidas em sala de criação climatizada, com temperatura de  $27 \pm 2^\circ \text{C}$  e umidade relativa de  $60 \pm 10\%$ , durante um período de 60 dias. A espécie *T. castaneum* apresentou crescimento populacional em seis tipos de rações. *Lasioderma serricorne* apresentou aumento populacional nas rações para aves (com exceção da ração de manutenção de frangos) e de coelho. *Plodia interpunctella* conseguiu se desenvolver apenas nas rações canina Standard e de manutenção de frango, enquanto que, *E. cautella*, apenas em rações de poedeira, caninas Standard e Premium, porém sem aumentos populacionais. *Sitophilus oryzae* e *S. zeamais* não conseguiram se desenvolver em nenhuma das rações avaliadas. Todas as espécies avaliadas apresentaram crescimento populacional significativo em seus substratos de criação. Para as rações de manutenção de frangos, poedeira, codorna e caninas Standard, Premium e Super Premium, houve aumento na infestação de *T. castaneum* nas rações previamente infestadas com *E. cautella*. Análises bromatológicas indicaram perdas na qualidade das rações infestadas por insetos-praga (*T. castaneum*, *P. interpunctella*), com reduções principalmente nos teores de proteína.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Tribolium castaneum*, *Lasioderma serricorne*, *Sitophilus* spp., *Plodia interpunctella*, *Ephestia cautella*

## ABSTRACT

FRANCO, Gabriel Machado. **Population growth of insect pests in animal feed and influence on their nutritional quality.** 2023. 65 f. Dissertação (Mestrado em Sanidade, Segurança Alimentar e Ambiental no Agronegócio). Instituto Biológico, Agência Paulista de Tecnologia do Agronegócio, Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, São Paulo, 2022.

According to the National Union of the Animal Feed Industry (Sindirações), there was an increase of approximately 5% in the production of animal feed in 2020, compared to 2019, with a total of 81.5 million tons (t), with emphasis on feed for broilers (34.1 million t) and laying hens (7.2 million t). In 2022, it is estimated a production of 35.8 million tons of feed for broiler chickens and 6.9 million tons of feed for laying hens. The food sector for domestic animals (dogs and cats) also proves to be an important economic segment for Brazil, which has been growing over the years, having invoiced approximately 28.2 billion in 2021. The present work aimed to evaluate the population growth of six species considered pests of stored products: *Tribolium castaneum* (Herbst, 1797); *Lasioderma serricorne* (Fabricius, 1792); *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1885; *Sitophilus oryzae* (Linnaeus, 1763); *Plodia interpunctella* (Hübner, 1813) and *Ephestia cautella* (Walker, 1863), in eight different types of animal feed, three dog feeds, classified as Standard, Premium and Super Premium, four poultry feeds: growth and maintenance of broilers, laying hens and quails and a feed for rabbits. The influence of insect pests on the nutritional quality of the evaluated diets was also analyzed. Ten unsexed adult insects of each species were confined in pots with properly screened lids, containing 150 grams of one of the evaluated diets. The experimental design was completely randomized with six replications per species of insect pest. Six repetitions of the substrate used in mass rearing of insects were also prepared. The plots were kept in an acclimatized rearing room, at a temperature of  $27 \pm 2^\circ\text{C}$  and relative humidity of  $60 \pm 10\%$ , for a period of 60 days. The species *T. castaneum* showed growth in six types of diets. *Lasioderma serricorne* showed a population increase in poultry (with the exception of chicken maintenance) and rabbit feeds. *Plodia interpunctella* was able to develop only in standard canine and chicken maintenance rations, while *E. cautella*, only in laying hen, standard and premium canine rations, but without population increases. *Sitophilus oryzae* and *S. zeamais* failed to develop in any of the evaluated diets. All evaluated species showed significant population growth in their rearing substrates. For maintenance rations for chickens, laying hens, quails and Standard, Premium and Super Premium canine rations, there was an increase in the infestation of *T. castaneum* in the rations previously infested with *E. cautella*. Bromatological analyzes indicated losses in the quality of diets infested by insect pests (*T. castaneum*, *P. interpunctella*), with reductions mainly in protein contents.

**KEY WORDS:** *Tribolium castaneum*, *Lasioderma serricorne*. *Sitophilus* spp., *Plodia interpunctella*, *Ephestia cautella*

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Adulto de <i>Tribolium castaneum</i> – Vista dorsal. ....	16
Figura 2. Adulto de <i>Lasioderma serricorne</i> – Vista lateral.....	18
Figura 3. Adulto de <i>Sitophilus</i> sp. – Vista dorsal. ....	21
Figura 4. Adulto de <i>Plodia interpunctella</i> – Vista dorsal.....	23
Figura 5. Adulto de <i>Ephestia cautella</i> - Vista dorsal. ....	26
Figura 6. Parcelas experimentais mantidas em sala climatizada. ....	32
Figura 7. Peneiras de diferentes granulometrias (7A), Aspirador entomológico (7B), Contador manual (7C), Peneiração de ração (7D).....	32
Figura 8. Número de insetos (média ± EP) de insetos de diferentes espécies (em dietas específicas para criação): <i>Tribolium castaneum</i> (Farelo de Trigo + Farinha de Trigo), <i>Sitophilus oryzae</i> (Arroz), <i>Sitophilus zeamais</i> (Milho de Pipoca), <i>Lasioderma serricorne</i> (Fubá), <i>Plodia interpunctella</i> (Farinha de Trigo + Farelo de Trigo + Gérmen de Trigo + Farelo de Aveia) e <i>Ephestia cautella</i> (Farinha de Trigo + Farelo de Trigo + Gérmen de Trigo + Farelo de Aveia), no início do experimento (0 dia) e aos 60 dias após a infestação. Colunas seguidas por letras distintas diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.....	36
Figura 9. Número de insetos (média ± EP) de insetos das espécies <i>Tribolium castaneum</i> , <i>Sitophilus oryzae</i> , <i>Sitophilus zeamais</i> , <i>Lasioderma serricorne</i> , <i>Plodia interpunctella</i> e <i>Ephestia cautella</i> , em ração de crescimento (CR) de frango, no início do experimento (0 dia) e aos 60 dias após a infestação. Colunas seguidas por letras distintas diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.....	37
Figura 10. Número de insetos (média ± EP) de insetos das espécies <i>Tribolium castaneum</i> , <i>Sitophilus oryzae</i> , <i>Sitophilus zeamais</i> , <i>Lasioderma serricorne</i> , <i>Plodia interpunctella</i> e <i>Ephestia cautella</i> , em ração de manutenção (M) de frango, no início do experimento (0 dia) e aos 60 dias após a infestação. Colunas seguidas por letras distintas diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.....	38

Figura 11. Número de insetos (média  $\pm$  EP) de insetos das espécies *Tribolium castaneum*, *Sitophilus oryzae*, *Sitophilus zeamais*, *Lasioderma serricorne*, *Plodia interpunctella* e *Ephestia cautella*, em ração de poedeira (PO), no início do experimento (0 dia) e aos 60 dias após a infestação. Colunas seguidas por letras distintas diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância..... 39

Figura 12. Número de insetos (média  $\pm$  EP) de insetos das espécies *Tribolium castaneum*, *Sitophilus oryzae*, *Sitophilus zeamais*, *Lasioderma serricorne*, *Plodia interpunctella* e *Ephestia cautella*, em ração de coelho (CO), no início do experimento (0 dia) e aos 60 dias após a infestação. Colunas seguidas por letras distintas diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância..... 40

Figura 13. Número de insetos (média  $\pm$  EP) de insetos das espécies *Tribolium castaneum*, *Sitophilus oryzae*, *Sitophilus zeamais*, *Lasioderma serricorne*, *Plodia interpunctella* e *Ephestia cautella*, em ração de codorna (CD), no início do experimento (0 dia) e aos 60 dias após a infestação. Colunas seguidas por letras distintas diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância..... 41

Figura 14. Número de insetos (média  $\pm$  EP) de insetos das espécies *Tribolium castaneum*, *Sitophilus oryzae*, *Sitophilus zeamais*, *Lasioderma serricorne*, *Plodia interpunctella* e *Ephestia cautella*, em ração canina Standard, no início do experimento (0 dia) e aos 60 dias após a infestação. Colunas seguidas por letras distintas diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância..... 42

Figura 15. Número de insetos (média  $\pm$  EP) de insetos das espécies *Tribolium castaneum*, *Sitophilus oryzae*, *Sitophilus zeamais*, *Lasioderma serricorne*, *Plodia interpunctella* e *Ephestia cautella*, em ração canina Premium, no início do experimento (0 dia) e aos 60 dias após a infestação. Colunas seguidas por letras distintas diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância..... 43

Figura 16. Número de insetos (média  $\pm$  EP) de insetos das espécies *Tribolium castaneum*, *Sitophilus oryzae*, *Sitophilus zeamais*, *Lasioderma serricorne*, *Plodia interpunctella* e *Ephestia cautella*, em ração canina Super Premium, no início do experimento (0 dia) e aos 60 dias após a infestação. Colunas seguidas por letras distintas diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância..... 44

Figura 17. Número de insetos (média  $\pm$  EP) da espécie *Tribolium castaneum* em dieta específica para criação do inseto, ração de crescimento (CR) de frango, ração de manutenção (M) de frango, ração de poedeira (PO), ração de coelho (CO), ração de codorna (CD), ração canina Standard, ração canina Premium, ração canina Super Premium, no início do experimento (0 dia) e aos 60 dias após a infestação. Colunas seguidas por letras distintas diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância..... 45

Figura 18. Número de insetos (média  $\pm$  EP) da espécie *Sitophilus oryzae* em dieta específica para criação do inseto, ração de crescimento (CR) de frango, ração de manutenção (M) de frango, ração de poedeira (PO), ração de coelho (CO), ração de codorna (CD), ração canina Standard, ração canina Premium, ração canina Super Premium, no início do experimento (0 dia) e aos 60 dias após a infestação. Colunas seguidas por letras distintas diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância... ..... 46

Figura 19. Número de insetos (média  $\pm$  EP) da espécie *Sitophilus zeamais* em dieta específica para criação do inseto, ração de crescimento (CR) de frango, ração de manutenção (M) de frango, ração de poedeira (PO), ração de coelho (CO), ração de codorna (CD), ração canina Standard, ração canina Premium, ração canina Super Premium, no início do experimento (0 dia) e aos 60 dias após a infestação. Colunas seguidas por letras distintas diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.. ..... 47

Figura 20. Número de insetos (média  $\pm$  EP) da espécie *Lasioderma serricorne* em dieta específica para criação do inseto, ração de crescimento (CR) de frango, ração de manutenção (M) de frango, ração de poedeira (PO), ração de coelho (CO), ração de codorna (CD), ração canina Standard, ração canina Premium, ração canina Super Premium, no início do experimento (0 dia) e aos 60 dias após a infestação. Colunas seguidas por letras distintas diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância..... 48

Figura 21. Número de insetos (média  $\pm$  EP) da espécie *Plodia interpunctella* em dieta específica para criação do inseto, ração de crescimento (CR) de frango, ração de manutenção (M) de frango, ração de poedeira (PO), ração de coelho (CO), ração de codorna (CD), ração canina Standard, ração canina Premium, ração canina Super Premium, no início do experimento (0 dia) e aos 60 dias após a infestação. Colunas seguidas por letras distintas diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância..... 49

Figura 22. Número de insetos (média  $\pm$  EP) da espécie *Ephestia cautella* em dieta específica para criação do inseto, ração de crescimento (CR) de frango, ração de manutenção (M) de frango, ração de poedeira (PO), ração de coelho (CO), ração de codorna (CD), ração canina Standard, ração canina Premium, ração canina Super Premium, no início do experimento (0 dia) e aos 60 dias após a infestação. Colunas seguidas por letras distintas diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância... ..... 50

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Comparativo dos valores nutricionais dos três tipos de rações caninas.. .....	29
Tabela 2. Comparativo entre os valores nutricionais dos diferentes tipos de rações para aves e coelho. ....	30
Tabela 3. Dieta de criação de cada espécie avaliada. ....	31
Tabela 4. Número (média $\pm$ EP) de insetos-praga ( <i>Tribolium castaneum</i> , <i>Sitophilus oryzae</i> , <i>Sitophilus zeamais</i> , <i>Lasioderma serricorne</i> , <i>Plodia interpunctella</i> , <i>Ephestia cautella</i> ), após 60 dias da infestação em dieta específica para criação de cada inseto, ração de crescimento (CR) de frango, ração de manutenção (M) de frango, ração de poedeira (PO), ração de coelho (CO), ração de codorna (CO), ração canina Standard, ração canina Premium, ração canina Super Premium... ..	35
Tabela 5. Número (média $\pm$ EP) de insetos-praga ( <i>Tribolium castaneum</i> ), após 60 dias do início da infestação em diferentes tipos de ração [de crescimento (CR) de frango, de manutenção (M) de frango, de poedeira (PO), de coelho (CO), de codorna (CO), canina Standard, canina Premium, canina Super Premium] previamente infestada ou não por <i>Ephestia cautella</i> .... ..	51
Tabela 6. Número (média $\pm$ EP) de insetos-praga ( <i>Plodia interpunctella</i> , <i>Tribolium castaneum</i> ) após 60 dias do início da infestação, teores (porcentagens em relação ao controle) de carboidratos, proteínas e lipídeos, em diferentes tipos de ração [canina Standard, de poedeira (PO), de manutenção (M) e de crescimento (CR) de frango..... ..	53

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	10
2. OBJETIVOS .....	12
2.1 Geral .....	12
2.2 Específicos .....	12
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	13
3.1 Pragas de Produtos Armazenados.....	13
3.2 Aspectos biológicos e comportamentais.....	16
3.2.1 <i>Tribolium castaneum</i> (Herbst, 1797) (Coleoptera: Tenebrionidae) .....	16
3.2.2 <i>Lasioderma serricorne</i> (Fabricius, 1792) (Coleoptera: Ptinidae) .....	18
3.2.3 <i>Sitophilus zeamais</i> Motschulsky, 1885 (Coleoptera: Dryophthoridae) e <i>Sitophilus oryzae</i> Linnaeus, 1763 (Coleoptera: Dryophthoridae) .....	21
3.2.4 <i>Plodia interpunctella</i> (Hubner, 1813) (Lepidoptera: Pyralidae) .....	23
3.2.5 <i>Ephestia cautella</i> (Walker, 1863) (Coleoptera: Pyralidae) .....	25
3.3 Qualidade e Bromatologia .....	27
4. MATERIAL E MÉTODOS .....	29
4.1 Crescimento populacional de insetos-praga em rações para alimentação animal .....	29
4.1.1 Coleta das amostras .....	29
4.1.2 Verificação da ocorrência de insetos .....	30
4.1.3 Avaliação do desenvolvimento e crescimento populacional de insetos-praga .....	31
4.1.4 Contagem de adultos da geração F1 .....	32
4.1.5 Análise estatística dos resultados .....	33
4.2 Crescimento populacional de <i>T. castaneum</i> em substrato danificado .....	34
4.3 Análise bromatológica de amostras de ração.....	34
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
5.1 Crescimento populacional de insetos-praga em rações para alimentação animal .....	35
5.2 Crescimento populacional de <i>T. castaneum</i> em substrato danificado.....	51

5.3 Análise bromatológica de amostras de ração.....	53
6. CONCLUSÕES .....	55
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	56
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	57

## 1. INTRODUÇÃO

O setor de confecção de rações industrializadas demonstra ser um importante segmento econômico para o Brasil, o qual vem aumentando ao longo dos anos.

De acordo com os dados mais recentes da ABINPET – Associação Brasileira da Indústria de Produtos para Animais de Estimação (2022), em 2022 a indústria brasileira de produtos para animais domésticos faturou aproximadamente R\$ 41,96 bilhões. O Brasil representa 4,5% do faturamento do mercado mundial (139,2 US\$ bilhões) ocupando a 6ª colocação. Ainda segundo a ABINPET (2022), desses R\$ 41,96 bilhões, 80% estão vinculados ao setor de produtos alimentícios “Pet Food”, seguido de serviços/cuidados veterinários (14%) e equipamentos e produtos de higiene (6%). Já as importações diminuíram em 5,9% em relação a 2021, permanecendo mais alta que anos anteriores, devido ao crescimento de 58,2% que 2021 apresentou em relação a 2020. Esses dados representam aumentos significativos quando comparados a 2010, cujo faturamento foi de R\$ 11 bilhões, divididos entre alimentação (66%), serviços (20%), equipamentos e produtos de higiene (8%) e medicamentos veterinários (6%).

De acordo com o Instituto Pet Brasil (2021) existem cerca de 39.589 lojas “Pet Shop” de varejo especializado no Brasil, das quais 31.860 (80,5%) são consideradas lojas de vizinhança, formando a base da pirâmide de participação no faturamento do setor de produtos “Pet”. Caso não adotem medidas de limpeza e monitoramento, essas lojas de varejo podem se tornar potenciais focos de infestação de pragas de produtos armazenados. Dentre os produtos que fazem parte do segmento, estão as rações industrializadas para animais de companhia e rações para criação de pequenos animais de corte, como aves e coelhos.

Segundo o Sindicato Nacional da Indústria de Alimentação Animal (SINDIRAÇÕES), houve um crescimento de aproximadamente 5% na produção de alimento animal em 2020, em relação a 2019, com um total de 81,5 milhões de toneladas (t), com destaque para as rações para frangos de corte (34,1 milhões de t), suínos (18,8 milhões de t), poedeiras (7,2 milhões de t), bovinos leiteiros (6,4 milhões de t) e bovinos de corte (5,7 milhões de t).

Os ingredientes base utilizados na fabricação das rações industrializadas são de origem animal e vegetal, oriundos das cadeias produtivas do agronegócio. Os principais produtos são as farinhas de carne e ossos, de peixes, de penas, de sangue, farelo de algodão, de arroz, de trigo, de soja, gérmen de milho, milho em grão, sorgo, calcário, fosfato bi cálcio, aditivos e ingredientes de fontes sintéticas (STRINGHINI, 2001).

De acordo com Boletim da Safra de Grãos da Conab – Companhia Nacional de Abastecimento (2023), a estimativa de produção de grãos para o ano de 2023, aponta para uma produção de 315,8 milhões de toneladas, crescimento de 15,8% ou 43,2 milhões de toneladas sobre a safra anterior. A soja se destaca com o maior crescimento, com a estimativa mostrando um volume colhido de 155,7 milhões de toneladas, seguida do milho, com 125,7 milhões de toneladas. A produção de arroz está estimada em 10 milhões de toneladas, e a produção de trigo em 9,8 milhões de toneladas.

De acordo com o boletim informativo de dezembro de 2022 publicado pela SINDIRAÇÕES, a demanda de rações para frangos de corte de janeiro a setembro alcançou 26,7 milhões de toneladas e avançou 0,5%, a previsão foi produzir 35,8 milhões de toneladas ao longo de 2022. Para poedeira, a produção de rações entre janeiro e setembro somou quase 5,1 milhões de toneladas e foi esperado alcançar 6,9 milhões de toneladas até o final do ano. A demanda de alimentos para cães e gatos aproximou-se de 2,5 milhões de toneladas, de janeiro a setembro. Espera-se um crescimento de 6,5% na produção de ração para cães e gatos em relação a 2021, estimando-se cerca de 3,7 milhões de toneladas (SINDIRAÇÕES, 2022).

Muitas espécies de insetos e ácaros são importantes pragas de produtos armazenados de origem animal e vegetal, podendo ocorrer em toda cadeia de produção e comercialização de cereais, grãos e proteína animal. Se medidas de prevenção, monitoramento e controle não forem adotadas, estas pragas poderão chegar ao produto final e ao consumidor. Rações comercializadas a granel, comuns em lojas de pequeno porte possuem importância econômica nesse segmento, e podem se tornar potenciais disseminadores. O problema pode se tornar permanente nas lojas, causando significativas perdas de ordem qualitativa e quantitativa (RAMOS, 2009).

A maneira como enxergamos os animais é alterada com o passar dos séculos e a modernização. Eles passam a ser menos vistos como objetos decorativos e de diversão, e passam a ser mais valorizados como companhia. No Brasil, os hábitos de alimentação de animais de estimação também passam por transformações. Até meados de 1980 as indústrias de ração animal eram escassas e havia poucos investimentos (MAZON; MOURA, 2017).

Dois fatores contribuíram para a expansão do segmento: o poder aquisitivo das populações dos grandes centros aumentou e os padrões de consumo se sofisticaram. Houve também a mudança de hábitos em favor dos alimentos industriais, devido ao fato destes proporcionarem alimentação sadia, equilibrada, com a dosagem correta de nutrientes para cada tipo de animal e também devido a praticidade (MAZON; MOURA, 2017).

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Geral**

- Avaliar o crescimento populacional das pragas de produtos armazenados *Tribolium castaneum*, *Sitophilus oryzae*, *Sitophilus zeamais*, *Lasioderma serricorne*, *Plodia interpunctella* e *Ephestia cautella*, em diferentes tipos de rações destinadas a alimentação animal, e a influência desses insetos na qualidade nutricional das rações.

### **2.2 Específicos**

- a. Avaliar a possível ocorrência prévia de insetos-praga nas rações adquiridas.
- b. Realizar uma análise comparativa da capacidade reprodutiva das espécies nas rações avaliadas e em seu substrato de criação em laboratório.
- c. Avaliar a qualidade nutricional de amostras de rações após a infestação por 60 dias dos insetos-praga.

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 Pragas de Produtos Armazenados

As pragas de grãos e produtos armazenados de maior importância econômica são os besouros (Ordem Coleoptera) e traças (Ordem Lepidoptera), infestando diversos produtos, dentre eles: grãos, sementes, farinhas, café, chocolate, rações animais, frutas desidratadas, coco, queijos, peixes secos, carnes secas e defumadas (PACHECO; PAULA, 1995).

Esses produtos podem estar armazenados em locais cujas condições podem favorecer a proliferação dos insetos, resultando assim em uma perda significativa da safra ou estoque, que se dá não só pela infestação em si, mas também pela deterioração do produto, resultado de contínuas gerações das pragas, acumulando excrementos, exoesqueletos, fios de seda dentre outros resíduos, podendo em certo período de infestação até ultrapassar o próprio volume de grãos (FARONI; SILVA, 2008).

As pragas de produtos armazenados podem ser classificadas como primárias ou secundárias:

**Pragas primárias:** são insetos-praga que atacam grãos intactos, tendo a capacidade de perfurar os grãos e penetrar em seu interior, alimentando-se da parte interna do grão e completando o seu desenvolvimento. Como exemplo, podemos citar *Sitophilus* sp. e *Rhyzopertha dominica* (Fabricius). Existem também aquelas que se alimentam das partes externas do grão e posteriormente atacam as partes internas, sem completar seu desenvolvimento, como a *Plodia interpunctella* (Hübner) (LORINI et al. 2015, 2018).

**Pragas secundárias:** são aquelas que não sendo capazes de atacar grãos sadios, necessitam que o produto seja previamente danificado pela ação de pragas primárias ou por avarias ocasionadas durante o manuseio e choques mecânicos resultando em grãos trincados ou quebrados. Atacam quase todos os grãos, alimentando-se da parte externa, e seus derivados, como rações, farelos e farinhas. Como exemplo podemos citar *Tribolium castaneum* (Herbst) e *Oryzaephilus surinamensis* (L.) (CAMPOS; ZORZENON, 2006).

Danos quantitativos caracterizam-se pela perda de peso, provocada pelas galerias abertas nos grãos para alimentação, alterações na qualidade do produto devido à diminuição

do valor nutritivo dos grãos atacados, desvalorização do produto, diminuição do grau de higiene pela presença de insetos, ácaros e fungos (GALLO et al., 2002). Uma população pode ser definida como grupos de indivíduos de uma espécie ou espécies semelhantes que vivem num universo de tempo e espaço limitado. A distribuição e abundância das espécies estão na dependência de todos os fatores do meio ambiente. As condições presentes em depósitos e armazéns costumam ser uniformes e estáveis que podem ser considerados um ecossistema (GALLO et al., 2002).

Além disso, os insetos-praga podem atuar como vetores mecânicos de fungos micotoxigênicos; a deterioração ocasionada pela atividade dos insetos associada à umidade presente no meio cria um ambiente estável para a proliferação de agentes fúngicos produtores de micotoxinas (AQUINO; POTENZA, 2013).

O Brasil é um país cujas condições ambientais são consideradas excelentes para o desenvolvimento e proliferação de fungos micotoxigênicos. As micotoxinas são metabólitos secundários produzidos por fungos, nocivos ao ser humano e aos animais, capazes de desencadear efeitos carcinogênicos, hepatóxicos e mutagênicos. As principais espécies de fungos produtores de micotoxinas pertencem aos gêneros *Aspergillus*, *Fusarium* e *Penicillium* (FREIRE et al., 2007). Diversos estudos demonstram a presença de fungos e contaminação por micotoxinas em alimentos e rações, frequentemente ultrapassando os limites impostos pela legislação nacional e internacional (FREIRE et al., 2007).

De acordo com Campos et al. (2008), as toxinas presentes na matéria prima de alimentos, podem estar presentes em seus derivados. Segundo os autores, a indústria do segmento “Pet Food” possui os mesmos riscos associados à contaminação por micotoxinas de produtos agrícolas, uma vez que grãos e cereais são utilizados na fabricação de rações secas para animais.

Dentre as espécies de insetos-praga de produtos armazenados podemos destacar por sua elevada importância econômica: os coleópteros *T. castaneum*, *Lasioderma serricorne* (Fabricius), *Oryzaephilus* spp., *R. dominica* e *Sitophilus* spp. e as traças *P. interpunctella*. e *Ephestia* spp. (PACHECO; PAULA, 1995; GALLO et al., 2002).

Roesli et al. (2003) identificaram um mínimo de 30 espécies de insetos, representando 20 famílias e quatro ordens, capturados por armadilhas em oito diferentes Pet Shops na região do Kansas. Dentre elas destacam-se a presença de *Cryptolestes* spp., *T. castaneum*, *L. serricorne*, *Sitophilus* spp. e *P. interpunctella*.

O uso de embalagens de espessuras relativamente finas para armazenar produtos do segmento “Pet Food” comercializados a granel, pode resultar em tornar o produto suscetível a uma infestação (ABHIJITH; MOHAN, 2017)

Besouros do gênero *Oryzaephilus* e *Lasioderma* são capazes de produzir orifícios em embalagens plásticas consideradas resistentes como as de ração para cães e infestar o ambiente de armazenagem (SOARES et al., 2018).

Abhijith e Mohan (2017) observaram que larvas e adultos da espécie *T. castaneum* conseguem penetrar embalagens de até 20 µm, sendo recomendado o uso de embalagens mais espessas para evitar infestações.

Machado et al. (2008a) realizaram um levantamento de insetos-praga associados a rações caninas industrializadas na região metropolitana de Recife-PE. Os autores coletaram 75 amostras de 500g de produtos para cães, sendo que 36% delas apresentaram ocorrência de coleópteros das seguintes espécies: *T. castaneum*; *O. surinamensis*; *R. dominica* e *L. sericorne*, sendo *T. castaneum* a espécie de maior frequência (55,2%).

Estudo semelhante foi realizado por Machado et al. (2008b), nas regiões político-administrativas da cidade de Recife-PE. Os autores coletaram 240 amostras de 1,5 quilogramas de alimento industrializado para cães a granel e em embalagem fechada totalizando 480 amostras, observando a ocorrência de insetos-praga em 41,46% delas, sendo *L. serricorne* a mais frequente.

Para se obter maior sucesso e eficiência no controle desse tipo de praga deve-se primeiro obter uma estimativa precisa da densidade populacional destes insetos, e posterior adoção de medidas efetivas (FARONI; SILVA, 2008). A elaboração de curvas de crescimento populacionais (nº indivíduos x tempo) é importante para identificação de ritmos de crescimento populacional, aumento ou diminuição, ocorrido durante certos intervalos de tempo, também chamado de taxa de crescimento populacional (ODUM, 2004).

## 3.2 Aspectos biológicos e comportamentais

### 3.2.1 *Tribolium castaneum* (Herbst, 1797) (Coleoptera: Tenebrionidae)

Segundo Athié e Paula (2002), acredita-se que a espécie *T. castaneum* (Figura 1) seja originária da Índia, de onde se disseminou para outras regiões do mundo, sendo atualmente considerada cosmopolita. As larvas e os adultos são pragas secundárias importantes no armazenamento de cereais, atacando preferencialmente o embrião. A fêmea deposita os ovos nos grãos danificados ou na massa, as larvas alimentam-se principalmente do germe do grão, quebrados e restos destes.



**Figura 1.** Adulto de *Tribolium castaneum* – Vista dorsal

Fonte: Gabriel M. Franco

Essa espécie, apesar de se desenvolver melhor em substratos farináceos e atacar grãos previamente danificados, possui a capacidade de se proliferar em safras de grãos intactos. White (1982) relata que *T. castaneum* é capaz de sobreviver sozinho em trigo armazenado. Pires et al. (2017) descreveram os danos causados pela espécie em castanhas-do-pará e observaram que tanto adultos quanto larvas conseguiram se alimentar do substrato considerado intacto.

Os adultos medem de 3 a 4,5 mm de comprimento, apresentam coloração castanho-avermelhada uniforme, achatados, com duas depressões transversais na região da cabeça e pronoto de forma retangular, o espaço entre os olhos representa cerca de 33% da largura da cabeça (GALLO et al., 2002; REES, 2007). As larvas possuem coloração branco-amarelada,

de forma cilíndrica, medindo cerca de 7 mm de comprimento. Apresentam uma bifurcação no último segmento do abdome (GALLO et al., 2002).

De acordo com Brown et al. (2009), machos e fêmeas da espécie podem ser diferenciados quando pupas e adultos. Os autores afirmam que machos adultos possuem glândulas nas pernas protorácicas, as quais acumulam farinha do substrato e os órgãos reprodutivos externamente visíveis de machos e fêmeas são facilmente distinguíveis quando na fase de pupa.

A fêmea pode depositar de 400 a 1000 ovos, dependendo das condições de temperatura e umidade relativa, ovipositando cerca de seis a 12 ovos por dia durante vários meses. Os ovos são pequenos, claros e pegajosos, podendo acumular partículas de farinhas dificultando sua visualização. O ciclo de ovo a adulto varia de um a quatro meses, e o adulto possui uma longevidade de até quatro anos. A eclosão das larvas ocorre após quatro dias a 35°C e 5% de umidade relativa (UR). A pupação ocorre após 14 dias, sendo completado em quatro a cinco dias (ATHIÉ; PAULA, 2002; GALLO et al., 2002; PEREIRA; SALVADORI, 2006).

Howe (1956) avaliou os períodos de desenvolvimento de *T. castaneum* em diferentes temperaturas e umidades que variavam de 15°C a 40°C, e 10% a 90% respectivamente. O autor determinou que os ovos não se desenvolviam a temperaturas abaixo de 17°C e que a umidade não afetava o período de incubação dos ovos, sendo o mais curto a temperatura de 37°C, aproximadamente 3 dias. Devi e Devi (2015) obtiveram período de incubação variando entre quatro e sete dias em farinha de trigo a temperatura de 30°C e 60% de UR. De acordo com Howe (1956), em farinha de trigo as larvas são incapazes de se desenvolver a menos de 20°C e 40°C e acima. O autor determinou o desenvolvimento mais rápido a temperatura de 35°C e 90% de UR, 12 dias até o início da pupação. Devi e Devi (2015) obtiveram períodos mais discrepantes, utilizando o mesmo substrato, a temperatura de 30°C e 60% de UR, com períodos variando de 70 a 83 dias, por sete estágios. Beeman, Haas e Friesen (2012), em seu estudo de técnicas de criação massal da espécie, afirmam que o período de desenvolvimento da larva a 30°C é de 20 dias, podendo ser reduzido para 15 dias a 34°C.

Pires et al. (2019) avaliaram o ciclo biológico de *T. castaneum* em castanha-do-brasil a uma temperatura de 30°C e 60% UR. De acordo com os autores, a taxa de oviposição obtida foi de 28,9 ovos por fêmea, o tempo de incubação do ovo foi de aproximadamente quatro dias. As larvas apresentaram oito estágios, com duração de 86 dias, a pupação durou em torno de 6,5 dias e a longevidade dos adultos variava entre 40 e 60 dias.

Arthur et al. (2019) avaliaram o desenvolvimento de *T. castaneum* em farinha de arroz e arroz castanho, no período de 2 a 8 meses, a temperaturas de 22, 27 e 32°C e 60% de UR. Os autores observaram um aumento significativo na população de adultos conforme os meses passavam para as temperaturas de 27°C e 32°C em ambos os substratos. No quarto mês, o número de larvas presentes nos substratos a 22°C era maior que nas outras temperaturas, evidenciando o prolongamento do ciclo do inseto a temperaturas menores. Os autores concluíram que a temperaturas de 27°C e acima, *T. castaneum* era capaz de esgotar recursos fixos, como sacas de farinha e arroz.

### 3.2.2 *Lasioderma serricorne* (Fabricius, 1792) (Coleoptera: Ptinidae)

A espécie *L. serricorne* (Figura 2) tem suas origens a partir de infestações de fumo armazenado, sendo popularmente conhecido como besourinho-do-fumo, e recentemente passou a ocorrer com frequência em grãos, farinhas, sementes, condimentos, biscoitos e rações em armazenamento. É cosmopolita e encontrada em praticamente todo o mundo, infestando produtos armazenados, se alimentando do substrato. No Brasil é encontrada em todas as regiões e em todos os estados produtores, cereais armazenados e sementes oleaginosas, como soja (LORINI et al., 2015). De acordo com Farnham et al. (2007), *L. serricorne*, quando infestando tabaco, não metaboliza a maior parte da nicotina presente no substrato, a substância é excretada em sua forma tóxica, permanecendo inalterada.



**Figura 2.** Adulto de *Lasioderma serricorne* – Vista lateral.

Fonte: Gabriel M. Franco

O adulto é um besourinho de forma ovalada cujo comprimento varia de 2,0 mm a 4,0 mm, sendo as fêmeas maiores que os machos. O corpo apresenta coloração castanho-avermelhada e é recoberto por cerdas bem claras. Possui antenas dentadas e salientes. Vive

em média até 20 dias e não se alimenta. Quando em repouso ou perturbado, adquire aspecto convexo ao dobrar a cabeça e recolher as pernas. Não ataca plantas vivas, embora possa infestar muitos produtos armazenados, sendo atualmente a maior ameaça ao armazenamento de sementes e grãos de soja (GALLO et al., 2002; LORINI et al., 2015).

A fêmea deposita seus ovos em pequenas fendas nos fardos de fumo, mas nunca nas folhas de fumo do campo. Em outros substratos perfura sementes e grãos, provocando prejuízos e ameaçando a qualidade do produto. O número médio de ovos depositados por fêmea varia de 30 a 50, e o ciclo de vida completo pode variar muito de acordo com as condições do ambiente, pode ser completado em 26 dias à 37°C, mas dura cerca de 120 dias a 20°C, normalmente gira em torno de 30 a 90 dias, apresentando cerca de três a 11 gerações por ano (GALLO et al., 2002; PEREIRA; SALVADORI, 2006; LORINI et al., 2015).

As larvas têm coloração branco-leitosa e são recobertas por cerdas finas, após a eclosão são ágeis e escavam galerias cilíndricas e passam em média, por quatro instares. As larvas medem cerca de 4,5 mm em seu último estágio, quando estão completamente desenvolvidas, param de se alimentar e constroem um casulo em um local que fornece uma base celular firme, a pupa mede aproximadamente 4,0 mm com coloração semelhante à das larvas, uniformemente branca no início, a pupa vai gradualmente adquirindo uma coloração marrom avermelhada, escurecendo com o tempo (EDDE et al., 2012; LORINI et al., 2015).

De acordo com Howe (1965), as condições mínimas para desenvolvimento de *L. serricornis* que possibilite sua multiplicação como potencial praga é de 22°C e UR de 30%, com o melhor intervalo de temperatura variando entre 32 e 35°C. Mahroof e Philips (2007) obtiveram 46 dias de duração do ciclo de *L. serricornis* quando criado em farinha de trigo a 28°C e 60% UR. Utilizando as mesmas condições, os autores avaliaram o desenvolvimento da espécie em folhas de tabaco e tabaco para charutos, obtendo ciclos de 66 dias e 107 dias, respectivamente, havendo grande variação durante a fase larval, o qual em farinha de trigo foi de 38 dias, já em folhas de tabaco e tabaco para charutos, foram de 53 e 92 dias, respectivamente.

Allotey e Unanaowo (1993) obtiveram o mesmo período de 46 dias criando *L. serricornis* em grãos de trigo integral em condições que variavam de 28°C a 32°C de temperatura e 72,5 a 80,5% de UR. Nas mesmas condições, os autores avaliaram o desenvolvimento da espécie em outros substratos amplamente comercializados, como milho e arroz integral, obtendo ciclos de aproximadamente 50 e 60 dias respectivamente.

El-Fouly et al. (2021) avaliaram a capacidade de *L. serricorne* de infestar flores de Camomila (*Matricaria chamomilla*) e Hibisco (*Hibiscus sabdariffa*), obtendo ciclos completos de 49,31 e 39,31 dias, respectivamente, em comparação com a dieta padrão a base de farinha de trigo e fermento seco, na qual o ciclo foi de 31,04 dias. Os autores mantiveram os experimentos em sala climatizada a temperatura de 28°C e 65% de UR, de acordo com os mesmos, o período de incubação do ovo permaneceu inalterado para todos os substratos, cerca de 5,40 dias.

Moreira et al. (2010) avaliaram o desenvolvimento de *L. serricorne* em flores desidratadas de camomila, obtendo uma média de duração do estágio larval de 66,1 dias a 20°C e 50% de UR, e 27,1 dias a 30°C e 60% de UR, evidenciando a influência das condições ambientes na duração do ciclo do inseto.

Li et al. (2018) observaram que essa espécie possui alta tolerância para temperaturas mais quentes, conseguindo sobreviver em temperaturas consideradas letais para o desenvolvimento (50°C), quando submetida a aclimação em temperaturas subletais, de 36°C ou 42°C.

Em soja armazenada, Lorini, Ferri e Rossato (2012) avaliaram a capacidade de consumo de grãos de soja por *L. serricorne* em diferentes densidades populacionais, em 220 gramas do produto. Os autores mantiveram os insetos em condições controladas, a 28°C e 60% UR, e observaram que após 140 dias, o consumo de grãos de soja foi superior a 39%, considerando uma infestação inicial de 150 ou 200 insetos adultos, enquanto na infestação inicial de 50 insetos adultos, o consumo foi de 20%.

Em contrapartida, Ferri, Lorini e Ventura (2018), em seu estudo, confinaram cerca de 100 adultos em 100 gramas de mistura de grãos de soja inteiros e quebrados e não obtiveram emergências posteriores. Resultado diferente foi apresentado no mesmo trabalho para o substrato contendo farinha de soja, farinha de trigo e levedura de cerveja, onde foi calculado em média 1000 novos adultos, após período de 49 dias.

Chagas et al. (2019) afirmam que *L. serricorne* possui preferência em infestar farinha de milho, pelo fato de o substrato apresentar alto teor proteico, possibilitando consumo de maior valor energético pelas larvas, acelerando seu desenvolvimento.

### 3.2.3 *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1885 (Coleoptera: Dryophthoridae) e *Sitophilus oryzae* Linnaeus, 1763 (Coleoptera: Dryophthoridae)



**Figura 3.** Adulto de *Sitophilus* sp. – Vista dorsal.

Fonte: Gabriel M. Franco

As duas principais espécies pragas de produtos armazenados do gênero *Sitophilus* (Figura 3) são *S. zeamais* Motschulsky (1885) e *S. oryzae* (Linnaeus, 1763). Apresentam muitas semelhanças, sendo que o uso de características externas para distinção não é considerado tão seguro quanto uma análise das estruturas genitais internas. Ambas podem ocorrer juntas nos mesmos tipos de substrato independente da região (ATHIÉ; PAULA, 2002; LORINI et al., 2015).

São cosmopolitas e apresentam grande importância pois podem ocorrer tanto no campo quanto nos locais de armazenamento, infestando milho, trigo, arroz, sorgo entre outros cereais e derivados, podendo também ocorrer em macarrão. Enquanto *S. zeamais* demonstra uma preferência por atacar grãos de milho, *S. oryzae* tem preferência por infestar grãos de trigo, seguido de arroz (ATHIÉ; PAULA, 2002; LORINI et al., 2015).

Os adultos medem cerca de 2,0 mm a 3,5 mm de comprimento, possuem coloração castanho-escuro, com manchas mais claras nos élitros, apresentam um pronoto fortemente pontuado e os élitros densamente estriados. A cabeça é projetada a frente na forma de um rostrum, o qual nos machos é mais curto e grosso e nas fêmeas é mais longo e estreito. As larvas são ápodas, com coloração amarelo clara e cabeça escura, produzem muito calor metabólico e umidade podendo modificar o microclima local (ATHIÉ, PAULA, 2002; GALLO, et al. 2002; LORINI et al. 2015).

O período de oviposição dura cerca de 104 dias, são ovipositados em média 282 ovos por fêmea. Os ovos são depositados individualmente em cada grão, os quais devem ter teor de

umidade acima de 12,5% para *S. zeamais* e 10,5% para *S. oryzae*. As fêmeas fazem um pequeno orifício na superfície do grão com as mandíbulas onde deposita o ovo, e depois o fecha com uma secreção serosa advinda de glândulas associadas ao aparelho ovipositor. O ciclo biológico completa-se em 34 dias, com um período de incubação de 3 a 6 dias, a 28 °C e 60% de UR para *S. zeamais* em milho, e para *S. oryzae* pode ocorrer em cerca de 25 dias a 29 °C e 70% de UR, sendo a faixa ideal para temperatura e desenvolvimento de 27 a 31 °C (ATHIÉ; PAULA, 2002; PEREIRA; SALVADORI, 2006).

Gallo et al. (2002) consideram essas espécies de insetos-praga de produtos armazenados como as mais importantes do Brasil, tendo em vista seu elevado potencial biótico, possibilidade de infestação cruzada, e o fato de tanto os adultos como as larvas serem capazes de danificar os grãos. Segundo os autores, no Brasil, a espécie mais encontrada em arroz é *S. zeamais*

Devi et al. (2017) avaliaram o período de desenvolvimento de *S. oryzae* e *S. zeamais* em trigo e milho respectivamente, onde confinaram 50 pares de adultos em 100g do respectivo substrato, sob condições laboratoriais que variavam entre 24 - 30°C e 70-80% de UR. De acordo com os resultados, o ciclo total em dias apresentados por *S. oryzae* e *S. zeamais* foram de 39,1 dias e 51,6 dias, respectivamente. Os autores observaram os mesmos comportamentos de oviposição da fêmea descritos anteriormente, depositando um ovo por grão.

De acordo com Mehta e Kumar (2021) o ciclo biológico de *S. oryzae* em diferentes cultivares de grãos de trigo pode variar, dependendo do período de semeadura e as características de tamanho e dureza dos grãos. Os autores avaliaram o desenvolvimento de *S. oryzae* em diferentes cultivares, e concluíram que o cultivar HPW-236, que apresentava grãos maiores e dureza moderada, era mais suscetível que o cultivar HPW-360, descrito como grãos ouro branco de tamanho médio.

Souza et al. (2012) avaliaram a preferência e o desenvolvimento de *S. oryzae* em grãos de milho, arroz e trigo, por meio de testes de múltipla escolha, onde colocaram 30g de cada substrato em copos plásticos alocados em bandejas, liberando cerca de 30 insetos nas mesmas. Os resultados do trabalho demonstraram maior preferência de *S. oryzae* por trigo, também sendo o substrato que obteve o maior número de indivíduos emergidos. A menor preferência foi por milho, e apesar de arroz também demonstrar valores significativos de preferência semelhantes ao trigo, os autores concluíram que para este último, *S. oryzae* possui maior capacidade de alocar a energia e nutrientes.

Entretanto, o arroz permanece sendo um dos produtos mais suscetíveis a essas pragas como demonstrado por Fontes, Filho e Arthur (2003), que avaliaram a susceptibilidade em variedades de arroz a *S. oryzae* e *S. zeamais*, com algumas variedades apresentando maior susceptibilidade que outras.

Fêmeas de *S. zeamais* podem depositar mais de um ovo por grão, assim como observado por Adams (1976), em seu estudo de perda de peso de grãos de milho, observando a emergência de até cinco adultos em um único grão, evento raro devido ao canibalismo entre as larvas. De acordo com o autor, durante o desenvolvimento, um espécime de *S. zeamais* é capaz de consumir cerca de 11,3 vezes o seu peso em infestações solitárias e, 8,1-8,3 vezes em infestações múltiplas.

#### 3.2.4 *Plodia interpunctella* (Hubner, 1813) (Lepidoptera: Pyralidae)

*Plodia interpunctella* (Figura 4) é uma espécie de mariposa cosmopolita, cujo nome popular é traça-indiana-das-farinhas. Infesta diversos produtos armazenados tais como arroz, trigo, soja e amendoim, farinhas, e grãos fendilhados ou com casca trincada (ATHIÉ; PAULA, 2002). Sua ocorrência em produtos industrializados é comum, há diversos relatos sobre sua presença dentro de embalagens de leite em pó, mistura para achocolatados, bombons, barras de chocolate e de cereais.



**Figura 4.** Adulto de *Plodia interpunctella* – Vista dorsal.

Fonte: Gabriel M. Franco

Os adultos são mariposas com 20 mm de envergadura, apresentando cabeça e tórax de coloração pardo-avermelhada, asas anteriores com dois traços distais avermelhados e o terço basal é acinzentado. As larvas são de coloração branca com tons de creme e rosado em

algumas partes do corpo, atingindo até 15 mm de comprimento. Possuem as bordas dos espiráculos abdominais uniformemente espessadas, apresentando três pares de pernas torácicas e quatro pares de falsas pernas no abdome (ATHIÉ; PAULA, 2002; REES, 2007; LORINI et al. 2015, 2018).

As lagartas são muito ativas, migrando do alimento em busca de um local para pupar, como fendas de parede e bordas de sacarias. A fêmea ovípara de 100 a 500 ovos na superfície dos grãos, de aspecto pegajoso, aderindo ao alimento e as estruturas de armazenagem. Em dieta à base de trigo, a 30°C e 70% de UR, as larvas eclodem em quatro dias, as lagartas passam por quatro a sete estádios, completando seu desenvolvimento em 16 dias, com o ciclo biológico completo levando em média de 27 a 30 dias (ATHIÉ; PAULA, 2002; REES, 2007; LORINI et al. 2015, 2018).

As fêmeas de *P. interpunctella* são atraídas por uma ampla gama de cereais para oviposição, no entanto, a intensidade de infestação pode variar de acordo com as diferenças de cada produto, o qual pode apresentar componentes que atuam como estimulantes e atrativos. A intensidade da infestação é determinada principalmente, pela disponibilidade de nutrientes que suportam o crescimento e desenvolvimento larval (SILHACEK; MURPHY, 2004).

A higroscopicidade do produto desempenha um papel muito crítico no crescimento e desenvolvimento de *P. interpunctella* na maioria dos cereais e seus derivados, os quais possuindo alta disponibilidade de água aceleram a taxa de crescimento larval (SILHACEK; MURPHY, 2008).

É uma praga de superfície, denominada primária externa, não causando muitos prejuízos a granel. No entanto, podem se tornar um problema grave no armazenamento em sacarias, devido maior superfície exposta dos produtos. As lagartas tecem fios de seda na medida em que se alimentam, e em infestações duradouras podem formar uma manta de seda cobrindo os grãos, mantendo a lagarta protegida de alterações climáticas e parasitas (ATHIÉ; PAULA, 2002; LORINI et al., 2015, 2018).

O tempo de desenvolvimento do inseto pode variar de acordo com a temperatura e umidade, como demonstra estudo de Mbata e Osuji (1983), criando a espécie em amendoim. Os autores observaram que a taxa de consumo da larva aumentava para grãos quebrados e farelados, em relação às parcelas de grãos inteiros.

Silhacek e Miller (1972) descrevem o desenvolvimento de *P. interpunctella* em uma dieta para criação massal em laboratório, contendo comida de cachorro moída, aveia em

flocos, fubá, farinha de trigo integral, trigo, germe, levedura de cerveja, glicerol e mel, a 30°C e 70% de UR. De acordo com os autores, as larvas eclodiram após 62 horas, o período larval apresentou 5 ínstaes, com duração total de até 15 dias, o pico de emergência de adultos foi de 20 a 21 dias após o início da criação.

Bouzoui et al. (2018), em seu estudo, mostram que o ciclo de desenvolvimento desta praga é influenciado pela composição bioquímica do alimento ingerido. Os autores compararam o período de desenvolvimento do inseto em diferentes “comodities” com uma dieta artificial à base de farelo de trigo, a qual inclui teores de carboidrato e proteínas moderados, assim observando a conclusão do ciclo em aproximadamente 27 dias, já em uvas passas, substrato com menor teor proteico, o ciclo foi completado em 61 dias.

A diferença quantitativa e qualitativa na  $\alpha$ -amilase do intestino médio de *P. interpunctella* pode influenciar no desenvolvimento, dependendo da composição da dieta e quantidade de fases de larvais, facilitando sua adaptação à qualidade e quantidade do alimento ingerido (BOUZOUÏ et al., 2018).

Essa característica foi observada por Bouaiyad et al. (2008), criando *P. interpunctella* em tâmaras e em sorgo, a 28°C e 60% de UR. Por meio de preparado homogeneizado e eletroforese, os autores observaram uma redução no número de  $\alpha$ -amilase no intestino das larvas, devido ao substrato apresentar teor proteico muito baixo, porém ser muito rico em açúcares, o que também ocasionou atraso no ciclo, com os primeiros adultos emergindo após 34 dias de experimento, quando comparado àqueles criados em sorgo, os quais emergiram 18 dias depois.

### **3.2.5 *Ephestia cautella* (Walker, 1863) (Coleoptera: Pyralidae)**

Espécie cosmopolita, assim como outros lepidópteros considerados pragas de produtos armazenados, ocorre em cereais e seus derivados, farinhas, rações animais, fumo, soja, especiarias (ATHIÉ, PAULA, 2002) e produtos industrializados. *Ephestia cautella* (Walker) (Figura 5), *E. elutella* (Hübner) e *E. kuehniella* Zeller são espécies muito semelhantes, normalmente sendo descritas juntas. De acordo com Rees (2007) a diferenciação dessas espécies para a praga *E. cautella* só é confiável por meio de análise da genitália.



**Figura 5.** Adulto de *Ephestia cautella* – Vista dorsal.

Fonte: Gabriel M. Franco

Os adultos são mariposas de cor parda acinzentada, medindo cerca de 20 mm de envergadura, asas posteriores esbranquiçadas e asas anteriores cinzas com manchas transversais escuras (CAMPOS; ZORZENON, 2006). As fêmeas realizam postura em média de 200 a 300 ovos na massa de grãos e as larvas eclodem após três dias, com o ciclo sendo completado em aproximadamente 40 dias a 25°C e 75% de UR, sendo mais importante no armazenamento em sacarias com maior superfície exposta (CAMPOS; ZORZENON, 2006; REES, 2007).

A larva é branca no momento da eclosão, mudando de coloração posteriormente, que pode ser creme, rosa ou cinzenta com pontuações marrons e forma geral cilíndrico alongada, com cerdas esparsas recobrimdo o tórax e o abdômen, apresentando pernas protorácicas com cerdas nos quatro primeiros artículos e garra tarsal simples (FENILLI, 1977).

A larva pode atingir de 12 a 14 mm de comprimento, deixando o produto em busca de locais para pupação nas paredes dos armazéns e espaços entre as sacarias, comportamento controlado por um feromônio secretado das glândulas salivares (DOBIE et al., 1984 apud ATHIÉ; PAULA, 2002). Assim como *P. interpunctella*, a lagarta produz uma seda que pode recobrir toda a massa de grãos em longas infestações.

De acordo com Allotey e Goswami (1990), larvas recém-eclodidas costumam se mover em busca de alimento e podem acabar consumindo ovos em que ainda não ocorreu a eclosão da larva. Os autores estudaram o desenvolvimento de *E. cautella* em trigo, milho, amendoim e sorgo, obtendo cinco ínstares larvais para todos os substratos, observando o menor ciclo, cerca de 26 dias, em grãos quebrados de sorgo a 30°C e 76,5% de UR.

*Ephestia cautella* é considerada um problema recorrente, principalmente na indústria de chocolates, assim como relatam Salvodelli e Suss (2010), que a consideram como a principal praga na indústria de chocolates. Os autores relatam um caso de uma indústria na

Itália, a qual utilizava tratamentos químicos com nebulização, porém se mostrando pouco eficiente, sendo necessário a utilização de técnicas de manejo integrado de pragas, com armadilhas de feromônios e boas condições de sanitização para melhor controle da praga.

Olsson, Anderbrant e Lofstead (2004) relatam que *E. cautella* não é capaz de diferenciar substratos pelo olfato, o que iria influenciar no comportamento de oviposição dependendo da preferência do inseto, porém é dito que *E. cautella* é capaz de perceber estímulos químicos por vias de quimiorreceptores, mas sem apresentar preferência adaptativa como faz *P. interpunctella*, a qual de acordo com os autores, escolhe o substrato mais adequado para alimentação das larvas.

### 3.3 Qualidade e Bromatologia

A nutrição animal é algo que requer meticulosa atenção dentro do setor agropecuário, pois é considerado aspecto fundamental para obtenção do máximo desempenho produtivo em uma criação de animais. Um determinado problema que possa ocorrer aos animais pode estar relacionado aos métodos inadequados de armazenamento ou utilização indevida. O controle de qualidade durante a produção da ração é importante para garantir a correta nutrição dos animais em cada fase de criação (CUSTÓDIO, 2005).

Uma nutrição adequada é aquela que contenha todos os tipos de nutrientes (carboidratos, gorduras, proteínas, vitaminas, minerais e água), necessários para a manutenção de uma vida saudável. Dietas com excesso ou deficiências nutricionais podem provocar alterações fisiológicas no organismo animal, tornando-o suscetível a diversos problemas relacionados ao seu crescimento e desenvolvimento corporal (LAZAROTTO, 2001).

A qualidade é objetivo em todos os ramos da indústria. É fator responsável pela busca do aperfeiçoamento e desenvolvimento tecnológico contínuo. A qualidade de um produto, pode ser definida como sua adequação ao uso ao qual se destina, pode ser garantida por muitas medidas, as quais se resumem na aplicação de tecnologias seguras e utilização de matérias-primas de boa qualidade. O monitoramento das características de produtos e processos pode ser implementado por meio de muitas ferramentas analíticas, entre as quais os métodos físico-químicos destacam-se como rápidos e objetivos (BERTOLINO, 2010).

A bromatologia é o ramo que estuda os alimentos sob o ponto de vista de sua composição química, ou seja, estudam-se componentes químicos estruturalmente definidos que compõem os alimentos, com especial ênfase àqueles presentes em grande quantidade

(chamados de componentes centesimais – presentes em concentração maior que 1%), tais como a água, os carboidratos, os lipídeos, as proteínas e os minerais (BOLZAN, 2013).

As análises bromatológicas de rações infestadas por insetos-praga, normalmente submetidas a condições de armazenamento inadequadas, podem auxiliar na compreensão de como os danos de ordem qualitativa provocados por esses insetos podem afetar a composição química dos alimentos, conseqüentemente afetando o desenvolvimento dos animais aos quais esses alimentos estão destinados.

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Crescimento populacional de insetos-praga em rações para alimentação animal

#### 4.1.1 Coleta das amostras

Foram adquiridas dez amostras de um quilograma de três tipos de rações industrializadas, destinadas à alimentação de cães de companhia, comercializadas em sua embalagem original. Os tipos de rações caninas foram diferenciados de acordo com sua categoria, “standard”, “premium” e “super premium”, com diferentes valores nutricionais, como comparado na Tabela 1.

Também foram adquiridas dez amostras de um quilograma de rações para dieta de frangos/galinhas, nas categorias “crescimento”, “manutenção” e “poedeira”, uma ração para dieta de codornas e uma para dieta de coelhos. Os valores nutricionais de cada ração são apresentados na Tabela 2.

**Tabela 1.** Comparativo dos valores nutricionais dos três tipos de rações caninas.

Ração	Standard	Premium	Super Premium
Proteína Bruta (min.) %	210 g/kg (21%)	230 g/kg (23%)	290 g/kg (29%)
Extrato Etéreo (mín.)	90 g/kg (9%)	120 g/kg (12%)	180 g/kg (18%)
Cálcio (máx.)	24 g/kg (2,4%)	18 g/kg (1,8%)	15 g/kg (1,5%)
Fósforo (mín.)	9000 mg/kg (0,9%)	7000 mg/kg (0,7%)	8000 mg/kg (0,8%)
Potássio (mín.)	6000 mg/kg	5000 mg/kg	5000 mg/kg
Ferro (mín.)	110 mg/kg	88 mg/kg	80 mg/kg
Zinco (mín.)	230 mg/kg	100 mg/kg	131,2 mg/kg
Vitamina A	12000 UI/kg	14000 UI/kg	19200 UI/kg
Vitamina D3	600 UI/kg	800 UI/kg	1280 UI/kg
Vitamina B2	6 mg/kg	8,7 mg/kg	15,68 mg/kg
Vitamina B6	6 mg/kg	2,2 mg/kg	7,92 mg/Kg
Vitamina B12	40 µg/kg	48,6 µg/kg	180 µg/kg
Vitamina B1	3 mg/kg	3,1 mg/kg	9,30 mg/Kg
Biotina	0,16 mg/kg	0,02 mg/kg	0,35 mg/kg
Colina	1510 mg/kg	815 mg/kg	116,8 mg/kg
Niacina	28 mg/kg	23,8 mg/kg	42,24 mg/kg
Ácido Fólico	0,5 mg/kg	0,37 mg/kg	1,66 mg/kg
Cobre	14 mg/kg	11 mg/kg	18,19 mg/kg

Fonte: Tabelas nutricionais contidas nas embalagens.

**Tabela 2.** Comparativo entre os valores nutricionais dos diferentes tipos de rações para aves e coelho.

<b>Ração</b>	<b>Crescimento</b>	<b>Manutenção</b>	<b>Poedeira</b>	<b>Codorna</b>	<b>Coelho</b>
Proteína bruta	160,00 g/kg	130,00 g/kg	140,00 g/kg	200,00 g/kg	140,00 g/kg
Extrato etéreo	30,00 g/kg	32,00 g/kg	25,00 g/kg	30,00 g/kg	30,00 g/kg
Cálcio (máximo)	25,00 g/kg	22,00 g/kg	45,00 g/kg	40,00 g/kg	20,00 g/kg
Fósforo	6,00 g/kg	6,00 g/kg	6,00 g/kg	6,00 g/kg	5,00 g/kg
Ferro	30,00 mg/kg	25,00 mg/kg	30,00 mg/kg	30,00 mg/kg	30,00 mg/kg
Cobre	6,00 mg/kg	5,00 mg/kg	6,00 mg/kg	6,00 mg/kg	15,00 mg/kg
Manganês	70,00 mg/kg	58,00 mg/kg	70,00 mg/kg	70,00 mg/kg	10,00 mg/kg
Zinco	50,00 mg/kg	40,00 mg/kg	50,00 mg/kg	50,00 mg/kg	65,00 mg/kg
Vitamina A	8000,00 UI/kg	7000,00 UI/kg	8000,00 UI/kg	12000 UI/kg	10000 UI/kg
Vitamina D3	2000,00 UI/kg	1750,00 UI/kg	2000,00 UI/kg	2400,00 UI/kg	1200,00 UI/kg
Vitamina E	14,00 UI/kg	12,20 UI/kg	15,00 UI/kg	24,00 UI/kg	20,00 UI/kg
Vitamina K3	1,60 mg/kg	1,00 mg/kg	2,00 mg/kg	3,00 mg/kg	1,00 mg/kg
Vitamina B1	1,20 mg/kg	1,00 mg/kg	1,00 mg/kg	2,00 mg/kg	1,50 mg/kg
Vitamina B2	6,00 mg/kg	5,00 mg/kg	4,00 mg/kg	11,00 mg/kg	2,50 mg/kg
Niacina	20,00 mg/kg	17,00 mg/kg	10,00 mg/kg	48,00 mg/kg	15,00 mg/kg
Ácido Pantotênico	12,00 mg/kg	10,00 mg/kg	9,50 mg/kg	18,00 mg/kg	5,75 mg/kg
Vitamina B6	1,60 mg/kg	1,00 mg/kg	3,00 mg/kg	4,00 mg/kg	1,50 mg/kg
Ácido fólico	0,40 mg/kg	0,30 mg/kg	-	2,00 mg/kg	2,00 mg/kg
Biotina	0,04 mg/kg	0,04 mg/kg	-	0,10 mg/kg	0,07 mg/kg
Vitamina B12	12,00 mcg/kg	10,00 mcg/kg	8,00 mcg/kg	16,00 mcg/kg	10,00 mcg/kg

Fonte: Tabelas nutricionais contidas nas embalagens.

#### 4.1.2 Verificação da ocorrência de insetos

Após a coleta, o material foi levado para o Laboratório de Pragas de Grãos e Produtos Industrializados do Instituto Biológico de São Paulo. Foi realizada uma triagem inicial no intuito de verificar possíveis ocorrências de pragas de produtos armazenados de origem externa ou de etapas anteriores de produção até o empacotamento, bem como análise da integridade da embalagem e suas possíveis áreas vulneráveis.

### 4.1.3 Avaliação do desenvolvimento e crescimento populacional de insetos-praga

Para avaliação de crescimento populacional nos diferentes tipos de rações foram utilizadas seis espécies de insetos-praga de produtos armazenados: *Sitophilus oryzae*; *Sitophilus zeamais*; *Tribolium castaneum*; *Lasioderma serricorne*; *Plodia interpunctella* e *Ephestia cautella*.

Os insetos foram provenientes das criações do Laboratório de Artrópodes do Instituto Biológico.

Dez insetos adultos não sexados de cada uma das espécies foram confinados em potes com tampas devidamente teladas. Para cada parcela foram utilizados 150 gramas de cada tipo de ração e suas variações. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com seis repetições por espécie de inseto-praga. Também foram preparadas seis repetições utilizando o substrato (dieta) utilizado para criação massal em laboratório, para cada espécie avaliada, como testemunha comparativa.

**Tabela 3.** Dieta de criação de cada espécie avaliada.

<b>Espécie</b>	<b>Substrato de Criação</b>
<i>Tribolium castaneum</i>	Farelo de Trigo + Farinha de Trigo
<i>Lasioderma serricorne</i>	Farinha de Fubá
<i>Sitophilus oryzae</i>	Arroz Branco
<i>Sitophilus zeamais</i>	Milho de Pipoca
<i>Plodia interpunctella</i> e <i>Ephestia cautella</i>	Farinha de Trigo + Farelo de Trigo + Gérmen de Trigo + Farelo de Aveia

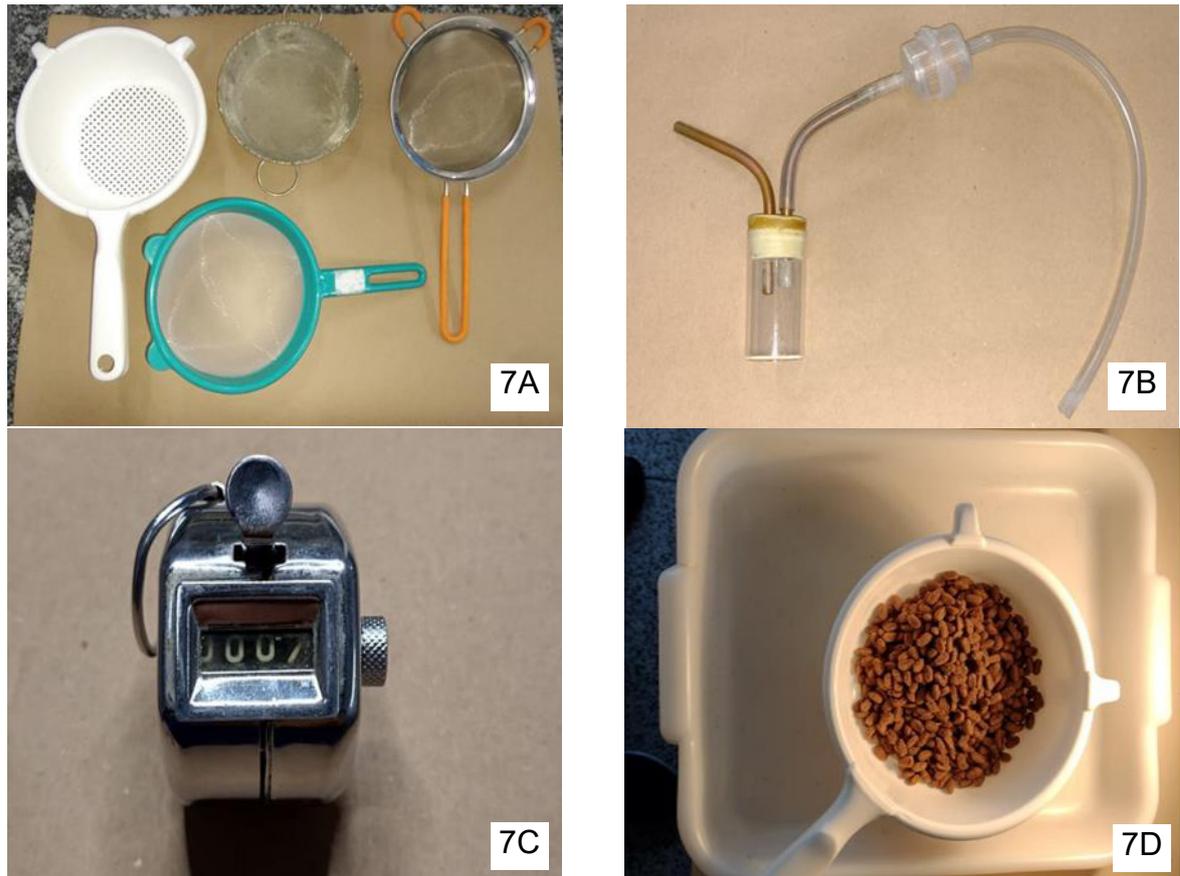
As parcelas foram mantidas em sala de criação climatizada, a temperatura de  $27 \pm 2^\circ$  C e umidade relativa de  $60 \pm 10\%$  (Figura 6), durante período de 60 dias, tempo necessário para possibilitar a ocorrência de um novo ciclo e surgimento de uma nova geração (F1) dos insetos.



**Figura 6.** Parcelas experimentais mantidas em sala climatizada. (Fonte: Gabriel M. Franco)

#### **4.1.4 Contagem de adultos da geração F1**

Após um período de 60 dias, foi avaliado o número de indivíduos adultos vivos e mortos de cada parcela, subtraindo-se os dez iniciais. Os insetos foram separados dos substratos utilizando-se peneiras de diferentes granulometrias (Fig. 7A), e coletados por aspirador entomológico (Fig. 7B) um a um, realizando-se o processo de contagem com auxílio de contador manual (Fig. 7C).



**Figura 7.** Peneiras de diferentes granulometrias (7A), Aspirador entomológico (7B), Contador manual (7C), Peneiração de ração (7D). (Fonte: Gabriel M. Franco)

#### 4.1.5 Análise estatística dos resultados

Os dados de número de insetos presentes nas rações após 60 dias do início da infestação foram submetidos à análise de variância (Two Way ANOVA), considerando-se os fatores: espécies de insetos (6) e tipos de ração/dieta (9), com seis repetições. Para comparação das médias entre os tratamentos, utilizou-se o teste de Tukey a 5% de significância. Para fins de análise estatística, os dados foram transformados em  $\sqrt{x + 0,5}$ , visando o aumento da homogeneidade de variâncias dos erros e adequação dos dados para a análise de variância.

#### 4.2 Crescimento populacional de *T. castaneum* em substrato danificado

Foi realizado bioensaio experimental por meio da metodologia descrita anteriormente, utilizando-se as parcelas previamente infestadas (ou não) por *E. cautella* com o objetivo de avaliar o desenvolvimento de *T. castaneum*, praga secundária de maior importância econômica, em substrato que já fora danificado por outra praga (*E. cautella*). Após período de 60 dias, os adultos de *T. castaneum* foram submetidos aos mesmos processos de separação e contagem descritos anteriormente.

Os dados de número de insetos *T. castaneum* presentes nas rações previamente infestadas ou não por *E. cautella*, após 60 dias do início da infestação, foram submetidos à análise de variância (One Way ANOVA), com dois tratamentos e seis repetições. Para comparação das médias entre os tratamentos, utilizou-se o teste de *t* (LSD) a 5% de significância. Para fins de análise estatística, os dados foram transformados em  $\sqrt{x + 0,5}$ , visando à adequação dos dados para a análise de variância.

#### 4.3 Análise bromatológica de amostras de ração

Foram selecionadas cinco amostras de rações, para as espécies de insetos e rações em que se obtiveram as maiores taxas de crescimento populacional de insetos, após o período de 60 dias.

Neste caso, foram selecionadas quatro amostras de rações infestadas com *T. castaneum* [ração canina Standard, ração poedeiras (PO), ração de manutenção (M) de frango, ração de crescimento (CR) de frango] e uma ração com *P. interpunctella* (ração canina Standard).

As amostras de ração foram encaminhadas a uma empresa especializada em consultoria farmacêutica “Farma Júnior”, do Departamento de Alimentos da Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo, onde foi realizada a análise bromatológica por composição centesimal, verificando-se o teor de umidade, resíduo mineral, gorduras, proteínas e carboidratos das amostras selecionadas.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Crescimento populacional de insetos-praga em rações para alimentação animal

Não foi observada a ocorrência de insetos em nenhuma das amostras adquiridas na análise inicial, indicando a ausência de possíveis pragas de produtos armazenados nas cadeias anteriores de produção até o empacotamento do produto. As embalagens de ração canina não continham áreas vulneráveis que possibilitariam uma possível invasão de insetos. Foi observada a presença de microperfurações nas embalagens de ração para aves e coelhos.

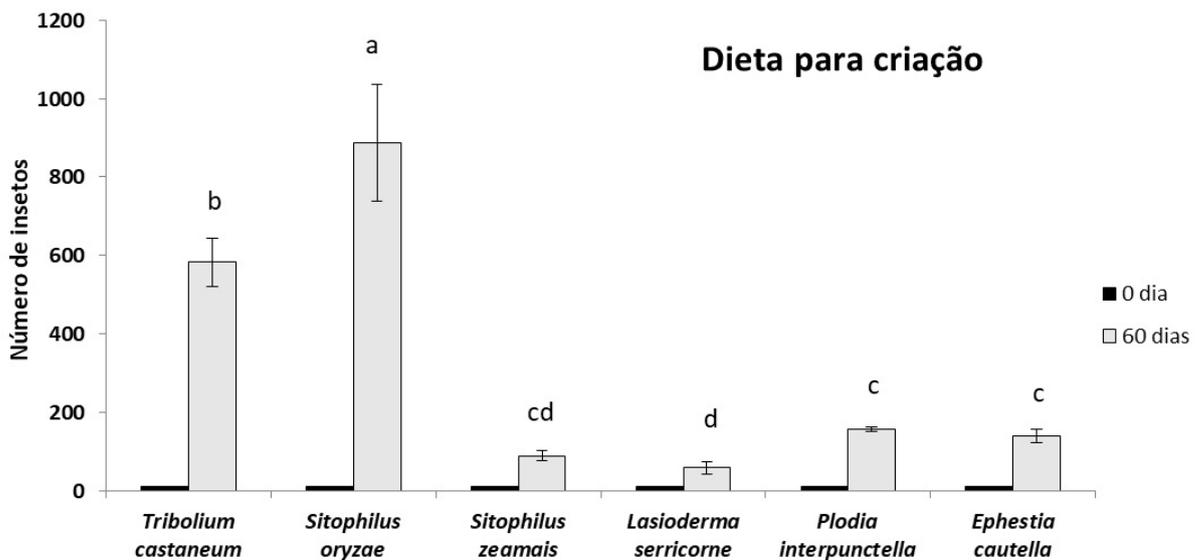
Foram detectadas diferenças significativas entre os tratamentos com as diferentes rações/dietas ( $F_{8, 270} = 106,012$ ;  $P < 0,0001$ ), com influência significativa das espécies de insetos avaliadas (*T. castaneum*, *S. oryzae*, *S. zeamais*, *L. serricorne*, *P. interpunctella*, *E. cautella*) ( $F_{5, 270} = 54,873$ ;  $P < 0,0001$ ), com interações (rações x espécie de inseto) ( $F_{40, 270} = 28,334$ ;  $P < 0,0001$ ), quanto ao número de insetos observados aos 60 dias após a infestação, nos diferentes tratamentos (Tabela 4).

**Tabela 4.** Número (média  $\pm$  EP) de insetos-praga (*Tribolium castaneum*, *Sitophilus oryzae*, *Sitophilus zeamais*, *Lasioderma serricorne*, *Plodia interpunctella*, *Ephestia cautella*), após 60 dias da infestação em dieta específica para criação de cada inseto, ração de crescimento (CR) de frango, ração de manutenção (M) de frango, ração de poedeira (PO), ração de coelho (CO), ração de codorna (CO), ração canina Standard, ração canina Premium, ração canina Super Premium.

Ração/Dieta	<i>T. castaneum</i>	<i>S. oryzae</i>	<i>S. zeamais</i>	<i>L. serricorne</i>	<i>P. interpunctella</i>	<i>E. cautella</i>
Dieta para criação	582,50 $\pm$ 60,91 bA	885,83 $\pm$ 148,94 aA	85,17 $\pm$ 12,40 cdA	57,83 $\pm$ 16,51 dA	156,67 $\pm$ 5,57 cA	139,83 $\pm$ 17,26 cA
Ração CR Frango	167,0 $\pm$ 29,11 aB	0,00 $\pm$ 0,00 cB	0,00 $\pm$ 0,00 cB	52,17 $\pm$ 10,40 bAB	0,00 $\pm$ 0,00 cB	0,00 $\pm$ 0,00 cB
Ração M Frango	159,0 $\pm$ 28,58 aB	1,50 $\pm$ 1,50 bB	0,00 $\pm$ 0,00 bB	7,50 $\pm$ 2,81 bC	2,67 $\pm$ 1,09 bB	0,00 $\pm$ 0,00 bB
Ração PO Poedeira	148,00 $\pm$ 6,73 aB	0,00 $\pm$ 0,00 cB	0,00 $\pm$ 0,00 cB	15,83 $\pm$ 5,67 bBC	0,00 $\pm$ 0,00 cB	0,17 $\pm$ 0,17 cB
Ração CO Coelho	2,50 $\pm$ 1,23 bD	0,00 $\pm$ 0,00 cB	0,00 $\pm$ 0,00 cB	19,33 $\pm$ 4,29 aBC	0,00 $\pm$ 0,00 cB	0,00 $\pm$ 0,00 cB
Ração CD Codorna	152,0 $\pm$ 20,52 aB	0,00 $\pm$ 0,00 cB	0,00 $\pm$ 0,00 cB	19,83 $\pm$ 10,96 bBC	0,67 $\pm$ 0,67 cB	0,00 $\pm$ 0,00 cB
Ração canina Standard	68,67 $\pm$ 16,46 aC	0,00 $\pm$ 0,00 bB	0,00 $\pm$ 0,00 bB	0,00 $\pm$ 0,00 bC	4,67 $\pm$ 2,30 bB	7,00 $\pm$ 4,02 bB
Ração canina Premium	52,83 $\pm$ 22,15 aC	0,00 $\pm$ 0,00 bB	0,00 $\pm$ 0,00 bB	0,83 $\pm$ 0,83 bC	0,00 $\pm$ 0,00 bB	4,83 $\pm$ 1,25 bB
Ração canina S. Premium	1,67 $\pm$ 0,33 aD	0,00 $\pm$ 0,00 bB	0,00 $\pm$ 0,00 bB	0,00 $\pm$ 0,00 bC	0,00 $\pm$ 0,00 bB	0,00 $\pm$ 0,00 bB

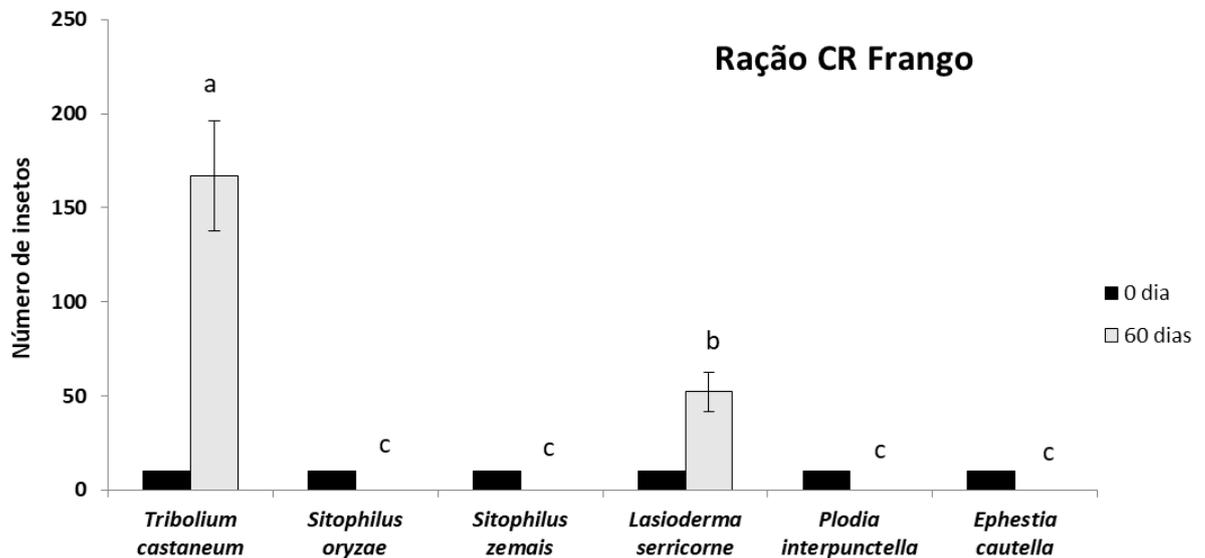
Médias seguidas por letras distintas, minúsculas na horizontal (espécies de insetos) e maiúsculas na vertical (rações), diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5% de significância.

As maiores densidades populacionais de insetos na sua dieta de criação, aos 60 dias após a infestação inicial (10 insetos por parcela ou recipiente de criação), foram observadas para *S. oryzae* (885,8 insetos por parcela), seguida por *T. castaneum* (582,5 insetos por parcela), indicando maior potencial de crescimento populacional para essas duas espécies, entre as avaliadas, para as condições deste experimento (tipo de recipiente de criação, alimento oferecido, condições de luminosidade, temperatura e umidade relativa). As menores populações foram observadas para *L. serricornis* (57,8 insetos por parcela) e *S. zeamais* (85,2 insetos por parcela) (Figura 8).



**Figura 8.** Número de insetos (média  $\pm$  EP) de insetos de diferentes espécies (em dietas específicas para criação): *Tribolium castaneum* (Farelo de Trigo + Farinha de Trigo), *Sitophilus oryzae* (Arroz), *Sitophilus zeamais* (Milho de Pipoca), *Lasioderma serricornis* (Fubá), *Plodia interpunctella* (Farinha de Trigo + Farelo de Trigo + Gérmen de Trigo + Farelo de Aveia) e *Ephestia cautella* (Farinha de Trigo + Farelo de Trigo + Gérmen de Trigo + Farelo de Aveia), no início do experimento (0 dia) e aos 60 dias após a infestação. Colunas seguidas por letras distintas diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

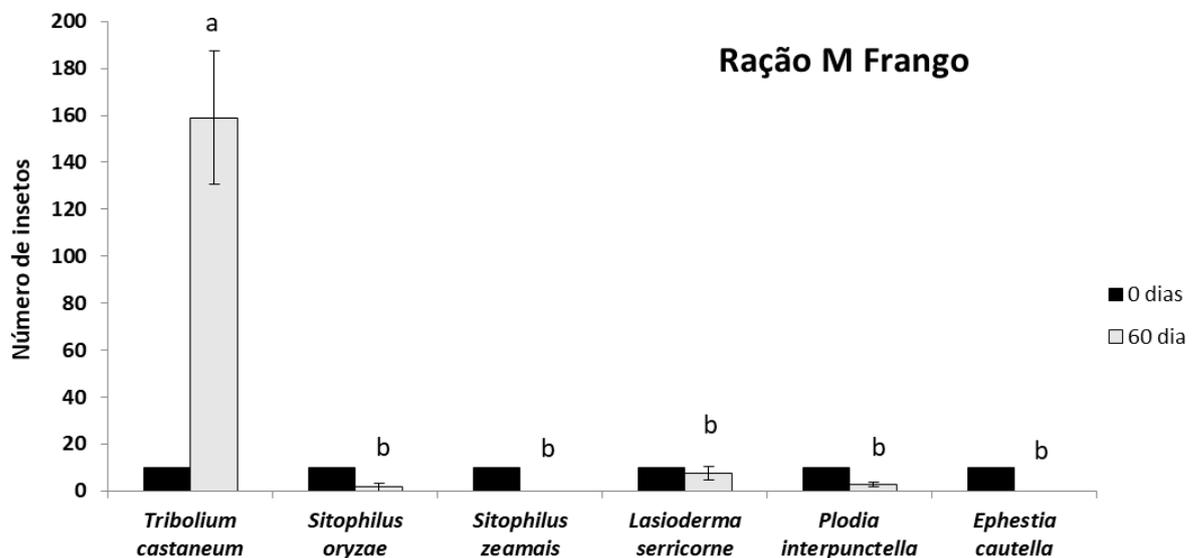
No caso da ração de crescimento de frango, observou-se aumento populacional apenas das espécies *T. castaneum* e *L. serricorne*, não sendo observado o estabelecimento das populações *S. oryzae*, *S. zeamais*, *P. interpunctella* e de *E. cautella*, nesta ração. A densidade populacional de *T. castaneum* (167,0 insetos por parcela) foi 3,2 vezes maior que a observada para *L. serricorne* (52,2 insetos por parcela), ao final de 60 dias (Figura 9). Os resultados indicam que esta ração se mostra mais favorável ao desenvolvimento e reprodução de *T. castaneum*, que das outras espécies avaliadas.



**Figura 9.** Número de insetos (média  $\pm$  EP) de insetos das espécies *Tribolium castaneum*, *Sitophilus oryzae*, *Sitophilus zeamais*, *Lasioderma serricorne*, *Plodia interpunctella* e *Ephestia cautella*, em ração de crescimento (CR) de frango, no início do experimento (0 dia) e aos 60 dias após a infestação. Colunas seguidas por letras distintas diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

No caso da ração de manutenção de frango, observou-se aumento populacional apenas da espécie *T. castaneum*, havendo reduções numéricas nas densidades populacionais de *S. oryzae*, *L. serricorne* e *P. interpunctella* na avaliação realizada aos 60 dias após a infestação. Não houve estabelecimento das populações de *S. zeamais* e *E. cautella*. A densidade populacional de *T. castaneum* (159,0 insetos por parcela) foi 106 vezes maior que a observada para *S. oryzae* (1,5 insetos por parcela), 21,2 vezes maior que a de *L. serricorne* (7,5 insetos por parcela), e 59,6 vezes maior que a de *P. interpunctella* (2,7 insetos por parcela), ao final de 60 dias (Figura 10). Os resultados indicam que esta ração também se mostra mais favorável ao desenvolvimento e reprodução de *T. castaneum*, que das outras espécies avaliadas.

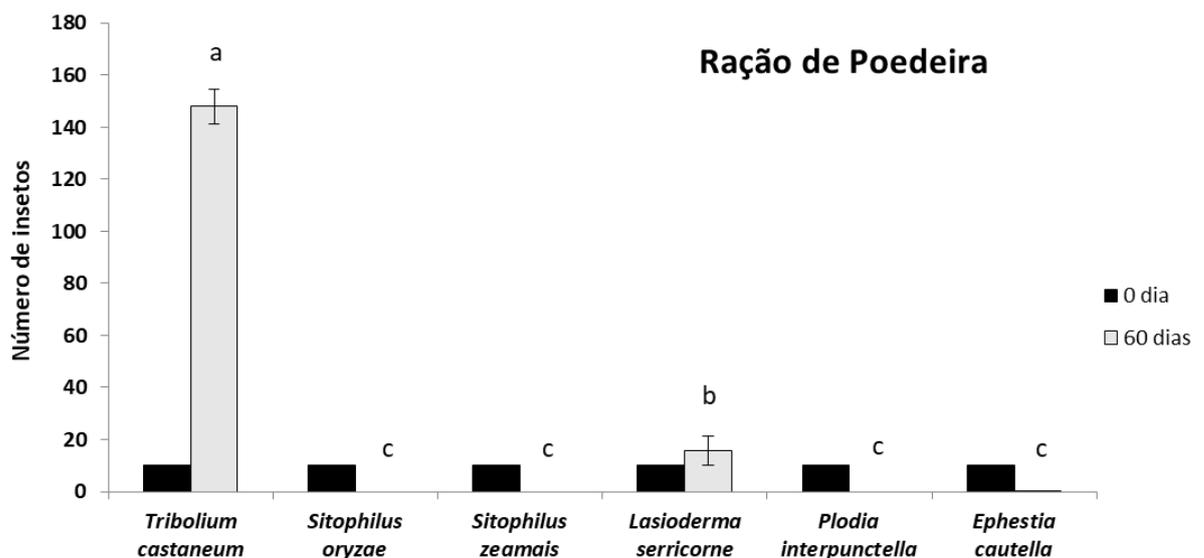
Em relação à ração de crescimento de frango, observaram-se níveis de infestação semelhantes para *T. castaneum* e menores infestações de *L. serricorne*, na ração de manutenção (Tabela 4). Embora em baixas densidades populacionais, a ração de manutenção de frango possibilitou a sobrevivência de alguns insetos das espécies *S. oryzae* e *P. interpunctella*, ao contrário do verificado para a ração de crescimento (Figuras 9 e 10).



**Figura 10.** Número de insetos (média  $\pm$  EP) de insetos das espécies *Tribolium castaneum*, *Sitophilus oryzae*, *Sitophilus zeamais*, *Lasioderma serricorne*, *Plodia interpunctella* e *Ephestia cautella*, em ração de manutenção (M) de frango, no início do experimento (0 dia) e aos 60 dias após a infestação. Colunas seguidas por letras distintas diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Para a ração para poedeiras, assim como para a de crescimento de frango, observou-se aumento populacional apenas das espécies *T. castaneum* e *L. serricorne*, sendo que, não foi observado estabelecimento das populações de *S. oryzae*, *S. zeamais*, *P. interpunctella* e *E. cautella*, nesta ração. A densidade populacional de *T. castaneum* (148,0 insetos por parcela) foi 9,3 vezes maior que a observada para *L. serricorne* (15,8 insetos por parcela), ao final de 60 dias (Figura 11). Os resultados também indicam que esta ração se mostra mais favorável ao desenvolvimento e reprodução de *T. castaneum*, que das outras espécies avaliadas.

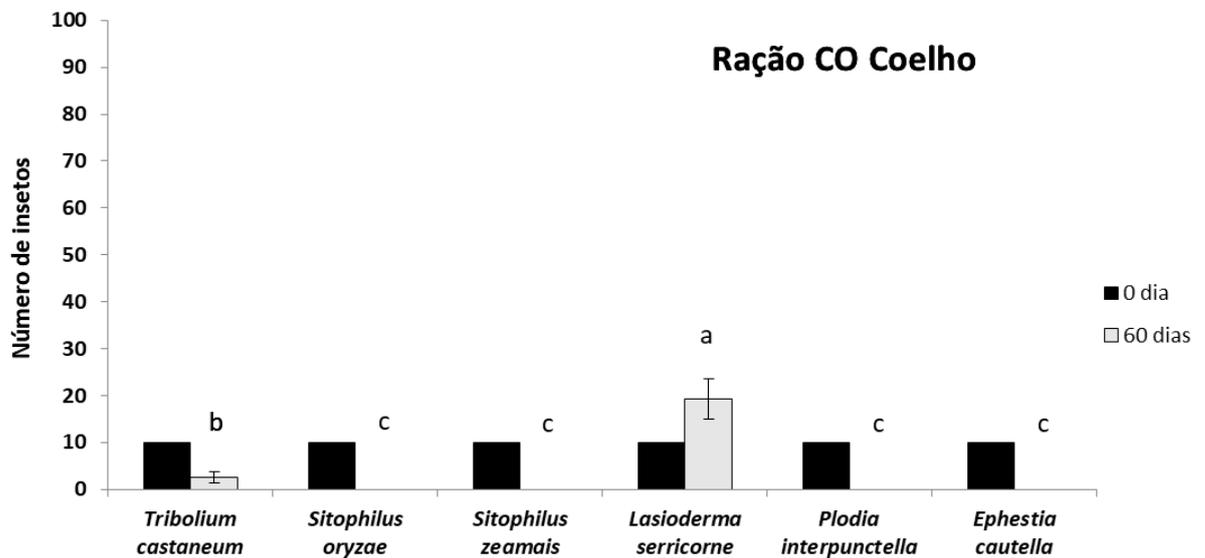
A única diferença significativa observada entre a ração para poedeiras e a de crescimento de frango foi a menor densidade populacional de *L. serricorne* na ração para poedeiras, com um contraste de 3,3 vezes (Tabela 4, Figuras 9 e 11).



**Figura 11.** Número de insetos (média  $\pm$  EP) de insetos das espécies *Tribolium castaneum*, *Sitophilus oryzae*, *Sitophilus zeamais*, *Lasioderma serricorne*, *Plodia interpunctella* e *Ephestia cautella*, em ração de poedeira (PO), no início do experimento (0 dia) e aos 60 dias após a infestação. Colunas seguidas por letras distintas diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

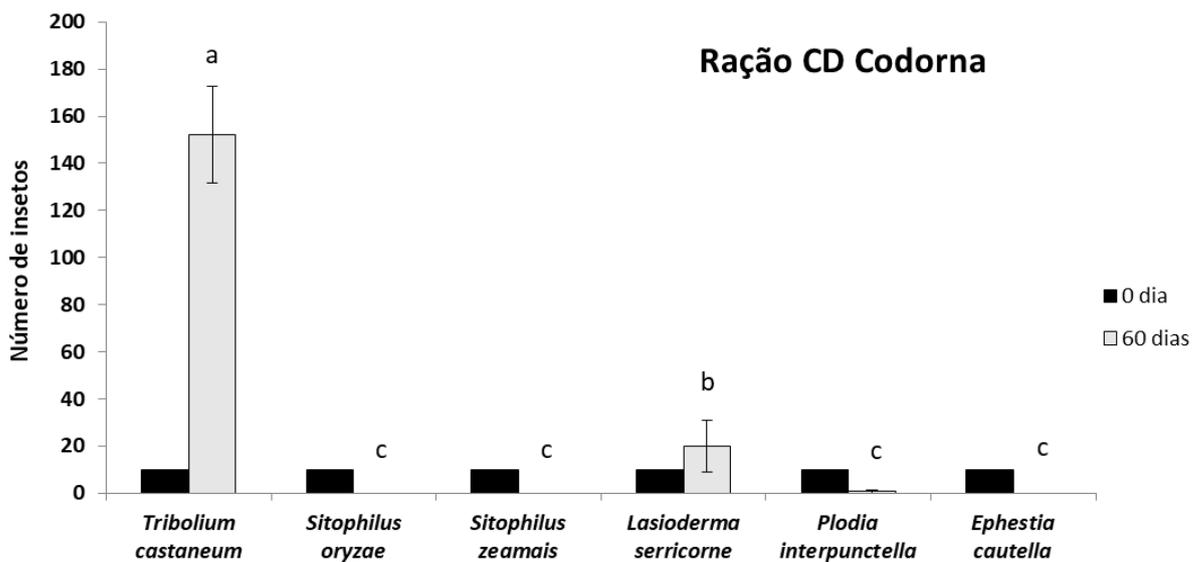
No caso da ração para coelhos, observou-se apenas algum crescimento populacional para a espécie *L. serricorne*, verificando-se redução populacional de *T. castaneum* e o não estabelecimento das populações de *S. oryzae*, *S. zeamais*, *P. interpunctella* e *E. cautella*. A densidade populacional de *L. serricorne* (19,3 insetos por parcela) foi 7,7 vezes maior que a observada para *T. castaneum* (2,5 insetos por parcela), ao final de 60 dias (Figura 12).

Esta ração, juntamente com a ração canina Premium, foi a que apresentou o menor nível populacional de *T. castaneum* ( $\leq 2,5$  insetos por parcela), entre as rações avaliadas (Tabela 4).



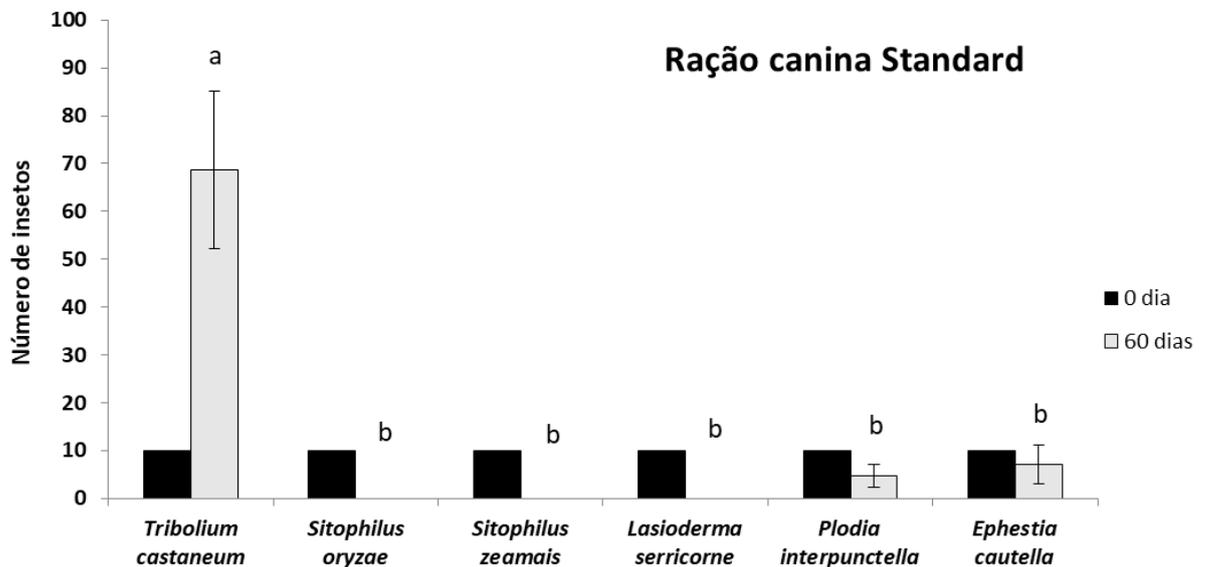
**Figura 12.** Número de insetos (média  $\pm$  EP) de insetos das espécies *Tribolium castaneum*, *Sitophilus oryzae*, *Sitophilus zeamais*, *Lasioderma serricorne*, *Plodia interpunctella* e *Ephestia cautella*, em ração de coelho (CO), no início do experimento (0 dia) e aos 60 dias após a infestação. Colunas seguidas por letras distintas diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

A ração para codornas apresentou características próximas às observadas para a ração para poedeiras (galinhas), com infestações semelhantes de *T. castaneum* e de *L. serricorne*, diferindo apenas pelo fato de a ração para codornas possibilitar a sobrevivência de alguns insetos da espécie *P. interpunctella*, mesmo que em nível populacional muito baixo (0,67 insetos por parcela), aos 60 dias após o início da infestação (Tabela 4, Figura 13).



**Figura 13.** Número de insetos (média  $\pm$  EP) de insetos das espécies *Tribolium castaneum*, *Sitophilus oryzae*, *Sitophilus zeamais*, *Lasioderma serricorne*, *Plodia interpunctella* e *Ephestia cautella*, em ração de codorna (CD), no início do experimento (0 dia) e aos 60 dias após a infestação. Colunas seguidas por letras distintas diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

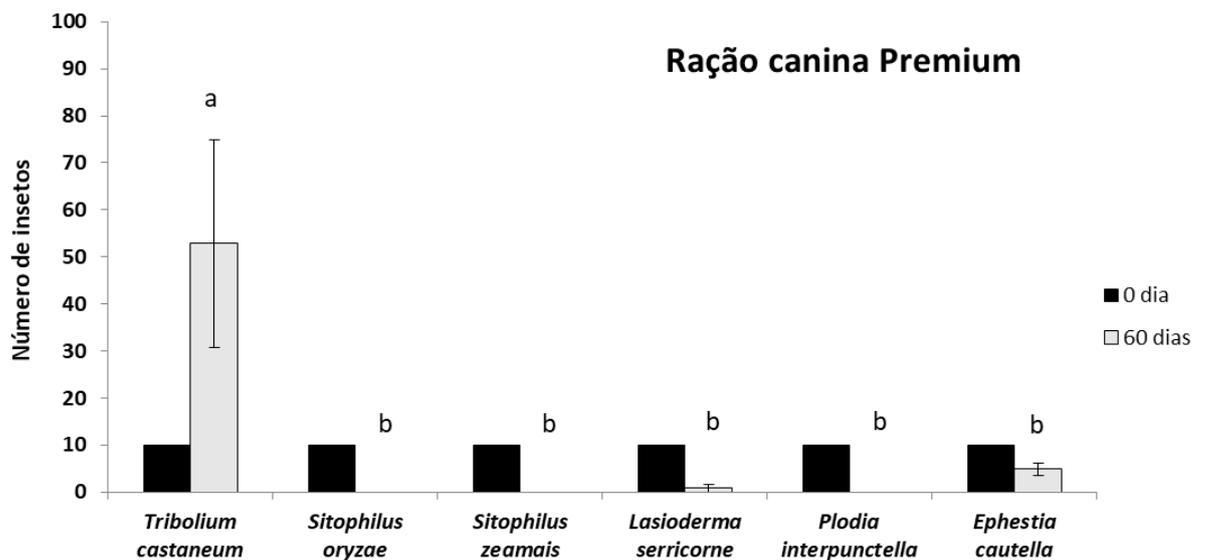
Na ração canina Standard, observou-se crescimento populacional apenas da espécie *T. castaneum*, com redução numérica das densidades populacionais de *P. interpunctella* e *E. cautella*, e o não estabelecimento populacional de *S. oryzae*, *S. zeamais* e *L. serricorne*, nos primeiros 60 dias após o início da infestação (Figura 14). Mesmo no caso de *T. castaneum*, a densidade populacional (68,7 insetos por parcela) aos 60 dias foi significativamente inferior à observada para todas as rações para frango ( $\geq 148,0$  insetos por parcela) e para codorna (152,0 insetos por parcela) (Tabela 4).



**Figura 14.** Número de insetos (média  $\pm$  EP) de insetos das espécies *Tribolium castaneum*, *Sitophilus oryzae*, *Sitophilus zeamais*, *Lasioderma serricorne*, *Plodia interpunctella* e *Ephestia cautella*, em ração canina Standard, no início do experimento (0 dia) e aos 60 dias após a infestação. Colunas seguidas por letras distintas diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

No caso da ração canina Premium, a única espécie com crescimento populacional também foi *T. castaneum*, à semelhança da ração canina Standard, porém, as outras espécies em que houve a sobrevivência de insetos foram *L. serricorne* e *E. cautella* (Figura 15), em vez de *P. interpunctella* e *E. cautella* (Figura 14).

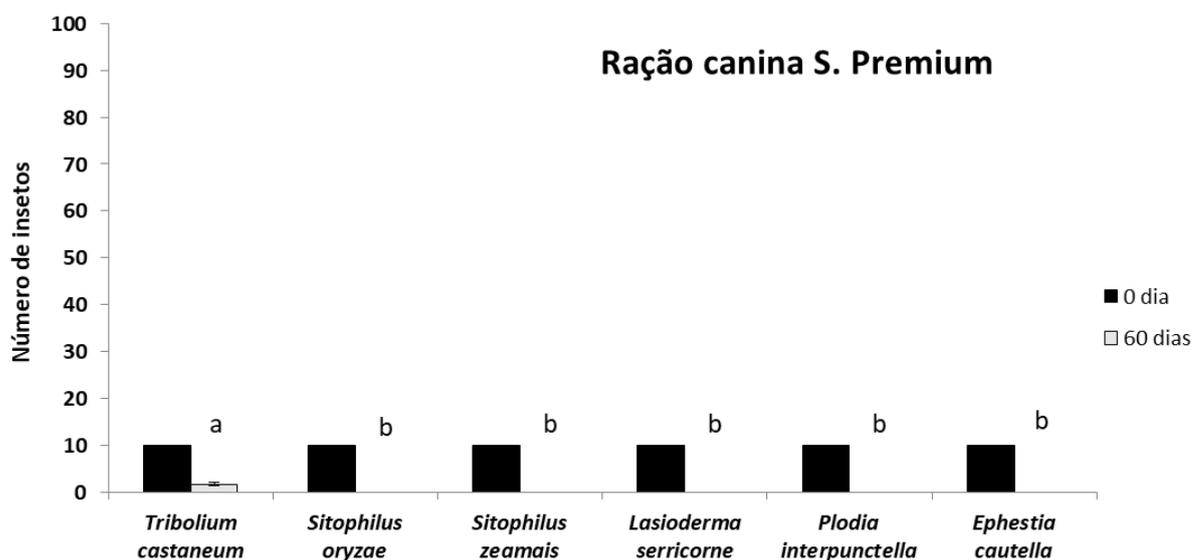
As densidades populacionais de *T. castaneum* foram estatisticamente semelhantes ( $p > 0,05$ ) nas duas rações (Standard e Premium) caninas referidas (Tabela 4).



**Figura 15.** Número de insetos (média  $\pm$  EP) de insetos das espécies *Tribolium castaneum*, *Sitophilus oryzae*, *Sitophilus zeamais*, *Lasioderma serricorne*, *Plodia interpunctella* e *Ephestia cautella*, em ração canina Premium, no início do experimento (0 dia) e aos 60 dias após a infestação. Colunas seguidas por letras distintas diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

A ração canina Premium foi a que apresentou as menores infestações de insetos-praga entre todas as rações avaliadas, com a sobrevivência de alguns insetos apenas da espécie *T. castaneum*, mesmo assim, em baixa densidade populacional (1,7 insetos por parcela) aos 60 dias após o início da infestação (Figura 16).

Esses resultados indicam que esta ração não se mostra favorável ao desenvolvimento ou a reprodução de nenhuma das espécies de insetos avaliadas, no presente experimento.

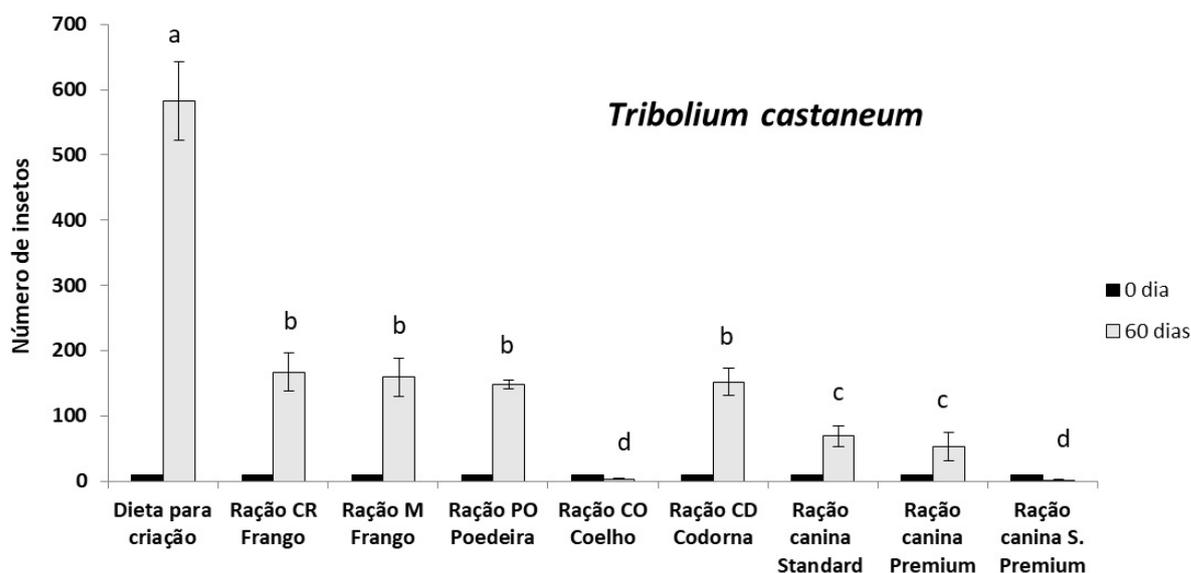


**Figura 16.** Número de insetos (média  $\pm$  EP) de insetos das espécies *Tribolium castaneum*, *Sitophilus oryzae*, *Sitophilus zeamais*, *Lasioderma serricorne*, *Plodia interpunctella* e *Ephestia cautella*, em ração canina Super Premium, no início do experimento (0 dia) e aos 60 dias após a infestação. Colunas seguidas por letras distintas diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

A espécie *T. castaneum* demonstrou o melhor desempenho, sendo observado crescimento populacional em praticamente todos os substratos avaliados com exceção da ração canina “super premium” e da ração para coelhos (Tabela 4, Figura 16).

As maiores infestações (entre 148,0 e 167,0 insetos por parcela) de *T. castaneum* aos 60 dias após a infestação, foram observadas para os tratamentos com as rações de crescimento e manutenção de frangos, de poedeiras e de codorna. Infestações intermediárias (entre 52,8 e

68,7 insetos por parcela) foram observadas para as rações caninas Standard e Premium. As menores infestações de *T. castaneum* foram observadas para a ração canina Super Premium e a ração de coelho, com densidades populacionais iguais ou inferiores a 2,5 insetos por parcela (Figura 17).



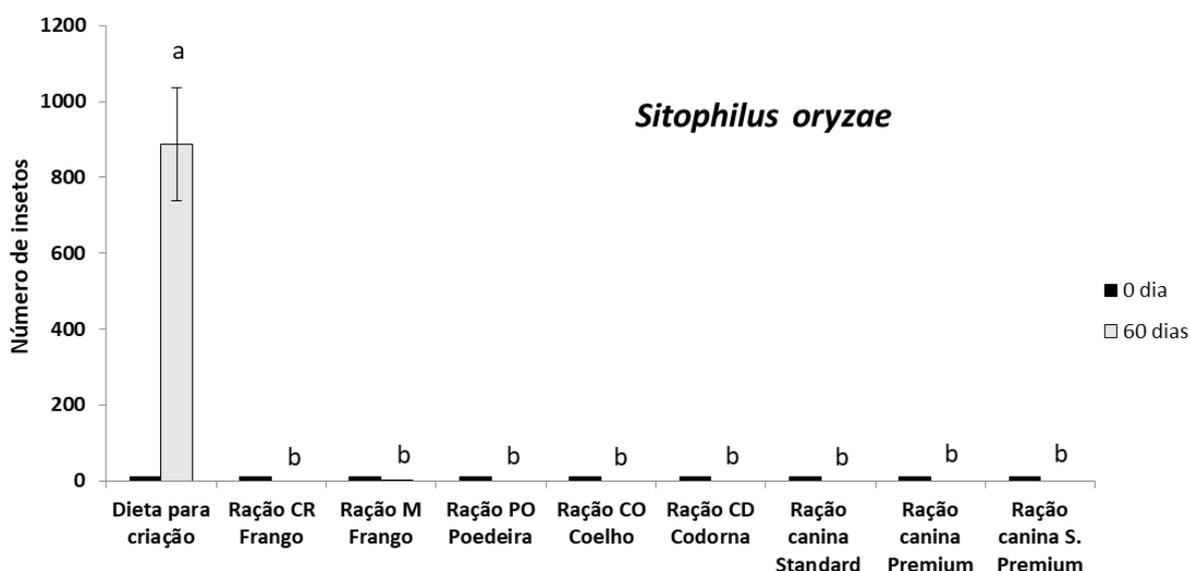
**Figura 17.** Número de insetos (média  $\pm$  EP) da espécie *Tribolium castaneum* em dieta específica para criação do inseto, ração de crescimento (CR) de frango, ração de manutenção (M) de frango, ração de poedeira (PO), ração de coelho (CO), ração de codorna (CD), ração canina Standard, ração canina Premium, ração canina Super Premium, no início do experimento (0 dia) e aos 60 dias após a infestação. Colunas seguidas por letras distintas diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Wijeranth et al. (2020) realizaram estudo de crescimento populacional de *T. castaneum* em ração canina, ração para frangos, farinha de trigo e farinha de milho, obtendo o maior número de descendentes para os dois primeiros substratos, com uma média de aproximadamente 400 adultos emergidos em ração canina e 300 em ração para frangos após um período de dois meses. Os autores também realizaram testes misturando os substratos, obtendo o maior número de adultos emergidos nos substratos de maior conteúdo proteico (aqueles que continham ração para frangos de corte e ração para cães), em comparação com as farinhas à base de carboidratos. Neste estudo, para cada parcela, 20 adultos de *T. castaneum* foram introduzidos e mantidos no substrato, no interior de câmara de crescimento ( $30 \pm 1^\circ\text{C}$ ,  $65 \pm 1\%$  de umidade relativa) por 14 dias. No final deste período, os adultos foram

retirados de cada meio (por peneiramento, malha #20), o substrato alimentar foi mantido dentro de câmara de crescimento e os adultos emergidos em cada parcela foram quantificados.

Wijayrantne e Egodawatta (2012) observaram maior ganho de peso de larvas de *T. castaneum* em ração para cães e para frangos, quando comparados a larvas criadas em farinha de trigo. Os autores perceberam que o ganho de peso foi maior nos bioensaios onde os substratos foram misturados em proporções equivalentes.

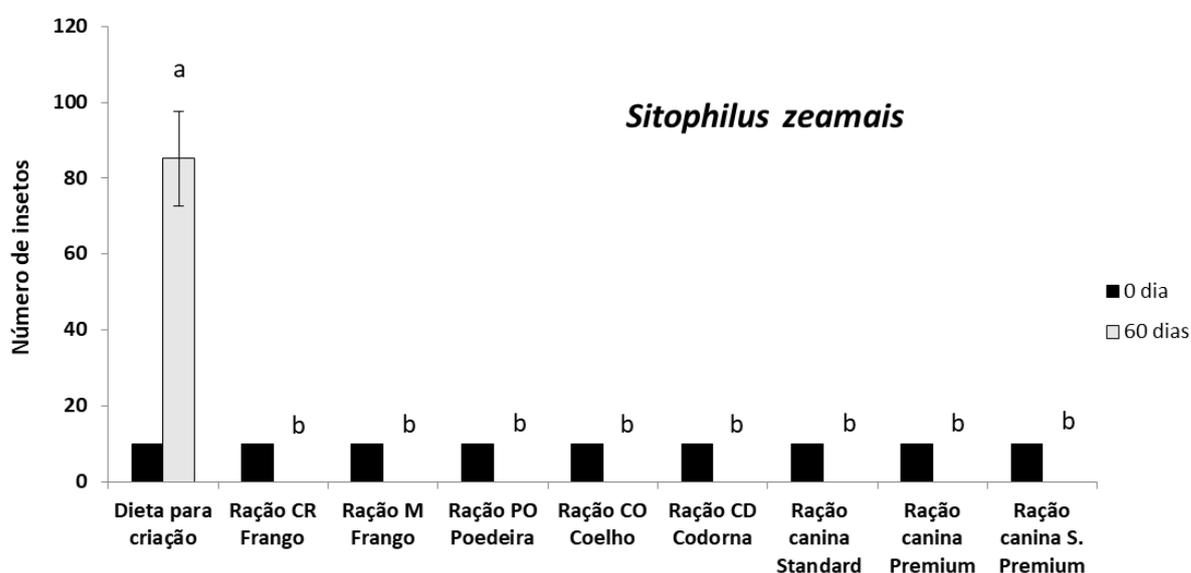
No presente experimento, a espécie *S. oryzae* não teve a capacidade de se desenvolver em nenhum dos substratos avaliados, com exceção do substrato de criação (arroz branco), o qual apresentou alta taxa de emergência de adultos após um período de 60 dias (Figura 18).



**Figura 18.** Número de insetos (média  $\pm$  EP) da espécie *Sitophilus oryzae* em dieta específica para criação do inseto, ração de crescimento (CR) de frango, ração de manutenção (M) de frango, ração de poedeira (PO), ração de coelho (CO), ração de codorna (CD), ração canina Standard, ração canina Premium, ração canina Super Premium, no início do experimento (0 dia) e aos 60 dias após a infestação. Colunas seguidas por letras distintas diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Essa espécie tem preferência por alimentos ricos em carboidratos, como mostram os trabalhos de Antika, Astuti e Rachmawati (2014) e Manueke e Pelealu (2015). Ambos os trabalhos compararam o desenvolvimento de *S. oryzae* em arroz e em substratos de maior teor proteico como amendoim, soja e copra (amêndoa de coco). Os autores reportaram que *S. oryzae* era incapaz de se desenvolver nesses substratos ricos em proteína, bem como não apresentava preferência para os mesmos.

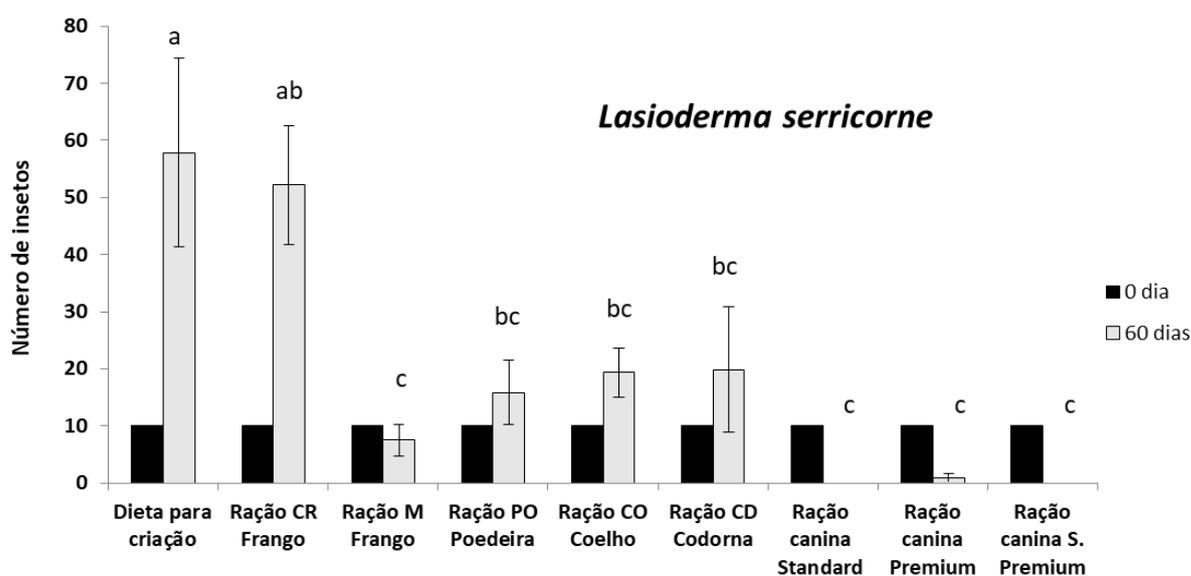
Da mesma forma que *S. oryzae*, a espécie *S. zeamais* também não conseguiu se desenvolver em nenhum dos substratos avaliados, com exceção do substrato de criação (milho de pipoca). A taxa de emergência de adultos de *S. zeamais* em milho pipoca foi consideravelmente menor (10,4 vezes) que a observada para *S. oryzae* em arroz, em um período de 60 dias (Figura 19).



**Figura 19.** Número de insetos (média  $\pm$  EP) da espécie *Sitophilus zeamais* em dieta específica para criação do inseto, ração de crescimento (CR) de frango, ração de manutenção (M) de frango, ração de poedeira (PO), ração de coelho (CO), ração de codorna (CD), ração canina Standard, ração canina Premium, ração canina Super Premium, no início do experimento (0 dia) e aos 60 dias após a infestação. Colunas seguidas por letras distintas diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

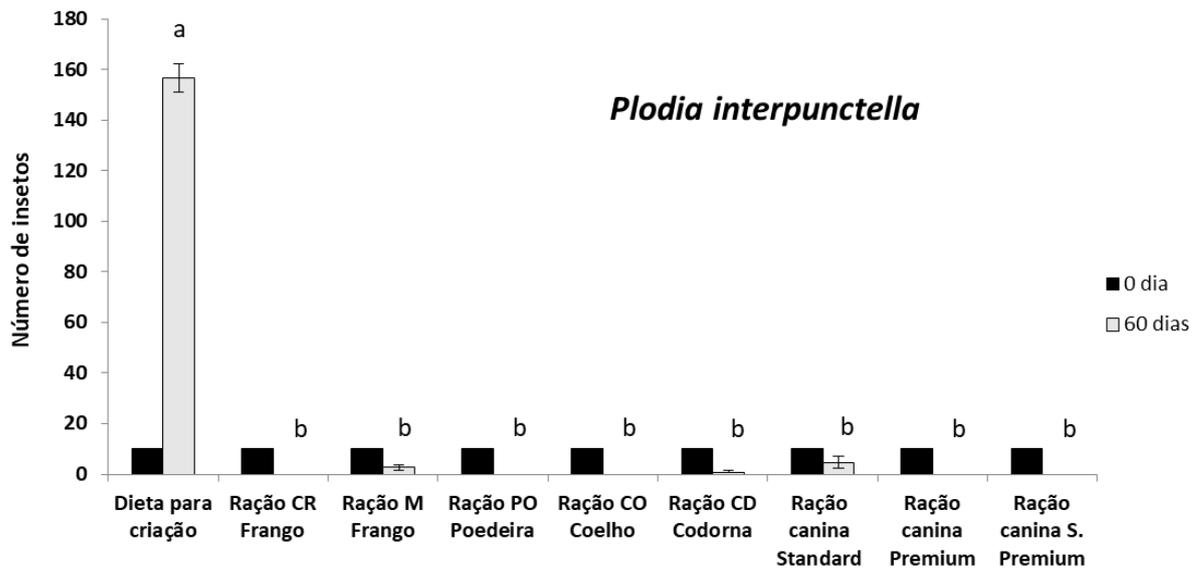
*Lasioderma serricorne* apresentou crescimento populacional nas rações para aves (com exceção da ração para manutenção de frangos) e coelho, porém não conseguiu se desenvolver nas rações caninas (Figura 20).

Nareena, Sridhar e Roseleen (2019) observaram que *L. serricorne* apresentava tempo de desenvolvimento menor em fermento seco (39,1 dias) e farinha de trigo (47,3 dias), quando comparado com ração para frangos de corte (62,1 dias), assim como, maior número de adultos emergidos na primeira geração, em fermento seco (~350), seguido por farinha de trigo (230) e ração para frangos (175). Para os autores, o menor tempo de desenvolvimento em fermento seco se deve à quantidade balanceada de nutrientes essenciais presentes no substrato.



**Figura 20.** Número de insetos (média  $\pm$  EP) da espécie *Lasioderma serricorne* em dieta específica para criação do inseto, ração de crescimento (CR) de frango, ração de manutenção (M) de frango, ração de poedeira (PO), ração de coelho (CO), ração de codorna (CD), ração canina Standard, ração canina Premium, ração canina Super Premium, no início do experimento (0 dia) e aos 60 dias após a infestação. Colunas seguidas por letras distintas diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

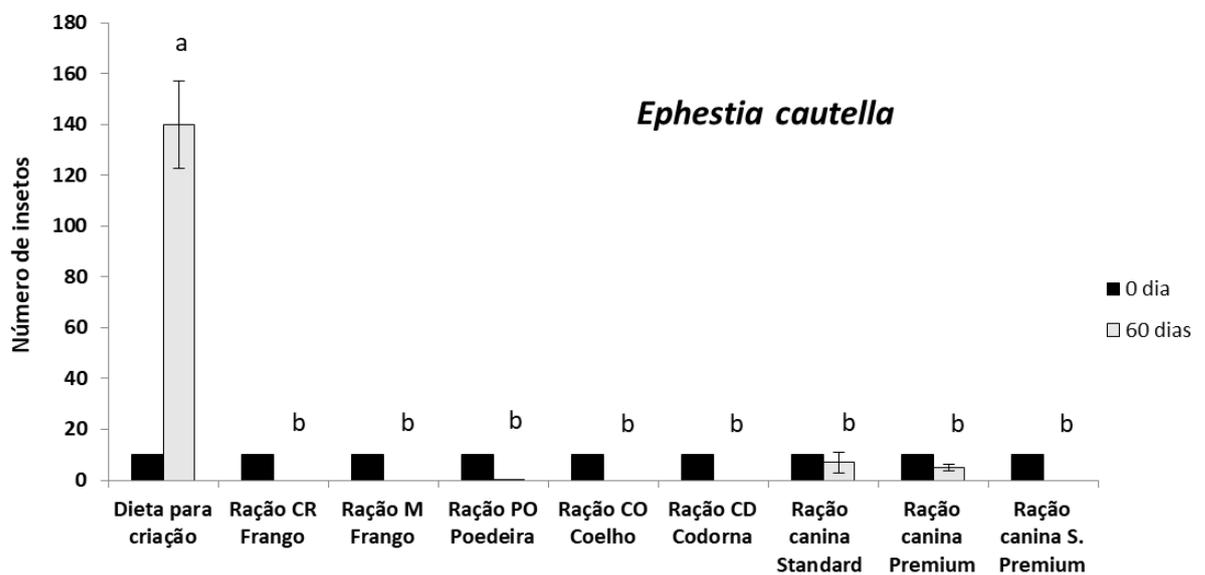
*Plodia interpunctella* conseguiu se desenvolver apenas nas rações canina Standard, de manutenção de frango e de codorna, porém, sem crescimento populacional (Figura 21). Foi observada a presença de fios de seda em pelo menos uma parcela de todas as rações para aves, indicando presença de lagartas em determinado momento, porém sem sucesso em finalizar o ciclo.



**Figura 21.** Número de insetos (média  $\pm$  EP) da espécie *Plodia interpunctella* em dieta específica para criação do inseto, ração de crescimento (CR) de frango, ração de manutenção (M) de frango, ração de poedeira (PO), ração de coelho (CO), ração de codorna (CD), ração canina Standard, ração canina Premium, ração canina Super Premium, no início do experimento (0 dia) e aos 60 dias após a infestação. Colunas seguidas por letras distintas diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

*Ephestia cautella* apresentou crescimento populacional somente na dieta para criação e algum desenvolvimento populacional apenas nas rações caninas Standard e Premium.

Karunarathne, Dissanayaka e Wijayarathne (2020) avaliaram o tempo de desenvolvimento das traças *Corcyra cephalonica* (Stainton) e *Cadra cautella* (= *Ephestia cautella*) em diferentes dietas, dentre elas, uma contendo ração canina, ração para frangos e farinha de trigo na proporção 1:1:2 respectivamente, observando emergência de adultos de ambas as espécies após 40 dias em média.



**Figura 22.** Número de insetos (média  $\pm$  EP) da espécie *Ephestia cautella* em dieta específica para criação do inseto, ração de crescimento (CR) de frango, ração de manutenção (M) de frango, ração de poedeira (PO), ração de coelho (CO), ração de codorna (CD), ração canina Standard, ração canina Premium, ração canina Super Premium, no início do experimento (0 dia) e aos 60 dias após a infestação. Colunas seguidas por letras distintas diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

## 5.2 Crescimento populacional de *T. castaneum* em substrato danificado

Para a maioria das rações (M, PO, CO, Caninas Std, P, SP) avaliadas houve diferença significativa no número total de *T. castaneum* nos tratamentos com e sem exposição prévia das rações a *E. cautella*, com as maiores populações do besouro nas rações previamente infestadas pela traça (Tabela 5).

Os resultados evidenciam a interação entre *T. castaneum* e *E. cautella*, potencializando a taxa de crescimento populacional de *T. castaneum* (praga secundária) em substrato já danificado pela ação de *E. cautella* (praga primária).

Considerando-se apenas as rações previamente expostas a *E. cautella*, a maior infestação de *T. castaneum* foi observada para a ração de manutenção (M) de frango (424,5 insetos), que passou a apresentar diferença significativa em relação às rações de poedeira (PO), de codorna (PO) e de crescimento (CR) de frango, para as quais não havia diferença significativa nas rações sem exposição prévia a *E. cautella* (Tabela 5).

**Tabela 5.** Número (média  $\pm$  EP) de insetos-praga (*Tribolium castaneum*), após 60 dias do início da infestação em diferentes tipos de ração [de crescimento (CR) de frango, de manutenção (M) de frango, de poedeira (PO), de coelho (CO), de codorna (CO), canina Standard, canina Premium, canina Super Premium] previamente infestada ou não por *Ephestia cautella*.

Ração	<i>T. castaneum</i>	<i>T. castaneum</i> após <i>E. cautella</i>
Ração CR Frango	167,00 $\pm$ 29,11 aA	107,00 $\pm$ 17,78 aC
Ração M Frango	159,00 $\pm$ 28,58 bA	424,50 $\pm$ 32,49 aA
Ração PO Poedeira	148,00 $\pm$ 6,73 bA	216,50 $\pm$ 28,25 aBC
Ração CO Coelho	2,50 $\pm$ 1,23 bC	16,00 $\pm$ 1,24 aD
Ração CD Codorna	152,0 $\pm$ 20,52 aA	173,00 $\pm$ 12,26 aBC
Ração canina Standard	68,67 $\pm$ 16,46 bB	201,67 $\pm$ 40,86 aBC
Ração canina Premium	52,83 $\pm$ 22,15 bB	249,67 $\pm$ 61,56 aB
Ração canina S. Premium	1,67 $\pm$ 0,33 bC	7,00 $\pm$ 1,86 aD

Médias seguidas por letras distintas, minúsculas na horizontal (exposição prévia ou não a *E. cautella*) e maiúsculas na vertical (rações), diferem estatisticamente entre si pelo teste *t* (LSD) a 5% de significância.

No caso das rações de crescimento (CR) de frango e de codorna (CD), não foi observado aumento populacional de *T. castaneum*, após a infestação com *E. cautella* (Tabela 4).

Trematerra, Sciarreta e Tamasi (2000) sugerem que a interação entre pragas primárias e secundárias pode se dar pelo olfato. De acordo com os autores, as espécies de pragas secundárias *O. surinamensis*, *T. castaneum* e *Tribolium confusum* utilizam os odores exalados pelos grãos para determinar se os danos nos grãos foram ocasionados mecanicamente, durante a colheita ou manejo para armazenagem, ou por meio da ação de insetos, geralmente espécies de pragas primárias, como *R. dominica* e *S. oryzae*, dando maior preferência para esta última.

Estudo de Athanassiou et al. (2006) demonstrou interações entre *T. confusum* e *E. kuehniella*, utilizando armadilhas com farinha infestada com *E. kuehniella* na fase adulta, larval e sem infestação (controle). Os autores avaliaram a preferência e atratividade de *T. confusum*. Os adultos de *T. confusum* foram liberados em uma arena contendo as armadilhas. Após um período de 48 horas, os autores observaram que adultos de *T. confusum* estavam presentes em maior número nas armadilhas contendo adultos (*E. kuehniella*), seguido das armadilhas contendo larvas.

Trematerra et al. (2014) realizaram estudo avaliando as preferências de *S. zeamais* e *T. castaneum* por grãos de milho sadios e previamente danificados por essas espécies. Os autores utilizaram armadilhas posicionadas em uma arena cilíndrica contendo os grãos em suas diferentes condições, liberando os insetos na arena. Após as avaliações durante os intervalos de 1, 7 e 14 dias, os autores observaram que adultos de *T. castaneum* apresentavam maior preferência pelos grãos previamente danificados por *S. zeamais* em relação ao controle (grãos frescos intactos), o mesmo comportamento foi observado para a preferência de *S. zeamais* por grãos danificados por *T. castaneum*.

Essas tendências comportamentais ilustram claramente que o primeiro colonizador pode servir como o colonizador primário de grãos armazenados, mesmo que este primeiro colonizador não possa infestar grãos sadios. A forma como a primeira espécie afeta o produto para a atração ou repulsão das espécies subsequentes ainda é pouco conhecida. Esse comportamento pode sugerir uma simbiose seletiva nos ecossistemas de grãos armazenados (TREMATERRA et al., 2014).

### 5.3 Análise bromatológica de amostras de ração

Os resultados das análises bromatológicas indicaram a perda de qualidade das rações associadas às infestações de *P. interpunctella* e *T. castaneum*, com reduções principalmente nos teores de proteína. Nas rações caninas Standard (infestadas com *P. interpunctella* ou *T. castaneum*), de poedeira (PO) e de manutenção (M) de frango (infestadas com *T. castaneum*), foram observadas reduções nos teores de proteína entre 8,54% (M) e 20,36% (PO). No caso da ração para crescimento (CR) de frango, infestada com *T. castaneum*, observou-se uma redução mais intensa no teor de carboidratos (5,45%), em vez de proteínas, quando comparado aos demais tratamentos (Tabela 6).

Em todos os tratamentos (rações) com infestação de insetos-praga (*P. interpunctella* e *T. castaneum*), observou-se um aumento no teor de lipídeos (ácidos graxos), provavelmente em decorrência da transformação carboidratos e proteínas em ácidos graxos (biossíntese de lipídeos), pelos insetos durante os processos de desenvolvimento e crescimento populacional (STANLEY-SAMUELSON et al., 1988).

**Tabela 6.** Número (média  $\pm$  EP) de insetos-praga (*Plodia interpunctella*, *Tribolium castaneum*) após 60 dias do início da infestação, teores (porcentagens em relação ao controle) de carboidratos, proteínas e lipídeos, em diferentes tipos de ração [canina Standard, de poedeira (PO), de manutenção (M) e de crescimento (CR) de frango].

Espécie	Ração	Infestação da praga (Número de insetos após 60 dias)	Proporção de carboidratos em relação ao controle (%)	Proporção de proteínas em relação ao controle* (%)	Proporção de lipídeos em relação ao controle* (%)
<i>P. interpunctella</i>	Ração canina Standard	4,67 $\pm$ 2,30	99,54	90,90	124,00
<i>T. castaneum</i>	Ração canina Standard	68,67 $\pm$ 16,46	100,00	86,43	116,56
<i>T. castaneum</i>	Ração PO Poedeira	148,00 $\pm$ 6,73	99,81	79,64	218,40
<i>T. castaneum</i>	Ração M Frango	159,00 $\pm$ 28,58	99,31	91,46	148,75
<i>T. castaneum</i>	Ração CR Frango	167,00 $\pm$ 29,11	94,55	99,16	218,00

\*Teores esperados de proteínas (proteína bruta) e lipídeos (extrato etéreo) nas rações comerciais (Tabelas 1 e 2), sem infestação com insetos-praga.

O metabolismo lipídico desempenha um papel crucial nos insetos. Como em outros organismos, os lipídeos desempenham várias funções em insetos, como formar constituintes de estruturas celulares, atuar como mensageiros de sinalização e servir como a forma mais significativa de armazenamento de energia (KACZMAREK; BOGUŚ, 2021). Os ácidos graxos internos são componentes essenciais das membranas celulares e organelas; eles são conhecidos por atuar como fontes de energia e precursores de várias ceras e feromônios, metabólitos secundários e até secreções defensivas (BLOMQUIST; BAGNÈRES, 2010; GINZEL et al., 2021).

O acúmulo e a mobilização de lipídeos também desempenham papéis particularmente importantes na reconstrução radical do plano corporal e da bioquímica em insetos holometábolos, como no caso dos coleópteros e lepidópteros avaliados no presente estudo. A metamorfose holometabólica é caracterizada por quatro estágios de desenvolvimento: ovo, larva, pupa e adulto (GERHARDT; HRIBAR, 2019). O conteúdo lipídico de insetos holometábolos aumenta de forma constante durante o desenvolvimento larval para atender às necessidades metabólicas da larva e permite o acúmulo de reservas de energia para a metamorfose (LEASE; WOLF, 2011). Durante a metamorfose, a maioria dos tecidos larvais degenera e as estruturas adultas são sintetizadas de novo a partir de discos imaginais (TRUMAN; RIDDIFORD, 2019). Este processo é dependente dos níveis de reservas de energia, como lipídeos e precursores acumulados durante o crescimento larval (KURATA; KOMANO; NATORI, 1989).

Ao longo do processo de crescimento populacional dos insetos (por 60 dias) nas rações avaliadas ocorreu um elevado número de ecdises (e morte de insetos), resultando na liberação de grande quantidade de tegumentos e outros tecidos contendo lipídeos (KACZMAREK; BOGUŚ, 2021), que foram incorporados às rações. Diversos metabólitos e fezes (contendo lipídeos) produzidos pelos insetos também foram incorporados às rações onde viviam. Esse fato pode ter contribuído para o aumento de lipídeos, em todas as amostras de rações infestadas por insetos-praga, observado no presente experimento.

## 6. CONCLUSÕES

- Houve influência significativa das rações avaliadas sobre as taxas de crescimento populacional para as diferentes espécies de insetos-praga, registrando-se os maiores aumentos populacionais para *T. castaneum*, seguido por *L. serricorne*.
- *Sitophilus oryzae*, *S. zeamais*, *P. interpunctella* e *E. cautella* não apresentaram aumento populacional em nenhuma das rações avaliadas, em um período de 60 dias.
- As rações para crescimento de frango, de poedeira e de codorna possibilitaram o crescimento populacional de *T. castaneum* e *L. serricorne*.
- As rações de manutenção de frango, canina Standard e canina Premium possibilitaram o crescimento populacional apenas de *T. castaneum*.
- A ração de coelho possibilitou o crescimento populacional apenas de *L. serricorne*.
- A ração canina Super Premium não possibilitou o crescimento populacional de nenhuma das espécies de insetos avaliadas (*T. castaneum*, *L. serricorne*, *S. oryzae*, *S. zeamais*, *P. interpunctella* e *E. cautella*).
- Para as rações de manutenção de frangos, poedeira, codorna e caninas Standard, Premium e Super Premium, houve aumento significativo na infestação de *T. castaneum* nas rações previamente infestadas com *E. cautella*.
- As análises bromatológicas indicaram perdas na qualidade das rações infestadas por insetos (*T. castaneum*, *P. interpunctella*), com reduções principalmente nos teores de proteína.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo de pragas de produtos armazenados sempre se mostra essencial para o desenvolvimento de métodos de controle, considerando o fato de que insetos-praga de produtos armazenados possuem alta adaptabilidade ao ambiente em que se encontram, havendo sempre a necessidade de inovação, estudo e investimento em tecnologias para controle, as quais devem se complementar a todas as outras para realização do manejo integrado das pragas.

É possível que as características organolépticas e físicas das rações analisadas exerceram influência sobre o desenvolvimento das espécies-alvo do presente trabalho.

Tendo em vista o atual cenário econômico do setor, cada vez mais importante, há a necessidade de maiores estudos sobre outras possíveis espécies pragas capazes de se desenvolver em rações animais bem como o aprofundamento sobre as possíveis alterações químicas e/ou físicas, sejam elas de caráter qualitativo e/ou quantitativo que a presença e ação de insetos-praga pode ocasionar.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABHIJITH, N.; MOHAN, S. Studies on penetration of packages by cigarette beetle, *Lasioderma serricorne* (F.), red flour beetle, *Tribolium castaneum* (Herbst) and rusty grain beetle, *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens) to avoid cross infestation, **The Bioscan**, v.12, n.1, p.47-50, 2017.

ABINPET – Associação Brasileira da Indústria de Produtos para Animais de Estimação. Disponível em: <https://abinpet.org.br/> Acesso em: 18/10/2022

ADAMS, J. M. Weight loss caused by development of *Sitophilus zeamais* Motsch. in maize. **Journal of Stored Products Research**, v.12, p.269-272, 1976.

ALLOTEY, J.; GOSWAMI, L. Comparative biology of two Phycitid moths *Plodia interpunctella* (Hubn.) and *Ephestia cautella* (Wlk.) on some selected food media. **Insect Science and Its Application**, v.11, n.2, p.209-215, 1990.

ALLOTEY, J.; UNANAOWO, I. E. Aspects of the biology of *Lasioderma serricorne* on selected food media under tropical conditions. **Insect Science and Its Application**, v.14, n.5/6, p.595-601, 1993.

ANTIKA, S. R. V.; ASTUTI, L. P.; RACKMAWATI, R. Perkembangan *Sitophilus oryzae* Linnaeus (Coleoptera: Curculionidae) pada berbagai jenis pakan. **Jurnal HPT**, v. 2, n. 4, p. 77-84, 2014.

AQUINO, S.; POTENZA, M. R. Análise da microbiota associada à entomofauna em rações a granel para animais domésticos. **Arquivos do Instituto Biológico**, v.80, n.2, p.243-247, 2013.

ARTHUR, F.H.; STARKUS, L.A.; GERKEN, A.R.; CAMPBELL, J.F.; McKAY, T. Growth and development of *Tribolium castaneum* (Herbst) on rice flour and brown rice as affected by time and temperature. **Journal of Stored Products Research**, v. 83, p. 73-77, 2019.

ATHANASSIOU, C.G. et al. Behavioural responses of *Tribolium confusum* Jacquelin du Val (Coleoptera: Tenebrionidae) to flour previously infested or contaminated by *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae) semiochemicals. In: Proceedings of 9th International Working Conference of Stored Products Protection. Brazilian Post-Harvest Association (ABRAPOS), São Paulo, Brasil, 2006, p.441-445.

ATHIÉ, I.; PAULA, C.D. de. **Insetos de Grãos Armazenados: Aspectos Biológicos e Identificação**. 2 ed. São Paulo: Livraria Varela, 2002. 244 p.

BEEMAN, R.W.; HAAS, S.; FRIESEN, K. Beetle wrangling tips - An Introduction to the care and Handling of (*Tribolium castaneum*), 2012. Disponível em: <https://www.ars.usda.gov/plains-area/mhk/cgahr/spieru/docs/tribolium-stock-maintenance/> Acesso em: 15/09/2022

BERTOLINO, M.T. **Gerenciamento da qualidade na indústria alimentícia**. Porto Alegre: Ed. Artmed, 2010, 320p.

BLOMQUIST, G.J.; BAGNÈRES, A.G. **Insect hydrocarbons biology, biochemistry, and chemical ecology**. Cambridge: Cambridge University Press, 2010.

BOLZAN, R.C. **Bromatologia**. Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Agrícola de Frederico Westphalen, 2013. 81p. Disponível em: <https://www.fucap.edu.br/biblioteca/livros/livro3.pdf>. Acesso em: 04 Jul. 2023.

BORZOU, E.; BANDANI, A.R.; GOLDANSAZ, S.H.; TALAEI-HASSANLOUEI, R. Dietary protein and carbohydrate levels affect performance and digestive physiology of *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 111, n. 2, p. 942-949, 2018.

BOUAYAD, N.; RHARRABE, K.; GHAILANI, N.; SAYAH, F. Effects of different food commodities on larval development and  $\alpha$ -amylase activity of *Plodia interpunctella* (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae). **Journal of Stored Products Research**, v. 44, n. 4, p. 373-378, 2008.

BROWN, S.J.; SHIPPY, T.D.; MILLER, S.; BOLOGNESI, R.; BEEMAN, R.W.; LORENZEN, M.D.; BUCHER, G.; WIMMER, E.A.; KLINGLER, M. The Red Flour Beetle, *Tribolium castaneum* (Coleoptera): a model for studies of development and pest biology. **Cold Spring Harbor Protocols**, v. 2009, n. 8, p. 1-9, 2009.

CAMPOS, T.B.; ZORZENON, F.J. **Pragas dos grãos e produtos armazenados**. São Paulo: Instituto Biológico/Apta, 2006. 1-19p. (Boletim Técnico 17)

CHAGAS, M.A.; SENIGALIA, R.L.C.; CASTRO, D.A.; SANTOS, A.S.R.M.; SANTOS, D.A.T.; SOUSA, J.H.R. Efeito de diferentes dietas na preferência alimentar e desenvolvimento de *Lasioderma serricorne* (Fabricius, 1792) (Coleoptera: Anobiidae). **Biodiversidade**, v. 18, n. 1, p. 43-52, 2019.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB - Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos, Brasília, DF, v.10, safra 2022/23, n.9 nono levantamento, junho 2023.

CUSTÓDIO, D.P. et al. Ração: Alimento Animal Percível. **Revista Eletrônica Faculdade Montes Belos** (ISSN 1808-8597), v.1, n.2, p. 131-147, 2005.

DEVI, M.B.; DEVI, N.V. Biology of rust-red flour beetle, *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). **Biological Forum: An International Journal**, v. 1, n. 7, p. 12-15, 2015.

DEVI, S.R.; THOMAS, A.; REBIJITH, K.B.; RAMAMURTHY, V.V. Biology, morphology and molecular characterization of *Sitophilus oryzae* and *S. zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). **Journal of Stored Products Research**, v. 73, p. 135-141, 2017.

DOBIE, P., et al. **Insects and arachnids of tropical stored products, their biology and identifications: a training manual**. UK, Tropical Development and Research Institute, 1984, 273 p.

EDDE, P.A. et al. Biology, Behavior, and Ecology of Pests in Other Durable Commodities. In: HAGSTRUM, D.W.; CUPERUS, G.; T.W. PHILIPS (ed.). **Stored Product Protection**. Kansas: Kansas State Research and Extension, 2012. Cap. 5, p. 17.

EL-FOULY, S.; KELANY, I.M.; OMARA, S.M.; HASSANEIN, S.S.M.; GHARIB, M.S.; SELEEM, G.S. Biological studies on the cigarette beetle, *Lasioderma serricorne* (F.) on different botanical foods. **Zagazig Journal of Agricultural Research**, v. 48, n. 1, p. 65-78, 1 jan. 2021.

FARNHAM, A.S.; FARNHAM, A.S.; FLORA, J.W.; INGRAM, S.S.; FAUSTINI, D.L. No evidence of substantial nicotine metabolism by *Lasioderma serricorne* (Fabricius) (Coleoptera: Anobiidae) reared on tobacco. **Journal of Stored Products Research**, v.43, n.2, p.171-176, 2007.

FARONI, L.R.D.; SILVA, J.S. Manejo de Pragas no Ecosistema de Grãos Armazenados. In: SILVA, J. S. **Secagem e Armazenagem de Produtos Agrícolas** 2 ed. Viçosa: Aprenda Fácil, 2008. cap. 15, p. 371 - 405.

FENILLI, R. **Insetos da soja armazenada, morfologia, biologia, avaliação de prejuízos e combate da *Ephestia cautella* (Walker, 1863) (Lep. Pyralidae)**. 1977. 131 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Entomologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1977. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/74366/D%20-%20D%20-%20RENATO%20FENILLI.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 19 set. 2022.

FERRI, G. C.; LORINI, I.; VENTURA, M. U., Potencial de desenvolvimento de *Lasioderma serricorne* (Fabricius, 1792) (Coleoptera: Anobiidae) em dietas contendo soja. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 21, p. 1-7, 18 jan. 2018.

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

GALLO, D. et. al. **Entomologia Agrícola**. 10, Piracicaba: Fealq, 2002, 920 p.

GERHARDT, R.R.; HRIBAR, L.J. Flies (Diptera) In: Mullen, G.R.; Durden, L.A. (Eds.). **Medical and veterinary entomology** (third edition) New York: Academic Press; 2019. p.171-190.

GINZEL, M.D.; TITTIGER, C.; MACLEAN, M.; BLOMQUIST, G.J. Hydrocarbon pheromone production in insects. In: BLOMQUIST, G.J.; VOGT, R.G. (Eds.). **Insect pheromone biochemistry and molecular biology**. New York: Academic Press, 2021. p.205-235.

HOWE, R.W. A Summary of estimates of optimal and minimal conditions for population increase of some stored products insects. **Journal of Stored Products Research**, v. 1, p. 177-184, 1965.

HOWE, R.W. The effect of temperature and humidity on the rate of development and mortality of *Tribolium Castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). **Annals of Applied Biology**, v. 44, n. 2, p. 356-368, 1956.

INSTITUTO PET BRASIL. Benefícios. Estudos e Pesquisas de mercado. Disponível em: <http://institutopetbrasil.com/beneficios/>. Acesso em: 21/10/2022

KACZMAREK, A.; BOGUŚ, M. The metabolism and role of free fatty acids in key physiological processes in insects of medical, veterinary and forensic importance. **PeerJ**, v.9, e12563, 2021. doi: 10.7717/peerj.12563

KARUNARATHNE, E.V.U.P.; DISSANAYAKA, D.M.S.K.; WIJAYARATNE, L.K.W. Development and evaluation of diets for rearing *Cadra cautella* (Walker) (Lepidoptera: *Pyralidae*) and *Corcyra cephalonica* (Stainton) (Lepidoptera: *Pyralidae*) using readily-available materials. **Rajarata University Journal**, v.5, n.2, p.79-85, 2020.

KURATA, S.; KOMANO, H.; NATORI, S. Dissociation of *Sarcophaga peregrina* (flesh fly) fat body by pupal haemocytes *in vitro*. **Journal of Insect Physiology**, v.35, p.559-565, 1989. doi: 10.1016/0022-1910(89)90144-3.

LAZZAROTTO, J.J. Nutrição e Alimentação de Filhotes de Cães. **Revista da FZVA**, Uruguiana, v.7/8, n.1, p. 157-162, 2000/2001.

LEASE, H.M.; WOLF, B.O. Lipid content of terrestrial arthropods in relation to body size, phylogeny, ontogeny and sex. **Physiological Entomology**, v.36, p.29-38, 2011. doi: 10.1111/j.1365-3032.2010.00767.x.

LI, M. et al. The effect of acclimation on heat tolerance of *Lasioderma serricorne* (Fabricius) (Coleoptera: Anobiidae). **Journal of Thermal Biology**, v.71, p.153- 157, 2018.

LORINI I.; FERRI G.C.; ROSSATO C. Desenvolvimento de *Lasioderma serricorne* (Fabricius, 1792) (Coleoptera: Anobiidae) em grãos de soja armazenada. **VI Congresso Brasileiro de Soja**. Cuiabá. 2012. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/928504/1/108s54.pdf> Acesso em: 22/09/2022

LORINI, I. Manejo Integrado de Pragas de Grãos Armazenados. In: LORINI, I. et al (ed.). **Armazenagem de Grãos**. 2. ed. Jundiaí: Instituto Bio Genziz, 2018. Cap. 4.11. p. 659-692.

LORINI, I.; KRZYŻANOWSKI, F.C.; FRANÇA-NETO, J.B.; HENNING, A.A.; HENNING, F.A. **Manejo integrado de pragas de grãos e sementes armazenadas**. Brasília: Embrapa, 2015. 84 p.

MACHADO, E.H.L.; ALVES, L.C.; FAUSTINO, M.A.G.; DEZOTTI, C.H. Frequência de insetos-praga em alimento industrializado para cães comercializados na cidade de Recife-PE. **Medicina Veterinária**, v.2, n.1, p.10-16, 2008b.

MACHADO, E.H.L.; ALVES, L.C.; FAUSTINO, M.A.G.; MACHADO, E.C.L. Ocorrência de coleópteros em alimentos industrializados para cães, comercializados na região metropolitana de Recife, PE. **Neotropical Entomology**, v.37, n.5, p.602-605, 2008a.

MAHROOF, R.M.; PHILLIPS, T.W. Life history parameters of *Lasioderma serricorne* (F.) as influenced by food sources. **Journal of Stored Products Research**, v.44, n.3, p.219-226, 2008.

MANUEKE, J.; PELEALU, J. Ketertarikan hama *Sitophilus oryzae* pada beras, jagung pipilan kacang tanah, kacang kedelai, dan kopra. **Eugenia**, v.21, n.2, p. 70-79, 2015.

MAZON, M.S.; MOURA, W.G. de. Cachorros e humanos: Mercado de rações pet em perspectiva sociológica. **Civitas - Revista de Ciências Sociais**, v.17, n.1, p.138, 2017.

MBATA, G.N.; OSUJI, F.N.C. Some Aspects of the biology of *Plodia interpunctella* (Hubner) (Lepidoptera: Pyralidae) a pest of stored groundnuts in Nigeria. **Journal of Stored Products Research**, v. 19, n. 3, p. 141-151, 1983.

MEHTA, V.; KUMAR, S. Relative susceptibility and influence of different wheat cultivars on biological parameters of *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera: Curculionidae). **International Journal of Tropical Insect Science**, v. 41, n. 1, p. 653-661, 2020.

MOREIRA, L.L.; CANEPPELE, M.A.B.; LÁZZARI, S.M.N.; DORVAL, A.; MIYAZAKI, R.D. Desenvolvimento de *Lasioderma serricorne* (Fabricius, 1792) (Coleoptera: Anobiidae) em diferentes dietas e temperaturas. **Biotemas**, v. 23, n.4, p. 37-41, 2010.

NAVEENA, K.; SRIDHAR, R.P.; ROSELEEN, S.S.J. Host suitability for mass multiplication of the cigarette beetle, *Lasioderma serricorne* (F.) (Coleoptera: Anobiidae) under stored conditions. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, v. 8, n. 4, p. 1846-1850, 2019.

ODUM, E.P. **Fundamentos de Ecologia**. 7. ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2004. 927p.

OLSSON, P.O.C.; ANDERBRANT, O.; LÖFSTEDT, C. Experience influences oviposition behaviour in two pyralid moths, *Ephestia cautella* and *Plodia interpunctella*. **Animal Behaviour**, v. 72, n. 3, p. 545-551, 2006.

PEREIRA, P.R.V.S.; SALVADORI, J.R. **Identificação dos principais Coleoptera (Insecta) associados a produtos armazenados**. Embrapa Trigo (Folhetos), 2006. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPT-2010/40693/1/p-do75.pdf>. Acesso em: 13 Nov. 2022.

PIRES, E.M.; NOGUEIRA, R.M.; FARONI, L.R. D'A.; SOARES, M.A.; OLIVEIRA, M.A. Biological and reproductive parameters of *Tribolium castaneum* in Brazil nut. **Florida Entomologist**, v. 102, n. 1, p. 76, 2019.

PIRES, E.M.; SOUZA, E.Q.; NOGUEIRA, R.M.; SOARES, M.A.; DIAS, T.K.R.; OLIVEIRA, M.A. Damage caused by *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) in stored Brazil nut. **Scientific Electronic Archives**, v. 10, n. 1, p.1-5, 2017.

RAMOS, A.C.O. **Aplicação da radiação gama na desinfestação de rações a base de grãos para alimentação de animais domésticos**. 2009. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – São Paulo, 68p.

REES, D. **Insects of stored grain: a pocket reference**. 2.ed. Australia: Csiro Publishing, 2007.

ROESLI, R.; SUBRAMANYAM, B.; CAMPBELL, J. F.; KEMP, K. Stored-product insects associated with a retail pet store chain in Kansas. **Journal of Economic Entomology**, v. 96, n. 6, p. 1958-1966, 2003.

SAVOLDELLI, S.; SÜSS, L. Integrated control of *Ephestia cautella* (Walker) in a confectionary factory. **Julius-Kühn-Archiv**, n. 425, p. 991-992, 2010.

SILHACEK, D.; MURPHY, C. A simple wheat germ diet for studying the nutrient requirements of the Indian meal moth, *Plodia interpunctella* (Hübner). **Journal of Stored Products Research**, v. 42, n. 4, p. 427-437, 2006.

SILHACEK, D.; MURPHY, C. Moisture content in a wheat germ diet and its effect on the growth of *Plodia interpunctella* (Hübner). **Journal of Stored Products Research**, v. 44, n. 1, p. 36-40, 2008.

SILHACEK, D.L.; MILLER, G.L. Growth and development of the Indian meal moth, *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: *Phycitidae*), under laboratory mass-rearing conditions. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 65, n. 5, p. 1084-1087, 1972.

SINDIRAÇÕES – Sindicato Nacional da Indústria de Alimentação Animal. Disponível em: <https://sindiracoes.org.br/> Acesso em: 12/04/2023.

SOARES, C.E.S. et al. Armazenagem de Pet food: um Desafio para Consumidores. In: CONFERÊNCIA BRASILEIRA DE PÓS-COLHEITA 2018, 7., 2018, Londrina. **Anais da 7ª Conferência Brasileira de Pós-Colheita**. Londrina: Abrapós, 2018. p.1019-1024.

SOUZA, A.R.; SILVA, T.M. da; SANTOS, LOPES, J.F.; PREZOTO, F. Seleção e desenvolvimento de *Sitophilus oryzae* (Linné, 1763) em três substratos. **Magistra**, v.24, p.160-163, 2012.

STANLEY-SAMUELSON, D.W.; JURENKA, R.A.; CRIPPS, C.; BLOMQUIST, G.J.; DE RENOBALLES, M. Fatty acids in insects: composition, metabolism, and biological significance. **Archives of Insect Biochemistry and Physiology**, v.9, p.1-33, 1988. doi: 10.1002/arch.940090102.

STRINGHINI, J. H. Aspectos sobre os alimentos utilizados para rações de aves. **Jornal do Fazendeiro**, n. 168, DPA/EMV/EFG, p.10, 2001.

TREMATERRA, P. et al. Behavioral interactions between *Sitophilus zeamais* and *Tribolium castaneum*: the first colonizer matters. **Journal of Pest Science**, v.88, n.3, p.573-581, 2014.

TREMATERRA, P.; A. SCJARRETA; TAMASI, E. Behavioural responses of *Oryzaephilus surinamensis*, *Tribolium castaneum* and *Tribolium confusum* to naturally and artificially damaged durum wheat kernels. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.94, p.195-200, 2000.

TRUMAN, J.W.; RIDDIFORD, L.M. The evolution of insect metamorphosis: a developmental and endocrine view. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v.374, n.1783, p.20190070, 2019. doi: 10.1098/rstb.2019.0070.

WHITE, G.G. The effect of grain damage on development in wheat of *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). **Journal of Stored Products Research**, v. 18, p.115-119, 1982.

WIJAYARATNE, L.K.W.; EGODAWATTA, W.C.P. Weight gain performance of *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae) larvae and adults in different diets. **Journal of Science**, v. 2, n. 1, p. 19-24, 2021.

WIJERATHNE, K.B.T.T.; KARUNARATHNE, E.V.U.P.; DISSANAYAKA, D.M.S.K.; WIJAYARATNE, L.K.W. New food medium for rearing *Tribolium Castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). **Rajarata University Journal**, v.5, n.1, p.41-45, 2020.