

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
**Instituto de Ciências Agrárias**  
**Programa de Pós Graduação em Produção Animal**

Sandro Morais dos Santos

**EXCLUSÃO DA DIETA INICIAL DURANTE O DESENVOLVIMENTO DE *Hermetia*  
*illucens* L. (DIPTERA: STRATIOMYIDAE) EM RESÍDUOS DE COMIDA DE  
RESTAURANTE ALTERA A COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA E MELHORA O  
DESEMPENHO PRODUTIVO LARVAL**

Montes Claros  
2022

Sandro Morais dos Santos

**EXCLUSÃO DA DIETA INICIAL DURANTE O DESENVOLVIMENTO DE *Hermetia illucens* L. (DIPTERA: STRATIOMYIDAE) EM RESÍDUOS DE COMIDA DE RESTAURANTE ALTERA A COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA E MELHORA O DESEMPENHO PRODUTIVO LARVAL**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Produção Animal da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Produção Animal.

Orientador: Prof. Dr. Diego Vicente da Costa

Coorientador: Wedson Carlos Lima Nogueira

Montes Claros  
2022

Santos, Sandro Morais.

S237e  
2022

Exclusão da dieta inicial durante o desenvolvimento de *Hermetia illucens* L. (Diptera: Stratiomyidae) em resíduos de comida de restaurante altera a composição bromatológica e melhora o desempenho produtivo larval [manuscrito] / Sandro Morais dos Santos. Montes Claros, 2022.

41f.: il.

Dissertação (mestrado) - Área de concentração em Produção Animal. Universidade Federal de Minas Gerais/Instituto de Ciências Agrárias.

Orientador: Diego Vicente da Costa.

Banca examinadora: Júlio César dos Santos Nascimento, Pedro Guilherme Lemes Alves, Wedson Carlos Lima Nogueira.

Inclui referências: f. 22-25; 37-40.

1. Bioconversão de resíduos -- Teses. 2. Entomocultura -- Teses. 3. Resíduos orgânicos -- Teses. 4. Mosca-soldado-negra -- Teses. 5. Sustentabilidade -- Teses. 6. Alimentos -- Análise -- Teses. I. Costa, Diego Vicente da. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Ciências Agrárias. III. Título.

CDU: 613.28



**Universidade Federal de Minas Gerais**  
**Instituto de Ciências Agrárias**  
**Colegiado de Pós-Graduação em Produção Animal**

**ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO**

Aos 29 dias do mês de novembro de 2022 às 14:00 horas, sob a Presidência do Professor Diego Vicente da Costa, D. Sc. (Orientador – UFMG/ICA) e com a participação de Wedson Carlos Lima Nogueira, D. Sc. (Coorientador – Winsects Brasil/Consultoria Técnica) e dos Professores Pedro Guilherme Lemes Alves, D. Sc. (UFMG/ICA) e Júlio César dos Santos Nascimento, D. Sc. (UFRPE), reuniu-se, por videoconferência, a Banca de defesa de dissertação de **Sandro Morais dos Santos**, aluno do Curso de Mestrado em Produção Animal. O resultado da defesa de dissertação intitulada “Exclusão da dieta inicial durante o desenvolvimento de *Hermetia illucens* L. (Diptera: Stratiomyidae) em resíduos de comida de restaurante altera a composição bromatológica e melhora o desempenho produtivo larval”, sendo o aluno considerado **APROVADO**. E, para constar, eu, Professor Diego Vicente da Costa, Presidente da Banca, lavrei a presente Ata que depois de lida e aprovada, será assinada por mim e pelos demais membros da Banca examinadora.

OBS.: O aluno somente receberá o título após cumprir as exigências do ARTIGO 53 do regulamento e da resolução 05/2016 do Curso de Mestrado em Produção Animal.

Montes Claros, 29 de novembro de 2022.

Diego Vicente da Costa  
Orientador

Pedro Guilherme Lemes Alves  
Membro

Wedson Carlos Lima Nogueira  
Coorientador

Documento assinado digitalmente



JULIO CEZAR DOS SANTOS NASCIMENTO  
Data: 01/12/2022 10:34:25-0300  
Verifique em <https://verificador.itl.br>

Júlio César dos Santos Nascimento  
Membro

**Sandro Morais dos Santos**

**Exclusão da dieta inicial durante o desenvolvimento de *Hermetia illucens* L. (Diptera: Stratiomyidae) em resíduos de comida de restaurante altera a composição bromatológica e melhora o desempenho produtivo larval**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Produção Animal da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Produção Animal.

Área de Concentração: Produção Animal  
Linha de Pesquisa: Alimentação de não Ruminantes.

Orientador: Diego Vicente da Costa.  
Instituto de Ciências Agrárias da UFMG.

Aprovado pela banca examinadora constituída pelos professores:

Prof. Pedro Guilherme Lemes Alves.  
Universidade Federal de Minas Gerais - ICA.

Prof. Júlio César dos Santos Nascimento.  
Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE.

Wedson Carlos Lima Nogueira (Coorientador)  
Winsects Brasil/Consultoria Técnica



---

Prof. (Diego Vicente da Costa) Universidade Federal  
de Minas Gerais- ICA

Montes Claros, 29 de Novembro de 2022

## **DEDICATÓRIA**

À Deus, por toda fé, sabedoria, saúde e paz interior, para que possa sempre lutar pelos meus objetivos com muita paciência, humildade e resiliência. Aos meus pais Alvino e Orlinda, por toda educação e contribuição na minha formação de caráter que me faz ser a pessoa na qual me tornei. A minha namorada e todos meus irmãos pelo carinho e incentivo que contribuiu para que eu chegasse cada vez mais longe. Aos meus amigos, que sempre me motivaram a não desistir mesmo nas horas mais difíceis. As minhas colegas de mestrado, Isabela e Haléxya por todo apoio na pesquisa. Dedico também ao meu orientador, professor Diego Vicente da Costa, por todo apoio no desenvolvimento desse trabalho, e o meu coorientador Wedson Carlos por todo incentivo na pesquisa e construção dessa dissertação. Enfim, dedico a todos que torceram por mim durante essa jornada.

## AGRADECIMENTO

Agradeço primeiramente a Deus, pois, sem ele esta etapa da minha vida não teria sido concluída, agradeço também por ter me dado saúde e determinação para que eu possa sempre lutar por meus objetivos. Em especial agradeço meus pais, Alvino e Orlinda por todo apoio, carinho e amor que sempre me deram, pois, devo o que sou a eles. Agradeço a todos meus irmãos pela força e contribuição pessoal, em especial meu irmão Sergio pelos incentivos e conselhos que me ajudaram a tomar as decisões sabias nas horas difíceis. Meu sobrinho João Vitor por toda ajuda e amizade, jamais me esquecerei de toda sua contribuição em minha vida acadêmica e pessoal. Agradeço minha namorada por estar sempre comigo, me ajudando a enfrentar todos os obstáculos. A todos meus amigos pelo apoio, carinho e companheirismo de sempre, aos meus amigos Valdo e Elias por todo apoio e contribuição durante minha permanência na UFMG. Em especial agradeço meu orientador Diego Vicente e meu coorientador Wedson Nogueira, que me ajudaram a despertar um novo propósito de vida, que é contribuir para a preservação do meio ambiente, desenvolvendo meios produtivos mais sustentáveis com uso de insetos alimentícios. Agradeço também as minhas companheiras do laboratório de Entomocultura do ICA-UFMG; Isabela, Haléxya, por todo empenho e dedicação. Agradeço a todos meus professores da UFMG pela contribuição no aprendizado no Mestrado de produção Animal. Um agradecimento especial ao professor Felipe, que contribuiu muito com a estatística de meu experimento. Agradeço ao professor Eduardo Robson e a servidora Katchuce que cederam o laboratório para utilização dos equipamentos. À Coordenadoria de Aperfeiçoamento do Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Banco do Nordeste (BNB) pela parceria e apoio financeiro desenvolvimento dessa pesquisa. À UFMG/ICA (Universidade Federal de Minas Gerais/ICA) e o Laboratório de Entomocultura pelo apoio na pesquisa. Por fim, agradeço a todos que torceram por mim, declaro minha eterna gratidão.

## **EPIGRAFE**

“Se fracassar, ao menos que fracasse ousando grandes feitos, de modo que a sua postura não seja nunca a dessas almas frias e tímidas que não conhecem nem a vitória nem a derrota”.

*“Theodore Roosevelt”*



## RESUMO

Estima-se que a população mundial chegará a 9 bilhões em 2050 e com isso, a demanda por alimentos crescerá. A mosca-soldado-negra (*Hermetia illucens*) (Diptera: Stratiomyidae) (MSN) se apresenta como alternativa sustentável e viável para produção de proteína animal, e tem recebido grande destaque na ciência e na indústria em virtude da sua alta capacidade de bioconversão de matéria orgânica. Além disso, sua produção demanda poucos recursos hídricos e energéticos e independem de terras agricultáveis. Para avaliar o efeito do tempo em dieta inicial (DI) de larvas mosca-soldado-negra transferidas para resíduo de restaurante sobre desempenho larval e redução de resíduos orgânicos foi realizado um experimento em delineamento inteiramente casualizado com os tratamentos 0, 6, 8, 10 e 12 dias em DI (ração de frango) antes da transferência das larvas para resíduo de restaurante. As análises de regressão linear e quadrática e contrastes entre médias foram realizadas utilizando o software SAS (2014) considerando 5% de significância. Os contrastes entre larvas criadas sem DI e larvas criadas com DI não foram significativos para as características peso larval final, número de larvas vivas e taxa de crescimento larval, indicando a não necessidade de DI. Também houve maior crescimento larval, menor peso de *frass* e maior redução de resíduo ao não utilizar a DI. O contraste para as características nutricionais, proteína bruta e matéria mineral, matéria seca e umidade apresentaram diferença. Já os demais perfis, extrato etéreo, fibra bruta, cálcio, fósforo, extrativo não nitrogenado e nutrientes digestíveis totais não apresentaram diferenças entre os contrastes. Houve redução linear do comprimento médio e taxa de crescimento larval, aumento linear do peso do *frass* em função do aumento no tempo em DI. A redução do resíduo foi negativamente impactada pelo tempo em DI. O tempo em DI não afetou o peso larval final e o número de larvas vivas ao fim do experimento. Os perfis matéria seca e umidade apresentaram diferença para os modelos lineares. Já o extrato etéreo e cálcio não houve diferença. A fibra bruta e o fósforo obtiveram as maiores médias no grupo D12, o extrativo não nitrogenado no D6. Os resultados encontrados indicam que a DI não conferiu vantagem para a maioria das características nutricionais e de desempenho e, por isso, pode não ser necessária para criar MSN em resíduos alimentares de restaurante. A possibilidade de que a criação de MSN não necessite de DI em outros resíduos, ricos em nutrientes, deve ser investigada.

Palavras-chave: Bioconversão de resíduo. Entomocultura. Manejo de resíduo. Mosca-soldado-negra. Sustentabilidade.

## ABSTRACT

It is estimated that the world population will reach 9 billion in 2050 and therefore, the demand for food will grow simultaneously. The black soldier fly (*Hermetia illucens*) (Diptera: Stratiomyidae) (BSF) presents itself as a promising, sustainable and viable alternative for the production of animal protein, and has received great attention in science and industry due to its high capacity for bioconversion of organic matter. In addition, its production requires few water and energy resources and does not depend on arable land. To evaluate the effect of time on initial diet (ID) of black soldier fly larvae transferred to restaurant waste on larval performance and organic waste reduction, an experiment was carried out in a completely randomized design with treatments 0, 6, 8, 10 and 12 days in ID (chicken feed) before transferring the larvae to restaurant waste. Linear and quadratic regression analyzes and contrasts between means were performed using the SAS software (2014) considering a 5% significance level. The contrasts between larvae reared without ID and larvae reared with ID were not significant for the characteristics final larval weight, number of live larvae and larval growth rate, indicating no need for ID. There was also greater larval growth, lower frass weight and greater residue reduction when not using ID. The contrast for the nutritional characteristics, crude protein and mineral matter, dry matter and moisture showed a significant difference ( $p < 0.05$ ). The other profiles, ether extract, crude fiber, calcium, phosphorus, non-nitrogen extract and total digestible nutrients showed no significant differences between the contrasts ( $p > 0.05$ ). There was a linear reduction in the average length and larval growth rate, a linear increase in the frass weight as a function of the increase in time in DI. Residue reduction was negatively impacted by time in ID. The time in ID did not affect the final larval weight and the number of live larvae at the end of the experiment. The dry matter and moisture profiles showed a significant difference ( $p < 0.05$ ) for the linear models. As for the ether extract and calcium, the differences were insignificant ( $p > 0.05$ ). Crude fiber and phosphorus had the highest means in the D12 group, the non-nitrogenous extractive in D6. The results found indicate that ID did not confer an advantage for most nutritional and performance characteristics and, therefore, it may not be necessary to create BSF in restaurant food waste. The possibility that BSF rearing does not require ID on other, nutrient-rich wastes should be investigated.

Key words: black soldier fly. Entomoculture. Sustainability. waste bioconversion. waste management.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

|  |    |
|--|----|
| Figura 1 - Ciclo de vida da mosca-soldado-negra ( <i>Hermetia illucens</i> , L. Díptera: Stratiomyidae) ...  | 18 |
| Figura 2 - Mosca-soldado-negra ( <i>Hermetia illucens</i> , L. Díptera: Stratiomyidae) na fase adulta.....   | 19 |
| Quadro 1 - Composição nutricional de larvas e pupas da ( <i>Hermetia illucens</i> , L. Díptera: Stratiomyidae) alimentadas em diferentes resíduos orgânicos..... | 20 |

## LISTA DE TABELAS

|   |    |
|---|----|
| Tabela 1 - Composição química da ração de frango da dieta inicial e resíduo alimentar de restaurante usado na criação de larvas de <i>Hermetia illucens</i> (Diptera: Stratiomyidae).....   | 30 |
| Tabela 2 - Proporção de dietas usadas na alimentação de larvas de <i>Hermetia illucens</i> (Diptera: Stratiomyidae), por tratamento.....  | 31 |
| Tabela 3 - Desempenho e redução de resíduo de larvas de <i>Hermetia illucens</i> (Diptera: Stratiomyidae) (média $\pm$ EP) sem dieta inicial em contraste com larvas criadas com dieta inicial..  | 32 |
| Tabela 4 - Desempenho e redução de resíduo de larvas de <i>Hermetia illucens</i> (Diptera: Stratiomyidae) (médias $\pm$ EP) alimentadas em diferentes períodos em dieta inicial com ração de frango e parâmetros da equação de regressão para os modelos lineares com falta de ajustamento..... | 33 |
| Tabela 5 - Composição nutricional de larvas de <i>Hermetia illucens</i> (Diptera: Stratiomyidae) (médias $\pm$ EP) sem dieta inicial em contraste com larvas criadas com dieta inicial.....   | 34 |
| Tabela 6 - Composição nutricional de larvas de <i>Hermetia illucens</i> (Diptera: Stratiomyidae) (médias $\pm$ EP) alimentadas em diferentes períodos em dieta inicial com ração de frango e parâmetros da equação de regressão para os modelos lineares com falta de ajustamento.....          | 35 |

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

|      |  |
|------|--|
| AGCM | Ácido graxos de cadeia média                                   |
| CL   | Comprimento médio larval                                       |
| DI   | Dieta Inicial  |
| ENG  | Engorda  |
| FAO  | Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura |
| GEE  | Gás do efeito estufa   |
| IFIF | Federação Internacional da Indústria de Rações                 |
| IRR  | Índice de redução de resíduo                                   |
| LA   | Ácido láurico  |
| MNG  | Monoglicerídeo monolaurato de glicerol                         |
| MSN  | Mosca-soldado-negra  |
| ONU  | Organização das Nações Unidas                                  |
| RF   | Ração para frango  |
| RR   | Resíduo de restaurante   |
| RS   | Redução do substrato   |
| TCL  | Taxa de crescimento larval                                     |

## SUMÁRIO

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. INTRODUÇÃO</b> .....   | <b>14</b> |
| <b>2. OBJETIVOS</b> .....  | <b>16</b> |
| 2.1 Objetivo Geral .....   | 16        |
| 2.2 Objetivos Específicos .....  | 16        |
| <b>3 .REVISÃO DE LITERATURA</b> .....  | <b>17</b> |
| 3.1 Consumo de proteína animal no mundo .....  | 17        |
| 3.2 Uso de insetos na alimentação .....  | 17        |
| 3.3 Mosca-soldado-negra ( <i>Hermetia illucens</i> ) .....   | 18        |
| 3.4 Valor nutricional da mosca-soldado-negra ( <i>Hermetia illucens</i> ) .....  | 20        |
| <b>4. REFERÊNCIAS</b> .....  | <b>22</b> |
| <b>5. ARTIGO</b> .....   | <b>26</b> |
| 5.1 Artigo 1- Exclusão da dieta inicial durante o desenvolvimento de <i>Hermetia illucens</i> L. (Diptera: Stratiomyidae) em resíduos de comida de restaurante altera a composição bromatológica e melhora o desempenho produtivo larval ..... | 26        |
| <b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....   | <b>41</b> |

## 1. INTRODUÇÃO

Estima-se que até 2050, a população mundial ultrapasse os 9 bilhões (TRIPATHI et al., 2019). Esse crescimento acelerado gera problemas sociais, como o aumento da fome. Em 2018, mais de 820 milhões de pessoas no mundo não tinham o suficiente para comer (FAO, 2019). Em 2021, agravado pela pandemia da Covid-19, esse número foi ainda maior (828 milhões) (FAO, 2021).

Esse crescimento populacional impõe uma enorme pressão sobre os meios de produção de alimento, pois será preciso produzir cada vez mais em menos espaços, e de forma mais sustentável. Estima-se que no mundo é desperdiçado cerca de 1,3 bilhões de toneladas de alimentos por ano, esse valor representa 30% de todo alimento que é produzido para o consumo humano suficiente para alimentar quem ainda passa fome (FAO, 2021).

O aumento da produção de alimento tem como consequência a geração de grandes quantidades de resíduos sólidos agroindustriais, que pode impactar negativamente o meio ambiente, gerando pressão sobre os aterros sanitários. No Brasil, entre 2010 e 2019 a geração de resíduos sólidos aumentou, passando de 67 para 79 milhões de toneladas por ano e a geração per capita aumentou de 348 para 379 Kg/ano (ABRELPE, 2020).

O uso alternativo dos resíduos orgânicos é importante, uma vez que representam uma grande parte dos resíduos sólidos gerados (TEIXEIRA et al., 2018). Esses resíduos poderiam passar por processos de degradação e serem usados na produção orgânica de alimentos, trazendo benefícios para a população, além de mitigar a pressão sobre os aterros sanitários e tratamento de chorume (ZAGO e BARROS, 2019). Isto evitaria custos aos municípios e ampliaria a vida útil dos aterros. O uso de insetos para degradar resíduos sólidos orgânicos pode ajudar a amenizar os problemas gerados por esses resíduos, além de servir como uma fonte alternativa de proteína (TEIXEIRA et al., 2018). O tratamento de resíduo sólidos não é apenas uma questão ambiental, mas está envolvido na saúde pública, segurança, desenvolvimento econômico e social (DA SILVA E HESSELBERG, 2020).

Insetos têm sido propostos como uma fonte alternativa de proteína de alta qualidade, eficiente e sustentável (VELDKAMP et al., 2012). O uso desses artrópodes como fonte proteica pode contribuir para a segurança alimentar global, por meio de rações ou como fonte de alimento direto para humanos (HUIS et al., 2013). Outra vantagem é que os insetos não necessitam de terras agricultáveis para sua criação possibilitando a produção de alimento em áreas improdutivas (VELDKAMP et al., 2012). Os insetos têm a capacidade de transformar resíduos orgânicos de baixa qualidade em biomassa de alto valor nutricional, e não competem por recursos alimentares com humanos, além de exigir pouca energia e água na sua produção (NASCIMENTO et al., 2020).

Diversas espécies de insetos vêm sendo estudada e criadas comercialmente para produção de proteína: o tenébrio-comum (*Tenebrio molitor*) Linnaeus, 1758 (Coleoptera: Tenebrionidae), o tenébrio-gigante (*Zophobas morio*) Fabricius, 1776 (Coleoptera: Tenebrionidae), o grilo-doméstico (*Acheta domesticus*) Linnaeus, 1758 (Orthoptera: Gryllidae), o grilo-preto (*Grillus assimilis*) Fabricius, 1775, (Orthoptera: Gryllidae), as espécies de baratas: barata-cinérea (*Nauphoeta cinérea*), barata-de-madagascar (*Gromphadorhina portentosa*), barata-americana (*Periplaneta americana*), Olivier, 1789, todas pertencem a ordem e família (Blattodea: Blaberidae), o gafanhoto (*Locusta migratória*) Linnaeus, 1758 (Orthoptera: Acrididae), e a mosca-soldado-negra (MSN) (*Hermetia illucens*) Linnaeus, 1758 (Diptera: Stratiomyidae) (HOPLEY, 2016; NASCIMENTO et al., 2020).

A MSN ganha destaque nesse cenário, uma vez que possui a capacidade de conversão de resíduos orgânicos em biomassa valiosa, e com baixa liberação de gás do efeito estufa (GEE) e amônia, exigindo pouca água para sua produção (VELDKAMP et al., 2012). Também contribui para o desenvolvimento de uma oferta de economia circular inovadora e integrada de cadeias (CAPPELLOZZA et al., 2019). Segundo Surendra *et al.* (2016) e Jucker *et al.* (2017), a MSN possui grande potencial de bioconversão, com alta capacidade converter matéria orgânica em biomassa de alto valor nutricional, podendo atingir 42% de proteína bruta, e 29% de extrato etéreo. Sheppard *et al.* (1994) obteve resultados semelhantes na composição proteica e extrato etéreo (42% e 35%). No estudo realizado por Finke (2012), sobre a composição bromatológica das larvas de último *instar* desse inseto, apresentou resultados que indicam teores de 49,6% e 39,7% de proteína bruta e extrato etéreo respectivamente.

Essas vantagens somadas a outras características como baixo custo de produção, baixo impacto ambiental, auto teor de proteína e extrato etéreo, geração de um produto com valor agregado que pode representar para o produtor um aumento da receita, faz da MSN uma alternativa para tratamento de resíduos orgânicos e produção de proteína.

A forma mais usual de produção de larvas da MSN consiste em duas etapas: A primeira é a dieta inicial (DI), também chamada de “berçário” e a segunda é a “engorda” (ENG). A DI é a fase onde ocorre o desenvolvimento inicial das larvas, as quais são alimentadas com ração para frango. Segundo Sheppard *et al.* (2002) e Bosch *et al.* (2020), as larvas de MSN estão prontas para serem inoculadas no resíduo final de alimentação cinco dias após sua eclosão a 30°C. A fase de ENG compreende o tempo em que as larvas são alimentadas até o final do seu ciclo e aqui, podem ser empregados resíduos orgânicos de diversas fontes na alimentação, como de restaurantes (arroz, feijão, macarrão, carnes, vegetais, dentre outros) e agroindústria (resíduo de cervejaria e de cereais, dentre outros) (NGUYEN et al., 2013; CHIA et al., 2020). É imprescindível analisar a legislação de cada país e região quanto a regulamentação do uso desses resíduos na alimentação das larvas para sua destinação à alimentação animal (COSTA et al., 2021).

Contudo, o estágio pioneiro desse tipo de atividade faz com que muitas lacunas existam e muitos processos precisem ser aperfeiçoados. Um dos obstáculos, além do alto custo da ração de frango empregada na fase de DI, são os gastos com mão-de-obra nessa etapa, que comprometem a cadeia produtiva em larga escala. Torna-se necessário o desenvolvimento de pesquisas com intuito de preencher as lacunas dos processos de produção industrial da MSN, tornando os meios produtivos mais eficiente e sustentáveis.



## 2. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo Geral

Avaliar o efeito da transferência de larvas da mosca-soldado-negra (*Hermetia illucens*) da dieta inicial (ração de frango) para o resíduo orgânico em diferentes períodos sobre desempenho e composição nutricional.

### 2.2 Objetivos Específicos

- Avaliar o efeito do tempo (0, 6, 8, 10 e 12 dias) em dieta inicial sob o desempenho das larvas da mosca-soldado-negra (*Hermetia illucens*), inoculadas no resíduo de restaurante.
- Avaliar o efeito do tempo (0, 6, 8, 10 e 12 dias) em dieta inicial sob a eficiência de redução de resíduo pelas larvas da mosca-soldado-negra (*Hermetia illucens*), inoculadas no resíduo de restaurante.
- Avaliar o efeito do tempo (0, 6, 8, 10 e 12 dias) em dieta inicial sob a composição nutricional das larvas da mosca-soldado-negra (*Hermetia illucens*), inoculadas no resíduo de restaurante.

### 3 .REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 Consumo de proteína animal no mundo

A população mundial está aumentando a cada ano, segundo projeções da ONU o número de habitantes no planeta passará dos 8 bilhões em 2022 para 9,7 bilhões no ano de 2050, e atingirá seu pico em 2080 com 10,4 bilhões de pessoas (ONU, 2022). Esse aumento populacional requer um aumento acentuado no consumo de proteína animal, que por consequências pode trazer diversos impactos ambientais, se esta não for produzida de forma sustentável.

A agricultura, silvicultura, pesca e pecuária, gera cerca de um quinto das emissões mundiais de gases de efeito estufa, que devem ser reduzidas até 2030 para atingir a meta proposta pela ONU de limitar o aumento do aquecimento global a 2° C (FAO, 2020).

A demanda por proteína animal no mundo, terá um grande aumento nas próximas décadas, podendo até dobrar o consumo até 2050 (VAN ZANTEN et al., 2016). Ainda segundo esses autores, isso gera preocupação em relação a sustentabilidade e segurança alimentar, além de causar enorme pressão sobre o planeta, devido a necessidade de aumento da produção de ração animal, que por consequência irá impactar as florestas e todo meio ambiente, para criação de terras agrícolas.

A procura de rações para animais deve ter um aumento expressivo nos próximos anos. A Federação Internacional da Indústria de Rações (*IFIF*) acredita que a produção de carnes (aves/suínos/bovinos) pode até dobrar nas próximas três décadas (VELDKAMP et al., 2012).

Uma das principais fontes de proteínas usadas na alimentação animal é a farinha de soja, porém seu uso compete com a produção de alimentos na indústria. Outra fonte bastante usada é a farinha de peixe, contudo, sua disponibilidade é cada vez mais limitada devido à superexploração marinha (MASUDA et al., 2009; TACON et al., 2008).

Segundo Jucker *et al.* (2020), os sistemas tradicionais de produção de alimentos são insustentáveis, e pode causar problemas ambientais. As pressões internas no sistema de produção de alimentos também estão impulsionando o setor a implementar mudanças. Os preços das rações proteicas estão aumentando rapidamente devido à crescente demanda por soja e farinha de peixe, enquanto a produtividade da pesca diminui.

#### 3.2 Uso de insetos na alimentação

Os insetos têm sido propostos como uma fonte alternativa de proteína de alta qualidade, eficiente e sustentável. O uso desses artrópodes como fonte proteica pode contribuir para a segurança alimentar global, por meio de rações ou como fonte de alimento direto para humanos (BELLUCO et al., 2013). Insetos não necessitam de terras agricultáveis para sua criação possibilitando a produção de alimento em áreas improdutivas. Possui a capacidade de transformar resíduos orgânicos de baixa qualidade em biomassa de alto valor nutricional, e não competem por recursos alimentares com humanos, além de exigir pouca energia e água na sua produção (BARRAGAN-FONSECA et al., 2017).

Os insetos contêm entre 30% e 70% de proteína com base na matéria seca, seu teor de proteína está dentro da faixa de soja ou farinha de peixe e o teor de gordura está maior, especialmente em comparação com o farelo de soja (sem gordura). O uso eficiente de insetos pode fechar o ciclo em uma economia circular sustentável (CAPPELLOZZA et al., 2019).

Os insetos conseguem converter resíduos alimentares em energia com muita eficácia. Os grilos precisam ingerir em média 2,1kg de alimento para ganhar 1kg de peso, já os frangos necessitam de 4,5kg, suínos de 9,1kg e bovinos 25kg, para atingirem a mesma eficiência. Além disso, os insetos possuem maior porcentagem de massa corporal disponível para consumo: grilo possui em média 80%, frango e suínos 55% e bovinos 40% (GAHUKAR, 2016). Ainda segundo esse autor, a maioria das espécies de insetos comestíveis criadas comercialmente são mais sustentáveis, comparados com outras espécies de animais, uma vez que esses artrópodes produzem menos gases de efeito estufa (GEE) e amônia.

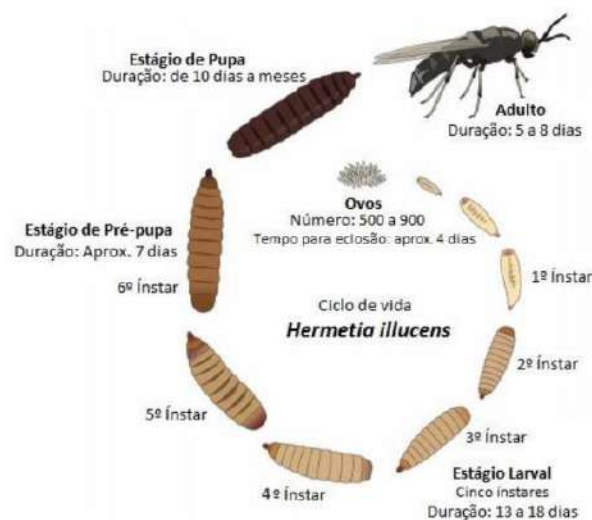
Estudos mostram que os insetos podem ser usados na alimentação de animais de estimação, bovinos e, em particular, de peixes e aves. Além disso, várias espécies de insetos tem a capacidade de converter material orgânico, não comestível, em ração rica em proteínas e com potencial de substituir ingredientes de ração com auto valor de mercado como a farinha de peixe (MAKKAR et al., 2014).

### 3.3 Mosca-soldado-negra (*Hermetia illucens*)

*Hermetia illucens* conhecida como a mosca-soldado-negra (MSN) é um inseto pertencente à ordem dos Dípteros, família dos Stratiomyidae, subfamília Hermetiinae (CARUSO et al., 2014). Nativa de regiões tropicais, subtropicais e temperadas do continente americano, a MSN está presente no resto do mundo, entre latitude 40° sul e 45° norte, e foi encontrada em muitos países na Europa, África, Oceânia (Austrália e Nova Zelândia) e Ásia (Indonésia, Japão, Filipinas e Sri Lanka), (CARUSO et al., 2014). Esta mosca desenvolve-se melhor em ambientes mais quentes, principalmente na faixa de temperaturas entre 29 °C e 31 °C, e com umidade relativa (UR) entre 50 e 70% (SHEPPARD et al., 2002).

*Hermetia illucens* é um inseto holometábolo, ou seja, sua transição de estágio larval para adultos acontece após a passagem por estágios larvais. Sua transformação é completa, as larvas e os adultos têm contrastantes morfologias e hábitos de vida, e são saprófagas e fotofóbicas (EVEREST CANARY et al., 2012). Basicamente possui quatro fases de desenvolvimento: ovo, larva, pupa e adulto (Figura 1).

Figura 1. Ciclo de vida da mosca-soldado-negra (*Hermetia illucens*, L. Díptera: Stratiomyidae).



Fonte: DE SMET et al. (2018)

A MSN quando adulta tem aparência de vespa, de coloração negra ou azulada, podendo alcançar de 15 a 20mm de comprimento e, geralmente, a fêmea é maior em relação ao macho. Possui um par de

antenas alongadas com três segmentos, e as pernas têm coloração branca perto do final de cada perna (DICLARO et al., 2009).

Figura 2 - Mosca-soldado-negra (*Hermetia illucens*, L. Díptera: Stratiomyidae) na fase adulta.



**Fonte:** <https://wiki.nus.edu.sg/display/TAX/Hermetia+illucens+-+Black+Soldier+Fly>

A reprodução pode ocorrer o ano inteiro em temperaturas de 24 a 40 °C com umidade de 30 a 90% (SHEPPARD et al., 2002). O dimorfismo sexual pode ser definido pela estrutura genital (OLIVEIRA et al., 2015). Fêmeas possuem um oviduto tubular retrátil, enquanto os machos exibem um edeago (órgão reprodutor do macho) e um par de ganchos que permitem que ele segure o órgão genital feminino durante a cópula (TOMBERLIN et al., 2002). Os adultos não são transmissores de doenças e não se alimentam, se mantendo apenas da energia adquirida durante a fase larval (SHEPPARD, 2002; CARUSO et al., 2014; DICLARO et al., 2009). Vivem de 5 a 14 dias, sua expectativa de vida é, inquestionavelmente, dependente do tamanho do corpo associado reservas de energia e no acesso à água (TOMBERLIN et al., 2002; OLIVIER, 2004; TOMBERLIN et al., 2009).

Durante sua vida as fêmeas colocam em média 323 a 621 ovos (TOMBERLIN et al., 2002). Segundo Diclaro *et al.* (2009), os ovos apresentam forma oval com 1mm de comprimento, a coloração pode ser branco creme ou amarelo claro (figura 4). O período de incubação pode variar conforme as condições ambientais. No estudo realizado por Booth e Sheppard (1984), o período de incubação dos ovos foi 4,2 – 4,3 dias a 24°C, e segundo Tomberlin e Sheppard (2002) a incubação foi cerca de 3,5 dias a 30°C. No estudo realizado por Holmes *et al.* (2021), demonstrou que o período de incubação dos ovos foi de 9 dias a 20 °C, 6 dias a 25 °C, 4 dias a 30 °C, e 2,5 dias a 35 °C. O acasalamento ocorreu dois dias após a transição da pupa para o adulto, e a postura de ovos ocorreu quatro dias após esta transição. A emergência dos adultos aconteceu de dez a 14 dias após fase de pupa (TOMBERLIN e SHEPPARD, 2001; SHEPPARD, 2002).

No trabalho desenvolvido por Chia *et al.* (2018), a eclosão dos ovos e desenvolvimento larval ocorreu nas faixas de temperaturas entre 15 e 40 °C, já o desenvolvimento pré-pupal e pupal ocorreu entre as temperaturas de 15 e 37 °C. Ainda segundo esses autores a temperatura que obteve o melhor desempenho ao longo de todo ciclo reprodutivo foi a 30 °C.

O tamanho inicial das larvas é de aproximadamente 0,66mm de comprimento, podendo chegar até 20mm de comprimento e cerca de 6mm de largura. Seu corpo compreende 11 segmentos cobertos por pelos e cerdas. Possui peças bucais fortes que servem para fins alimentares, mas também contribuem para a sua locomoção (EVEREST CANARY, 2012). Usam matéria orgânica como fonte de alimento, e a duração do estágio larval pode variar de quatro semanas a cinco meses, dependendo da disponibilidade

de alimentos (FURMAN et al., 1959). Sua cor é bege até a quarta fase larval, a quinta fase (pré-pupa), é caracterizada pela mudança de cor para marrom escuro. Nessa fase, tendem a deixar o substrato e procurar um local alto, seco e limpo, um comportamento chamado de “auto colheita” (SHEPPARD et al., 1994; DIENER et al., 2011). A pupa, são imóveis; sua cutícula é enrijecida e rica em sais de cálcio formando um envelope escuro. Geralmente, a metamorfose é concluída em duas semanas (FURMAN et al., 1959).

### 3.4 Valor nutricional da mosca-soldado-negra (*Hermetia illucens*)

A mosca-soldado-negra possui uma grande potencialidade de bioconversão de resíduos, com capacidade converter matéria orgânica em biomassa de alto valor nutricional, podendo atingir 42% de proteína bruta, e 29% de extrato etéreo (SURENDRA et al., 2016; JUCKER et al., 2017). Sheppard *et al.* (1994) obtiveram resultados semelhantes na composição proteica e extrato etéreo: 42% e 35%. No estudo realizado por Finke (2012), sobre a composição bromatológica das larvas de último *instar*, os resultados indicaram teores de 49,6% e 39,7% de proteína bruta e extrato etéreo. O teor de ácido láurico nas larvas foi determinado em 45% dos ácidos graxos totais.

Quadro 1. Composição nutricional de larvas e pupas da (*Hermetia illucens*, L. Díptera: Stratiomyidae) alimentadas em diferentes resíduos orgânicos.

| Resíduo         | EE    | MN    | PB    | UM    | Estágio   | Referências                  |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-----------|------------------------------|
| Restaurante     | 38,6  | 2,7   | 43,1  | 61,9  | Pré-pupas | (SPRANGHERS et al., 2017)    |
| Restaurante     | 35,9  | ***   | 36,1  | ***   | Pré-pupas | (NYAKERI et al., 2017)       |
| Restaurante     | 46,54 | 7,74  | 33,0  | 3,99  | Pré-pupas | (PÉREZ-PACHECO et al., 2022) |
| Restaurante     | ***   | 9,03  | 45,29 | 54,78 | Larvas    | (HOLEH et al., 2022)         |
| Restaurante     | 26,7  | 9,0   | 32,3  | 6,9   | Larvas    | (YUSOFF et al., 2022)        |
| Ração de frango | 33,6  | 10    | 41,2  | ***   | Pré-pupas | (SPRANGHERS et al., 2017)    |
| Vegetal         | 37,1  | 9,6   | 39,9  | 59,0  | Pré-pupas | (SPRANGHERS et al., 2017)    |
| Vegetal         | 38    | ***   | 34,9  | ***   | Pré-pupas | (NYAKERI et al., 2017)       |
| Vegetal         | 29,37 | 13,88 | 28,0  | 5,97  | Pré-pupas | (PÉREZ-PACHECO et al., 2022) |
| Frutas          | 40,7  | 7,2   | 30,7  | ***   | Larvas    | (CHUN et al., 2019)          |
| Frutas          | 46,8  | 5,7   | 43,8  | ***   | Pré-pupas | (CHUN et al., 2019)          |
| Cervejaria      | 29,9  | 7,3   | 53,0  | ***   | Larvas    | (MENEGUZ et al., 2018)       |
| Desetos bovino  | 34,8  | 14,6  | 42,1  | 7,9   | Larvas    | (NEWTON et al., 1977)        |
| Dejetos suíno   | 28    | 16,6  | 43,2  | ***   | Pré-pupas | (NEWTON et al., 2005)        |

\*\*\* Não avaliado; Valores com base na matéria seca; Extrato etéreo (EE), Matéria mineral (MN), Proteína bruta (PB), Umidade (UM).

O estágio pré-pupal é a melhor fase para uso na alimentação animal, porém sua utilização se limita a quantidade de quitina presente, sendo necessário sua separação para melhor digestibilidade para algumas espécies de animais. Segundo Barroso *et al.* (2014) e Henry *et al.* (2015) quitina é um polímero de glucosamina, fonte de nitrogênio não proteico que pode interferir no valor da proteína bruta avaliada, portanto é necessário usar o fator de conversão de nitrogênio para proteína (Kp) de 4,76 ao invés do mais

comum utilizado de 6,25 (JANSSEN et al., 2017).

Segundo Rust (2002), a quitina é considerada um fator antinutricional para os animais, ou seja, um componente eles não podem digerir, e conseqüentemente pode contribuir para uma pior digestibilidade da farinha de inseto. No entanto, em níveis baixos pode atuar como imunoestimulante (HENRY et al., 2015), ou ainda como prebiótico aumentando bactérias comensais benéficas, como *Pseudomonas* sp. e *Lactobacillus* sp., que por consequência melhoram o desempenho e a saúde em alguns peixes (BRUNI et al., 2018; TEROVA et al., 2019).

A composição das larvas é caracterizada por apresentar ácidos graxos de cadeia média (AGCM), o ácido láurico (LA) e seu derivado monoglicerídeo, monolaurato de glicerol (MNG), exibem forte atividade antimicrobiana (BORRELI et al., 2021). Além destes, foram propostos também como alternativa aos antibióticos promotores de crescimento convencionais na alimentação animal (FORTUOSO et al., 2019; ZHOU et al., 2019), confirmando ainda mais o interesse do uso dessas larvas como novo ingrediente para ração animal.

Dessa forma, as larvas desse inseto se apresentam cada vez mais como uma alternativa sustentável para o tratamento de resíduos orgânicos, somando a isso produzem uma biomassa rica em proteínas e lipídios provenientes de substratos não utilizados por animais monogástricos. Essas características dentre outras vantagens como, ciclo curto para produção, torna a MSN uma das principais espécies de insetos para a domesticação e produção intensiva (CARUSO et al., 2014). Além de se apresentarem como uma fonte alternativa de proteína na alimentação animal (NEWTON et al., 2005).

#### 4. REFERÊNCIAS

- ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**. [S.l.]. 2020. BARROSO, Fernando G. et al. The potential of various insect species for use as food for fish. **Aquaculture**, v. 422, p. 193-201, 2014.
- BARRAGAN-FONSECA, Karol B.; DICKE, Marcel; VAN LOON, Joop JA. Nutritional value of the black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) and its suitability as animal feed—a review. **Journal of Insects as Food and Feed**, v. 3, n. 2, p. 105-120, 2017.
- BELLUCO, Simone et al. Edible insects in a food safety and nutritional perspective: a critical review. **Comprehensive reviews in food science and food safety**, v. 12, n. 3, p. 296-313, 2013.
- BOOTH, Donald C.; SHEPPARD, Craig. Oviposition of the black soldier fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae): eggs, masses, timing, and site characteristics. **Environmental entomology**, v. 13, n. 2, p. 421-423, 1984.
- BORRELLI, et al. Insect Derived Lauric Acid as Promising Alternative Strategy to Antibiotics in the Antimicrobial Resistance Scenario. **Frontiers in Microbiology**, v. 12, p. 330, 2021.
- BOSCH, G. et al. Standardisation of quantitative resource conversion studies with black soldier fly larvae. **Journal of Insects as Food and Feed**, v. 6, n. 2, p. 95-109, 2020.
- BRUNI, Leonardo et al. Characterisation of the intestinal microbial communities of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed with *Hermetia illucens* (black soldier fly) partially defatted larva meal as partial dietary protein source. **Aquaculture**, v. 487, p. 56-63, 2018.
- CAMMACK, Jonathan A.; TOMBERLIN, Jeffery K. The impact of diet protein and carbohydrate on select life-history traits of the black soldier fly *Hermetia illucens* (L.)(Diptera: Stratiomyidae). **Insects**, v. 8, n. 2, p. 56, 2017.
- CAPPELLOZZA, Silvia et al. A first attempt to produce proteins from insects by means of a circular economy. **Animals**, v. 9, n. 5, p. 278, 2019.
- CARUSO, Domenico et al. Technical handbook of domestication and production of Diptera black soldier fly (BSF), *Hermetia illucens*, Stratiomyidae. 2014.
- CHIA, Shaphan Y., et al. Nutritional composition of black soldier fly larvae feeding on agro-industrial by-products. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 2020, 168.6-7: 472-481.
- CHIA, Shaphan Yong et al. Threshold temperatures and thermal requirements of black soldier fly *Hermetia illucens*: Implications for mass production. **PLoS one**, v. 13, n. 11, p. e0206097, 2018.
- CHUN, Chin Yik et al. Comparison of *Hermetia illucens* larvae and pre-pupae as potential aqua feed derived from the biotransformation of organic waste. In: **AIP Conference Proceedings**. AIP Publishing LLC, 2019. p. 020008.
- COSTA, D. V. et al. **Insetos para Alimentação Animal no Brasil: aspectos de produção e regulatórios**. São Paulo: Alexa Cultural, 2021.
- DA SILVA, G.D.P. ; HESSELBERG; T. A review of the use of black soldier fly larvae, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae), to compost organic waste in tropical regions. **Neotropical entomology**, v. 49, n. 2, p. 151-162, 2020.
- DE SMET, Jeroen et al. Microbial community dynamics during rearing of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) and impact on exploitation potential. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 84, n. 9, p. e02722-17, 2018.
- DICLARO, J. W.; KAUFMAN, Phillip E.; II, J. W. D. **Black soldier fly *Hermetia illucens* Linnaeus (Insecta: Diptera: Stratiomyidae)**. Uf University of Florida IFAS Extension, p. 1-4, 2009.
- DIENER, S.; ZURBRÜGG, C.; TOCKNER, K. Conversion of organic material by black soldier fly larvae: establishing optimal feeding rates. **Waste Management & Research**, v. 27, n. 6, p. 603-610, 2009.

EVEREST CANARY, Grant, et al. Diseño y gestión de un proceso para reciclar desechos orgánicos con la Larva *Hermetia illucens* para producir harina de larva. 2012.

FAO- Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura. Após três anos a fome mundial ainda não diminuiu e a obesidade continua crescendo, informa a ONU. **Boletim**. FAO:2019. acessado em 24/02/2021.

FAO- Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura. Transforming agri-food systems to feed the world and tackle climate change. **Boletim**. FAO: 2020. Disponível em: <http://www.fao.org/news/story/en/item/1364561/icode/> acessado em 24/02/2021.

FAO- Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura. Monitoring hunger and food insecurity in the world / Hunger and food insecurity. **Boletim**. FAO: 2021. Disponível em: <https://www.fao.org/hunger/en/#:~:text=Between>. Acessado em 14/10/2022.

FORTUOSO, Bruno F. et al. Glycerol monolaurate in the diet of broiler chickens replacing conventional antimicrobials: Impact on health, performance and meat quality. **Microbial** FURMAN, Deane P.; YOUNG, Robert D.; CATTS, Paul E. *Hermetia illucens* (Linnaeus) as a factor in the natural control of *Musca domestica* Linnaeus. **Journal of Economic Entomology**, v. 52, n. 5, p. 917-921, 1959.

GAHUKAR, R. T. Edible insects farming: efficiency and impact on family livelihood, food security, and environment compared with livestock and crops. In: **Insects as sustainable food ingredients**. Academic Press, 2016. p. 85-111.

GERLAND, Patrick et al. World population stabilization unlikely this century. **Science**, v. 346, n. 6206, p. 234-237, 2014.

HENCHION, Maeve et al. Future protein supply and demand: strategies and factors influencing a sustainable equilibrium. **Foods**, v. 6, n. 7, p. 53, 2017.

HENRY, M. et al. Review on the use of insects in the diet of farmed fish: past and future. **Animal Feed Science and Technology**, v. 203, p. 1-22, 2015.

HOLEH, G. M. et al. Effect of different waste substrates on the growth, development and proximate composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae. **Livestock Research for Rural Development**, v. 34, p. 7, 2022.

HOLMES, L. A.; VANLAERHOVEN, S. L.; TOMBERLIN, J. K. Relative humidity effects on the life history of *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae). **Environmental entomology**, v. 41, n. 4, p. 971-978, 2012.

HOPLEY, D. The evaluation of the potential of *Tenebrio molitor*, *Zophobas morio*, *Naophoeta cinerea*, *Blaptica dubia*, *Gromphardorhina portentosa*, *Periplaneta americana*, *Blatta lateralis*, *Oxyhalao duesta* and *Hermetia illucens* for use in poultry feeds. Tese (Doutorado) Stellenbosch University, Stellenbosch, Africa do Sul. 2016.

HOSSEINI, Seyed Pedram et al. Effect of Temperature on the Breeding Black Soldier Fly Larvae in Vitro for Basic Health-oriented Research. **Archives of Hygiene Sciences**, v. 10, n. 1, p. 67-74, 2021.

HUIS, A. Van et al. Edible insects: future prospects for food and feed security. **FAO Forestry paper**, n. 171, 2013.

JANSSEN, Renske H. et al. Nitrogen-to-protein conversion factors for three edible insects: *Tenebrio molitor*, *Alphitobius diaperinus*, and *Hermetia illucens*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 65, n. 11, p. 2275-2278, 2017.

JUCKER, Costanza et al. Assessment of vegetable and fruit substrates as potential rearing media for *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) larvae. **Environmental entomology**, v. 46, n. 6, p. 1415-1423, 2017.

JUCKER, Costanza et al. Nutrient recapture from insect farm waste: bioconversion with *Hermetia illucens* (L.) (Diptera: Stratiomyidae). **Sustainability**, v. 12, n. 1, p. 362, 2020.

MAKKAR, Harinder PS et al. State-of-the-art on use of insects as animal feed. **Animal Feed Science and Technology**, v. 197, p. 1-33, 2014.



MASUDA, Tadayoshi; GOLDSMITH, Peter D. World soybean production: area harvested, yield, and long-term projections. **International food and agribusiness management review**, v. 12, n. 1030-2016-82753, p. 1-20, 2009.

MENEGUZ, Marco et al. Effect of rearing substrate on growth performance, waste reduction efficiency and chemical composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 98, n. 15, p. 5776-5784, 2018.

NASCIMENTO, A. F.; NATEL, A. S.; CORSINI, F. S.; MADUREIRA, E. R.; COSTA, D.V. **Insetos: Alimento sustentável para nutrição animal**. In: Allan Leon Casemiro da Silva; Bruno César Góes; Fernando Ferrari Putti. (Org.). Sustentabilidade no Agronegócio. 1ed.Tupã: ANAP, 2020, v. 1, p. 159-199.

NEWTON, G. L. et al. Dried *Hermetia illucens* larvae meal as a supplement for swine. **Journal of Animal Science**, v. 44, n. 3, p. 395-400, 1977.

NEWTON, LARRY et al. Using the black soldier fly, *Hermetia illucens*, as a value-added tool for the management of swine manure. **Animal and Poultry Waste Management Center, North Carolina State University, Raleigh, NC**, v. 17, n. 2005, p. 18, 2005.

NEWTON, LARRY et al. Using the black soldier fly, *Hermetia illucens*, as a value-added tool for the management of swine manure. **Animal and Poultry Waste Management Center, North Carolina State University, Raleigh, NC**, v. 17, n. 2005, p. 18, 2005.

NGUYEN, Trinh TX; TOMBERLIN, Jeffery K.; VANLAERHOVEN, Sherah. Influence of resources on *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) larval development. *Journal of Medical Entomology*, 2013, 50.4: 898-906.

NYAKERI, E. M. et al. Valorisation of organic waste material: growth performance of wild black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) reared on different organic wastes. **Journal of Insects as Food and Feed**, v. 3, n. 3, p. 193-202, 2017.

OLIVEIRA, F., DOELLE, K., LIST, R., e O'REILLY, J. R. Assessment of Diptera: Stratiomyidae, genus *Hermetia illucens* (L., 1758) using electron microscopy. **J. Entomol. Zool. Stud**, v. 3, n. 5, p. 147-152, 2015.

ONU – Organização das Nações Unidas. Statement on United Nations World population projections 2022. Boletim. UNU: 2022. Disponível em: <https://populationmatters.org/statement-on-united-nations-world-population-projections-2022/> Acessado em 15/11/2022.

OONINCX, Dennis GAB et al. Feed conversion, survival and development, and composition of four insect species on diets composed of food by-products. **PLoS one**, v. 10, n. 12, p. e0144601, 2015.

PASTOR, B. et al. Conversion of organic wastes into fly larval biomass: bottlenecks and challenges. **Journal of Insects as Food and Feed**, v. 1, n. 3, p. 179-193, 2015. **pathogenesis**, v. 129, p. 161-167, 2019.

PÉREZ-PACHECO, Rafael et al. Growth of the black soldier fly *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) on organic-waste residues and its application as supplementary diet for Nile Tilapia *Oreochromis niloticus* (Perciformes: Cichlidae). **Insects**, v. 13, n. 4, p. 326, 2022. resíduos sólidos orgânicos em Manaus, AM. 2018.

RUST, M. B. Nutritional physiology. In: Halver, J.E., Hardy, R.W. (Eds.), *Fish Nutrition*. The Academic Press, New York, USA, pp. 368–446, 2002. Disponível em <https://www.researchgate.net/profile/Adel> Acesso em 29/05/2021.

SHEPPARD, D. Craig et al. A value added manure management system using the black soldier fly. **Bioresource technology**, v. 50, n. 3, p. 275-279, 1994.

SHEPPARD, D. Craig et al. Rearing methods for the black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae). **Journal of medical entomology**, v. 39, n. 4, p. 695-698, 2002.

SPRANGHERS, Thomas et al. Nutritional composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) prepupae reared on different organic waste substrates. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 97, n. 8, p. 2594-2600, 2017.

SURENDRA, K. C. et al. Bioconversion of organic wastes into biodiesel and animal feed via insect farming. **Renewable energy**, v. 98, p. 197-202, 2016.

TACON, Albert GJ; METIAN, Marc. Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: Trends and future prospects. **Aquaculture**, v. 285, n. 1-4, p. 146-158, 2008.

TEIXEIRA FILHO, Nelson Poli et al. Devoradores de lixo: aspectos biológicos, produtivos e nutricionais da mosca soldado *Hermetia illucens* (L., 1758) (Díptera; Stratiomyidae) em resíduos sólidos orgânicos em Manaus, AM. 2018.

TEROVA, Genciana et al. Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) gut microbiota is modulated by insect meal from *Hermetia illucens* prepupae in the diet. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, v. 29, n. 2, p. 465-486, 2019.

TOMBERLIN, Jeffery K.; ADLER, Peter H.; MYERS, Heidi M. Development of the black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) in relation to temperature. **Environmental entomology**, v. 38, n. 3, p. 930-934, 2009.

TOMBERLIN, Jeffery K.; SHEPPARD, D. Craig. Lekking behavior of the black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae). **Florida Entomologist**, p. 729-729, 2001.

VAN ZANTEN, Hannah HE et al. Global food supply: land use efficiency of livestock systems. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 21, n. 5, p. 747-758, 2016.

VELDKAMP, T. et al. **Insects as a Sustainable Feed Ingredient in Pig and Poultry Diets: a Feasibility Study= Insecten als duurzame diervoedergrondstof in varkens-en pluimveevoeders: een haalbaarheidsstudie**. Wageningen UR Livestock Research, 2012, p.1-2.

YUSOFF, Nur Aizah Mohd; HAI, Chung Thian; KOMILUS, Connie Fay. Proximate Composition of Larvae, Prepupae and Adult in Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*). **Journal Of Agrobiotechnology**, v. 13, n. 1S, p. 109-117, 2022.

ZAGO, Valéria Cristina Palmeira; BARROS, Raphael Tobias de Vasconcelos. Gestão dos resíduos sólidos orgânicos urbanos no Brasil: do ordenamento jurídico à realidade. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, 2019, 24: 219-228.

ZHOU, Zhongxin et al. Applications of new functions for inducing host defense peptides and synergy sterilization of medium chain fatty acids in substituting in-feed antibiotics. **Journal of Functional Foods**, v. 52, p. 348-359, 2019.

## 5. ARTIGO

5.1 Artigo 1- Exclusão da dieta inicial durante o desenvolvimento de *Hermetia illucens* L. (Diptera: Stratiomyidae) em resíduos de comida de restaurante altera a composição bromatológica e melhora o desempenho produtivo larval

Este artigo foi elaborado conforme normas da Revista Journal of insects as food and feed.

## **Exclusão da dieta inicial durante o desenvolvimento de *Hermetia illucens* L. (Diptera: Stratiomyidae) em resíduos de comida de restaurante altera a composição bromatológica e melhora o desempenho produtivo larval**

Sandro Morais dos Santos<sup>1</sup>, Felipe Gomes da Silva<sup>1</sup>, Haléxya Rodrigues Bavosa Pedais<sup>1</sup>, Isabela Parolis Martins<sup>1</sup>, Júlio César dos Santos Nascimento<sup>2</sup>, Pedro Guilherme Lemes<sup>1</sup>, Wedson Carlos Lima Nogueira<sup>1</sup>, Diego Vicente da Costa<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Ciências Agrária, Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros, Minas Gerais, Brasil

<sup>2</sup> Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil

Correspondente: Sandro Morais dos Santos  
E-mail: sandromoraisbio@gmail.com

### **Resumo**

A mosca-soldado-negra (*Hermetia illucens*) (Diptera: Stratiomyidae) (MSN) é um inseto alimentício importante por seus aspectos nutricionais, produtivos, capacidade de converter resíduos orgânicos e uso como fonte proteica na alimentação animal. Sua produção é feita em duas etapas, a dieta inicial (DI) e a engorda (ENG), mas a DI pode elevar os custos e a mão-de-obra. Nós avaliamos o efeito do tempo de DI sobre o desempenho larval, redução de resíduos e composição nutricional das larvas para determinar se é possível retirar essa etapa do processo produtivo de BSF. Ração de frango foi usada para DI e resíduos de restaurante para ENG. Nós avaliamos o desempenho e a composição química de larvas de BSF com ovos inoculados diretamente no RR e incubados na DI por 6, 8, 10 e 12 dias. O comprimento médio larval, o índice de redução de resíduo e a redução de resíduo foram maiores para larvas criadas sem DI. Já o peso do frass foi maior no grupo de larvas com DI. O peso final, a taxa de crescimento e o número de larvas vivas foram iguais para larvas criadas com ou sem DI. Larvas criadas sem DI tiveram maior teor de proteína bruta e menor teor de matéria seca e mineral que larvas com DI. A etapa de DI não conferiu vantagem à maioria das características analisadas e não alterou os teores nutricionais das larvas. Isso pode indicar que a DI é dispensável na criação de larvas da BSF à base de resíduos de restaurante.

Palavras-chave: Bioconversão de resíduo, Entomocultura, Manejo de resíduo, Mosca-soldado-negra, Sustentabilidade.

## Abstract

The black soldier fly (*Hermetia illucens*) (Diptera: Stratiomyidae) (BSF) is an important food insect for its nutritional and productive aspects, ability to convert organic waste and use as a protein source in animal feed. Its production is done in two stages, the initial diet (ID) and the fattening (FAT), but ID can increase costs and labor. We evaluated the effect of ID time on larval performance, waste reduction and larval nutritional composition to determine whether it is possible to remove this step from the BSF production process. Chicken feed was used for ID and restaurant waste for FAT. We evaluated the performance and chemical composition of BSF larvae with eggs inoculated directly into the RW and incubated in the ID for 6, 8, 10 and 12 days. Mean larval length, residue reduction index and residue reduction were higher for larvae reared without ID. Frass weight was higher in the group of larvae with ID. Final weight, growth rate and number of live larvae were the same for larvae reared with or without ID. Larvae reared without ID had higher crude protein content and lower dry matter and mineral content than larvae with ID. The ID step did not confer an advantage to most of the characteristics analyzed and did not alter the nutritional levels of the larvae. This may indicate that ID is unnecessary in rearing BSF larvae based on restaurant waste.

**Key words:** black soldier fly, Entomoculture, Sustainability, waste bioconversion, waste management.

## 1. Introdução

Insetos alimentícios são importantes para a alimentação animal e humana por seu alto valor nutricional e produção sustentável (Veldkamp et al., 2012). A mosca-soldado-negra (MSN) (*Hermetia illucens*; L., 1758) (Diptera: Stratiomyidae) é uma dessas alternativas sustentáveis para produção de proteína animal (Veldkamp et al., 2012) com alta capacidade de bioconversão de matéria orgânica (Caruso et al., 2014). Criar BSF usa pouca água, energia, terras agricultáveis e pode ser usada na reciclagem de resíduos orgânicos urbanos e rurais (Diener et al., 2009).

A produção de MSN é feita, normalmente, em duas fases (Bosch et al., 2020). A primeira é a dieta inicial (DI) ou “berçário”, quando as larvas, em desenvolvimento inicial, são alimentadas com ração para frango. As larvas estarão prontas para a segunda fase e serem inoculadas em uma dieta diferente, cinco dias após sua eclosão (a 30° C) (Sheppard et al. 2002; Bosch et al. 2020). A segunda fase é a de “engorda” (ENG), que compreende o tempo em que as larvas são inoculadas em outra dieta até completar o seu ciclo.

O tempo necessário de DI para o desenvolvimento das larvas não é unanimidade. Sheppard et al. (2002), sugerem que as larvas sejam alimentadas em DI por cinco dias antes da inoculação no resíduo final de alimentação, o mesmo tempo recomendado por Bosch et al. (2020). Por outro lado, Jucker et al. (2020) recomendam

que as larvas sejam criadas na ração para frango por quatro dias antes e Caruso et al. (2014) por seis dias, antes serem inoculadas no resíduo final de alimentação.

A primeira fase (DI) pode ser um problema no processo de criação em larga escala, especialmente em países em desenvolvimento, pelo alto custo da ração de frango e pelo procedimento extra (troca de dieta) que demanda tempo e mão-de-obra, aumentando os custos. Formas de produção sustentáveis e de baixo custo devem ser encontradas para melhorar a gestão dos resíduos e viabilizar o uso de MSN na alimentação animal, especialmente, em projetos de pequena escala (Dzepe et al., 2021).

Restaurantes e serviços de comida são considerados pouco sustentáveis e responsáveis por grandes desperdícios de comida (Eriksson et al., 2018; Eriksson et al., 2020). Resíduos de restaurante, agroindústria e feiras livres têm sido usados para alimentar larvas de MSN na fase de engorda (Nguyen et al., 2013; Chia et al., 2020), mas poderiam ser usados por mais tempo de vida das larvas ou em todo o ciclo produtivo. Tratar resíduos sólidos orgânicos é um problema ambiental, de saúde pública, desenvolvimento econômico e social (Da Silva e Hesselberg, 2020) e a criação de MSN pode solucionar esses problemas desenvolvendo uma economia circular inovadora e integrada de cadeias produtivas sustentáveis (Cappelozza et al., 2019).

O objetivo foi avaliar a variação no tempo de permanência de larvas da mosca-soldado-negra (*Hermetia illucens*) em DI (ração de frango) até a transferência para resíduo de restaurante sobre o desempenho larval e composição nutricional. Essa informação servirá para determinar a viabilidade de remover a etapa de DI na criação de MSN nas condições do estudo.

## 2. Metodos

### 2.1 Criação de mosca-soldado-negra (MSN)

Os ovos de MSN usados vieram de colônias outdoor estabelecidas no campus da Universidade Federal de Minas Gerais (ICA-UFMG), em Montes Claros, Minas Gerais, Brasil (16°40'39"S, 43°50'26" W, 628 m). A gaiola de criação tinha 3,4 × 2,4 × 4,8 m com tela de nylon com malha de 1mm. Moscas adultas colocavam os ovos em coletores de madeira de 15 × 4 × 1 cm empilhados em três camadas, dentro da gaiola. Os coletores eram recolhidos às 8 h da manhã e os ovos removidos com um estilete, pesados e separados em porções de 0,02 g.

### 2.2 Alimentação das larvas

#### 2.2.1 Ração para frango (RF)

Ração para frango (RF) usada na DI (Tabela 1) era composta de farelo de milho, de soja, de arroz, de trigo e casca de arroz moída. A RF foi umedecida e fermentada por 72 h antes de ser fornecida as larvas. A ração foi pesada em balança analítica (precisão de 0,1g) e colocada em copos plásticos (90 mL). Sobre cada um desses copos colocou-se outro copo plástico menor (30 mL) sem fundo com uma tela de nylon com malhas de 1mm. Ovos (0,02g) pesados em balança analítica (precisão de 0,0001g) foram colocados sobre a tela para incubar. Os copos com os ovos foram colocados dentro de outro recipiente com tampa perfurada (1000 mL).

Tabela 1. Composição química da ração de frango da dieta inicial e resíduo alimentar de restaurante usado na criação de larvas de *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae).

| Característica                | *Ração de frango<br>umidificada (%) | *Resíduo alimentar<br>de restaurante (%) |
|-------------------------------|-------------------------------------|--|
| Matéria seca                  | 38,88                               | 36,23                                    |
| Proteína bruta                | 7,19                                | 5,63                                     |
| Extrato etéreo                | 5,95                                | 6,80                                     |
| Fibra bruta                   | 3,52                                | 4,39                                     |
| Matéria mineral               | 0,85                                | 1,11                                     |
| Cálcio                        | 0,20                                | 0,24                                     |
| Fósforo                       | 0,62                                | 0,61                                     |
| Extrato não-nitrogenado       | 82,50                               | 82,07                                    |
| Nutrientes digestíveis totais | 35,44                               | 35,24                                    |

\*Valores em base de material natural

### 2.2.2 Resíduo alimentar de restaurante (RR)

O resíduo alimentar de restaurante (RR) era restos de refeições do restaurante universitário da Universidade Federal de Minas Gerais, em Montes Claros, Minas Gerais, por três semanas, em outubro de 2021. Esse resíduo continha, principalmente, arroz, feijão, massas, proteína animal e vegetais (Tabela 1). O RR foi homogeneizado, triturado, pesado, separado em porções e armazenado em congelador a - 20° C. As porções de RR eram retiradas do congelador 72 h antes do fornecimento às larvas, para fermentarem. O RR usado na ENG foi pesado em balança analítica (precisão de 0,1g) e colocado em recipientes plásticos (1000 mL) sem tampa.

### 2.3 Delineamento experimental

O experimento foi conduzido em câmara climatizada (30 ± 2 ° C; umidade relativa média 70 ± 5%, e fotoperíodo 24 horas escuro) (Tomberlin et al., 2009; Holmes et al., 2016).

O delineamento foi inteiramente casualizado, com cinco tratamentos (Tabela 2), com ovos inoculados diretamente no RR (D0) e incubados na DI por 6, 8, 10 e 12 dias (D6, D8, D10 e D12) até a inoculação no resíduo de RR. Cada tratamento teve cinco repetições. A permanência das larvas na DI inclui o tempo de incubação dos ovos (entre três e quatro dias, a 30 °C) (Tomberlin e Sheppard, 2002; Hosseini et al., 2021). As 25 parcelas experimentais receberam 669,7 g de alimento ao longo do experimento (Tabela 2). A umidade da RF e do RR foi estabelecida entre 60 e 70% (Cammack e Tomberlin, 2017), usando um determinador de umidade (Shimadzu Corporation). O experimento foi finalizado quando 5% das larvas, em cada repetição, atingiram o estágio de pré-pupa, indicado pela mudança da coloração da larva de bege para marrom escuro (Bosch et al., 2020).

Tabela 2. Proporção de dietas usadas na alimentação de larvas de *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae), por tratamento.

| Tratamento | Dias em dieta inicial | Ração de frango (g) | Resíduo alimentar de restaurante (g) |
|------------|-----------------------|---------------------|--------------------------------------|
| D0         | 0                     | -                   | 669,7                                |
| D6         | 6                     | 16,4                | 653,3                                |
| D8         | 8                     | 27,4                | 642,3                                |
| D10        | 10                    | 38,4                | 631,3                                |
| D12        | 12                    | 49,4                | 620,3                                |

#### 2.4 Separação e pesagem das larvas

As larvas foram separadas do frass usando uma peneira (malha de 5 mm) e colocadas em um recipiente, ao final do experimento. Posteriormente, elas foram colocadas em outra peneira (malhas de 1 mm), lavadas em água corrente e secas em papel toalha (Bosch et al., 2020). As larvas e o frass foram pesados em balança analítica (precisão de 0,0001g) para analisar o desempenho.

#### 2.5 Análise de desempenho larval

O total de alimento fornecido, o substrato remanescente e a biomassa total (larvas e pupas) foram pesados para determinar o índice de redução de resíduos (IRR) e a redução do substrato (RS). Sessenta larvas, por repetição, foram separadas, ao acaso, e pesadas em balança (precisão de 0,0001g) para estimar o peso médio. O peso médio foi usado para calcular a taxa de crescimento larval (TCL). Os índices de desempenho larval foram calculados conforme Diener et al. (2009):

- Índice de redução de resíduos (IRR) =  $(I - R) / (I) / \text{dias de teste (d)} \times 100$ , onde I = quantidade total de alimento fornecido; R = substrato restante;
- Redução do substrato (RS) =  $(I - R) / (I) \times 100$ , onde I = quantidade total de alimento fornecido e o R = substrato restante.
- Taxa de crescimento larval (TCL) (g / d) =  $(\text{peso médio larval final} - \text{peso médio larval inicial}) / \text{número de dias do ensaio}$ .

O número de larvas vivas por repetição ao final do experimento foi estimado pelo peso total das larvas dividido pelo peso médio. O comprimento larval (CL) (mm) foi medido com paquímetro digital em 10 larvas de cada repetição, ao acaso, ao final do experimento. Todos índices foram calculados com base na matéria fresca.

#### 2.6 Análise bromatológica

Amostras de 100 g de RF e de RR colhidas no início do experimento e uma amostra de larva de cada parcela experimental coletada ao final do experimento. Essas amostras foram analisadas quanto a sua composição centesimal: de cálcio, extrato etéreo, extrativo não-nitrogenado, fósforo, fibra bruta, cinzas, matéria seca, nutrientes digestíveis totais, proteína bruta e umidade (Silva e Queiroz, 2009).

As análises de composição físico-química foram feitas em duplicata. A



conversão de nitrogênio para proteína foi feita por N x 6,25 para a RF e RR (Bertechini, 2006) e N x 4,76 para larvas (Janssen et al., 2017). Os valores médios foram expressos com base na matéria natural para a RF e RR e em matéria seca para as larvas.

## 2.7 Análise estatística

As análises estatísticas foram realizadas usando o software SAS (SAS Institute Inc., 2014) com nível de significância de 5%. Os dados foram submetidos à verificação de outliers usando o procedimento Robustreg. As análises descritivas foram feitas usando o procedimento Means. Os testes para os modelos linear e quadrático (teste F) e seus parâmetros (teste t) foram feitos usando o procedimento REG. Análises de variância foram feitas, seguidas de testes para o contraste entre larvas criadas com e sem DI, e testes para falta de ajustamento do modelo linear e quadrático usando o procedimento GLM. O coeficiente de determinação, com base nas médias dos níveis, foi calculado usando o quadrado da correlação entre os valores observados e estimados com a equação de regressão.

## 3. Resultados

### 3.1 Desempenho larval e redução de resíduo

O comprimento médio larval, o índice de redução de resíduo (IRR) e a redução do substrato (RS) foram maiores em larvas criadas sem DI ( $p < 0,05$ ), mas o peso de *frass* foi maior no grupo com DI (Tabela 3). O peso final, a taxa de crescimento e o número de larvas vivas não diferiu em larvas criadas com ou sem DI ( $p > 0,05$ ) (Tabela 3).

Tabela 3. Desempenho e redução de resíduo de larvas de *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) (média  $\pm$  EP) sem dieta inicial em contraste com larvas criadas com dieta inicial.

| Variável                           | Média<br>(D0)       | Média<br>(D6, D8, D10, D12) | Contrastes<br>D0 vs. (D6,<br>D8, D10, D12) |
|------------------------------------|---------------------|-----------------------------|--|
| Peso do <i>frass</i> (g)           | 129,874 $\pm$ 11,47 | 161,204 $\pm$ 5,78          | 0,0445*                                    |
| Comprimento médio larval (mm)      | 21,058 $\pm$ 0,17   | 19,796 $\pm$ 0,27           | 0,0014*                                    |
| Índice de redução de resíduo (%)   | 3,838 $\pm$ 0,08    | 2,956 $\pm$ 0,08            | <,0001*                                    |
| Redução do substrato (%)           | 80,606 $\pm$ 1,71   | 75,929 $\pm$ 0,74           | 0,0445*                                    |
| Larvas vivas                       | 633,400 $\pm$ 27,91 | 632,850 $\pm$ 15,57         | 0,9930                                     |
| Peso larval final (g)              | 148,734 $\pm$ 3,61  | 140,730 $\pm$ 2,25          | 0,1136                                     |
| Taxa de crescimento larval (g/dia) | 0,200 $\pm$ 0,004   | 0,188 $\pm$ 0,003           | 0,0978                                     |

\* significativo ( $p < 0,05$ ). Valores com base em material natural; D0 sem dieta inicial; D6, D8, D10 e D12: com seis, oito, dez e doze dias em dieta inicial, respectivamente.

O aumento no tempo em DI com RF diminui a taxa de crescimento, o comprimento médio larval, o IRR, a RS e aumenta o peso de *frass* ( $p < 0,05$ ) (Tabela 4). O peso larval final e o número de larvas vivas não alteraram com o tempo de DI ( $P > 0,05$ ).

Tabela 4. Desempenho e redução de resíduo de larvas de *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) (médias  $\pm$  EP) alimentadas em diferentes períodos em dieta inicial com ração de frango e parâmetros da equação de regressão para os modelos lineares com falta de ajustamento.

\* = Significativo a 5% de probabilidade pelo teste t (inclinação) e teste F (modelo); ns = não significativo;  $R^2$  = coeficiente de determinação do modelo linear; FA = falta de ajustamento para o modelo; <sup>L</sup> = efeito linear

| Variável                           | D6                    | D8                 | D10                | D12                | $\beta_0$ | $\beta_1$ | F <sub>calc</sub> | R <sup>2</sup> | FA      | P valor              |
|------------------------------------|-----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------|-----------|-------------------|----------------|---------|----------------------|
| Peso do <i>frass</i> (g)           | 147,04<br>$\pm 13,74$ | 174,60 $\pm$ 15,27 | 164,84 $\pm$ 15,22 | 158,33 $\pm$ 8,24  | 129,6621  | 2,5979*   | 7,20*             | 0,3103         | 0,46 ns | 0,0163 <sup>L</sup>  |
| Comprimento médio larval (mm)      | 20,61 $\pm$ 0,26      | 19,83 $\pm$ 0,29   | 19,70 $\pm$ 0,28   | 19,03 $\pm$ 0,43   | 21,1299   | -0,1744*  | 27,69*            | 0,6338         | 1,98 ns | <,0001 <sup>L</sup>  |
| Índice de redução de resíduo (%)   | 3,25 $\pm$ 0,08       | 2,84 $\pm$ 0,08    | 2,90 $\pm$ 0,08    | 2,83 $\pm$ 0,04    | 3,8121    | -0,0875*  | 129,92*           | 0,8903         | 2,74 ns | <,0001 <sup>L</sup>  |
| Redução do substrato (%)           | 78,04 $\pm$ 2,05      | 73,93 $\pm$ 2,28   | 75,38 $\pm$ 2,27   | 76,35 $\pm$ 1,23   | 80,6382   | -0,3879*  | 7,20*             | 0,3102         | 0,46 ns | 0,0164 <sup>L</sup>  |
| Taxa de crescimento larval (g/dia) | 0,19 $\pm$ 0,006      | 0,19 $\pm$ 0,002   | 0,18 $\pm$ 0,008   | 0,18 $\pm$ 0,005   | 0,2010    | -0,0011*  | 5,93*             | 0,2704         | 1,09 ns | 0,0270 <sup>L</sup>  |
| Peso larval final                  | 145,09 $\pm$ 6,65     | 138,48 $\pm$ 2,33  | 143,84 $\pm$ 2,75  | 135,50 $\pm$ 5,28  | 147,8296  | -0,8749   | 3,36              | 0,1736         | 0,08    | 0,0854 <sup>ns</sup> |
| Larvas vivas                       | 585,60 $\pm$ 65,73    | 624,80 $\pm$ 69,93 | 665,80 $\pm$ 66,12 | 655,20 $\pm$ 32,28 | 636,5357  | 5,6399    | 3,11              | 0,165          | 0,85    | 0,0971 <sup>ns</sup> |

significativo a 5% de probabilidade. D0 sem dieta inicial; D6, D8, D10 e D12: com seis, oito, dez e doze dias em dieta inicial, respectivamente.

### 3.2 Composição nutricional

Larvas criadas sem DI tiveram maior teor de proteína bruta e menor teor de matéria seca e mineral que larvas criadas com DI ( $p < 0,05$ ) (Tabela 5). Extrato etéreo, fibra bruta, cálcio, fósforo, extrativo não-nitrogenado e nutrientes digestíveis totais de larvas criadas sem DI não diferiram de larvas com DI ( $p > 0,05$ ).

Tabela 5. Composição nutricional de larvas de *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) (médias  $\pm$  EP) sem dieta inicial em contraste com larvas criadas com dieta inicial.

| Variável                      | Média (D0)        | Média (D6, D8, D10, D12) | Contraste D0 vs. (D6, D8, D10, D12) |
|-------------------------------|-------------------|--------------------------|-------------------------------------|
| Matéria seca                  | 36,175 $\pm$ 0,24 | 38,053 $\pm$ 0,35        | 0,0394*                             |
| Proteína bruta                | 28,703 $\pm$ 0,23 | 27,440 $\pm$ 0,48        | 0,0045 *                            |
| Extrato etéreo                | 33,053 $\pm$ 0,69 | 31,911 $\pm$ 0,33        | 0,6424                              |
| Fibra bruta                   | 4,906 $\pm$ 0,28  | 4,736 $\pm$ 0,13         | 0,3023                              |
| Matéria mineral               | 4,783 $\pm$ 0,23  | 5,125 $\pm$ 0,33         | 0,0105*                             |
| Cálcio                        | 0,273 $\pm$ 0,01  | 0,267 $\pm$ 0,01         | 0,6030                              |
| Fósforo                       | 0,816 $\pm$ 0,01  | 0,818 $\pm$ 0,03         | 0,3409                              |
| Extrato não-nitrogenado       | 28,583 $\pm$ 1,21 | 31,056 $\pm$ 0,59        | 0,8961                              |
| Nutrientes digestíveis totais | 73,990 $\pm$ 0,55 | 71,824 $\pm$ 0,52        | 0,0834                              |

\* significativo ( $p < 0,05$ ); Valores com base em matéria seca; D0 sem dieta inicial; D6, D8, D10 e D12: com seis, oito, dez e doze dias em dieta inicial, respectivamente.

A matéria seca aumentou com o tempo das larvas na dieta inicial ( $p < 0,05$ ) (Tabela 7). O extrato etéreo e o cálcio não foram afetados ( $p > 0,05$ ) (Tabela 6). Os modelos quadráticos para fibra bruta, fósforo e extrativo não-nitrogenado foram significativos ( $p < 0,05$ ) (Tabela 6). Proteína bruta, matéria mineral e nutrientes digestíveis totais apresentaram falta de ajuste para os modelos lineares e quadráticos. Larvas do D12 apresentaram maiores médias de fibra bruta e fósforo (Tabela 6). O extrativo não-nitrogenado foi maior em larvas do D6 e menores no D12 (Tabela 6).

Tabela 6. Composição nutricional de larvas de *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) (médias  $\pm$  EP) alimentadas em diferentes períodos em dieta inicial com ração de frango e parâmetros da equação de regressão para os modelos lineares com falta de ajustamento.

\* = Significativo a 5% de probabilidade pelo teste t (inclinação) e teste F (modelo); ns = não significativo; R<sup>2</sup> = coeficiente de determinação do modelo linear; FA = falta de ajustamento para o modelo; <sup>L</sup> = efeito linear

| Variável                      | D6               | D8               | D10              | D12              | $\beta_0$ | $\beta_1$ | $\beta_2$ | F <sub>calc</sub> | R <sup>2</sup> | FA                 | P valor             |
|-------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-----------|-----------|-----------|-------------------|----------------|--------------------|---------------------|
| Matéria seca                  | 37,56 $\pm$ 0,03 | 37,62 $\pm$ 0,36 | 37,73 $\pm$ 0,52 | 39,29 $\pm$ 0,09 | 36,00976  | 0,22778*  | -         | 23,74*            | 0,6833         | 0,13 <sup>ns</sup> | 0,0005 <sup>L</sup> |
| Proteína bruta                | 25,76 $\pm$ 0,07 | 28,07 $\pm$ 0,40 | 27,90 $\pm$ 0,45 | 27,96 $\pm$ 0,20 | -         | -         | -         | -                 | -              | -                  | -                   |
| Extrato etéreo                | 31,8 $\pm$ 0,09  | 32,32 $\pm$ 0,79 | 31,17 $\pm$ 0,65 | 32,34 $\pm$ 0,54 | 33,65801  | -0,43773  | -         | 2,31              | 0,3163         | 0,96               | 0,12                |
| Fibra bruta                   | 4,63 $\pm$ 0,62  | 4,54 $\pm$ 0,04  | 4,55 $\pm$ 0,18  | 5,21 $\pm$ 0,33  | 4,89183   | -0,25674  | 0,02349*  | 5,03*             | 0,5016         | 0,70 <sup>ns</sup> | 0,0119 <sup>Q</sup> |
| Matéria mineral               | 6,24 $\pm$ 0,47  | 4,63 $\pm$ 0,39  | 4,60 $\pm$ 0,09  | 5,02 $\pm$ 0,28  | -         | -         | -         | -                 | -              | -                  | -                   |
| Cálcio                        | 0,27 $\pm$ 0,01  | 0,24 $\pm$ 0,006 | 0,28 $\pm$ 0,006 | 0,27 $\pm$ 0,008 | 0,27881   | -0,00771  | -         | 2,29              | 0,3144         | 2,79               | 0,9204              |
| Fósforo                       | 0,72 $\pm$ 0,02  | 0,78 $\pm$ 0,01  | 0,86 $\pm$ 0,02  | 0,89 $\pm$ 0,008 | 0,80772   | -0,02935  | 0,00319*  | 15,61*            | 0,7573         | 0,06 <sup>ns</sup> | 0,0011 <sup>Q</sup> |
| Nutrientes digestíveis totais | 69,28 $\pm$ 0,50 | 72,85 $\pm$ 0,86 | 71,87 $\pm$ 0,33 | 72,80 $\pm$ 0,18 | -         | -         | -         | -                 | -              | -                  | -                   |
| Extrato não-nitrogenado       | 32,55 $\pm$ 0,78 | 30,44 $\pm$ 0,88 | 31,77 $\pm$ 0,44 | 29,45 $\pm$ 0,33 | 28,01559  | 0,98869   | -0,0703*  | 4,36*             | 0,4656         | 0,16 <sup>ns</sup> | 0,0159 <sup>Q</sup> |

significativo a 5% de probabilidade; <sup>Q</sup> = efeito quadrático significativo a 5% de probabilidade. D0 sem dieta inicial; D6, D8, D10 e D12: com seis, oito, dez e doze dias em dieta inicial, respectivamente.

## 4. Discussão

### 4.1 Desempenho larval

O comprimento médio das larvas sem DI foi maior que em larvas criadas com DI. A troca de dieta pode alterar a microbiota de larvas de *H. illucens* (Tanga et al., 2021; Cifuentes et al., 2020) e exigir a readequação do metabolismo digestivo das larvas ao novo substrato, alterando a eficiência das vias metabólicas (Wynants et al., 2019). Larvas do tratamento sem DI podem ter se desenvolvido melhor por não terem que passar pela troca de substrato e de microbiota. Larvas de peixes como *Clarias gariepinus* (Clariidae), *Coregonus lavaretus* (Salmonidae) e *Scophthalmus maximus* (Scophthalmidae) tiveram a digestão e absorção de nutrientes prejudicadas quando a dieta natural foi substituída por ração (Segner et al., 1993). As larvas sem DI receberam RR por mais tempo e isso pode ter causado o maior crescimento dessas larvas. Resíduos de restaurante oferecem, geralmente, melhor conteúdo nutricional para larvas de MSN do que ração para frango (Nguyen et al., 2013).

O bom desenvolvimento das larvas sem DI pode indicar que essa etapa pode ser ignorada no processo de criação de MSN em resíduos alimentares de restaurante. Isso tornaria a produção de MSN em larga escala mais barata e sustentável, já que a DI representa custos com a ração e a mão-de-obra para a transferência das larvas. Gastos com a alimentação representam, em média, 70% dos custos totais nos meios de produção de proteína animal (Huis et al., 2013). A criação de MSN apenas em resíduos de restaurante pode ser uma solução para o problema da destinação e reciclagem dos resíduos de restaurante, podendo ser convertidos em proteína para alimentação animal e evitando problemas sanitários (Dzepe et al., 2021).

O aumento no tempo na DI com RF diminuiu a taxa de crescimento e o comprimento médio larval. Isso pode ter ocorrido por conta da microbiota intestinal das larvas de MSN que pode ter ficado menos diversa com o maior tempo em ração de frango. Larvas de *H. illucens* mais jovens e com menor tempo em DI poderiam se adaptar melhor as variações da alimentação. Lagartas jovens de *Spodoptera littoralis* (Boisduval, 1833) (Lepidoptera: Noctuidae) podem readequar sua microbiota intestinal mais facilmente que lagartas em estágios avançados, em função da variação da dieta.

### 4.2 Redução de resíduo

O índice de redução de resíduo (IRR) e a redução do substrato (RS) foram maiores em larvas criadas sem DI e quanto maior o tempo das larvas em DI com RF menores foram o IRR e a RS. As larvas que não trocaram de substrato de alimentação podem não ter sofrido estresse pela troca. A IRR e a RS de larvas de MSN criadas em resíduos de frutas, ração de frango e esterco de frango foram maiores quando não houve a troca de substrato (Dzepe et al., 2021). A maior redução de resíduo no tratamento sem DI também pode ser devido a composição do resíduo de restaurante que degrada facilmente (Nguyen et al., 2013). Larvas criadas em resíduos de frutas tem maiores IRR e RS que em ração e esterco de frango (Dzepe et al., 2021).

### 4.3 Composição nutricional

Larvas criadas sem DI tiveram maior teor de proteína bruta o que pode estar relacionado ao fato dessas larvas não sofrerem estresse da mudança de substrato (Wynants et al., 2019), aproveitando melhor o resíduo e aumentando o teor de proteína. A mudança de substrato provoca mudanças na microbiota intestinal e pode gerar estresse, afetando o equilíbrio homeostáticos e a sua capacidade de absorção de nutrientes (Clissold et al. 2010).

Larvas criadas sem DI tiveram menor teor de matéria seca e mineral que larvas criadas com DI e os teores de fibra bruta e fósforo aumentaram em relação ao período de permanência das larvas na DI. Isso pode estar relacionado com a formação da cutícula das larvas. Os teores de quitina e matéria mineral de larvas de *H. illucens* são maiores em estágios mais avançados (Liu et

al., 2017). A troca de alimento pode ter causado a precocidade no processo de formação da cutícula e o aumento desses compostos nas larvas. Larvas de MSN que passam por troca de alimento se desenvolvem mais rápido que aquelas mantidas no mesmo substrato (Nana et al., 2018; Dzepe et al., 2021).

Os teores de extrato etéreo, fibra bruta, cálcio, fósforo, extrativo não-nitrogenado e nutrientes digestíveis totais foram iguais em tratamentos com e sem DI. Isso mostra que larvas de MSN, criadas em resíduos alimentares de restaurante e sem a DI, não perderam qualidade na sua composição química comparadas a criação convencional com DI. As concentrações encontradas nas larvas sem DI foram semelhantes as encontradas em larvas criadas em ração para galinha, resíduos vegetais e de restaurante (Sprangers et al., 2017); em esterco de galinha, resíduos de cozinha e bagaço de cervejaria (Shumo et al., 2019) e em resíduos de restaurante, de feira e peixes (Pérez-Pacheco et al., 2022). A DI não conferiu vantagem para a maioria das características nutricionais e, por isso, pode não ser necessária para criar MSN em resíduos alimentares de restaurante. A possibilidade de que a criação de MSN não necessite de DI em outros resíduos, ricos em nutrientes, deve ser investigada.

Larvas de MSN desempenham função importante na reciclagem de resíduos orgânicos, podendo ser usadas como fonte de proteína para a alimentação animal, ao mesmo tempo que mitiga possíveis impactos ambientais desses resíduos. A etapa de DI pode não ser necessária na criação de MSN em resíduo de restaurante, tendo em vista o custo alto da ração de frango e da mão-de-obra necessária ao processo. Nossos resultados mostraram que alimentar larvas de MSN em DI, antes de transferi-las para a dieta final de resíduo de restaurante, não melhorou o desempenho e a composição nutricional.

## Referências:

- Bertechini, A. G., 2006. Nutrição de monogástricos. *Lavras*: ed. UFLA. Universidade Federal de Lavras. p 301.
- Bosch, G., Oonincx, D. G. A. B., Jordan, H. R., Zhang, J., van Loon, J. J. A., van Huis, A., & Tomberlin, J. K., 2020. Standardisation of quantitative resource conversion studies with black soldier fly larvae. *Journal of Insects as Food and Feed* (v. 6, n. 2, p. 95–109). <https://doi.org/10.3920/jiff2019.0004>.
- Cammack, J. A., & Tomberlin, J. K., 2017. The impact of diet protein and carbohydrate on select life-history traits of the black soldier fly *Hermetia illucens* (L.) (Diptera: Stratiomyidae). *Insects* (v. 8, n.2, p. 56). <https://doi.org/10.3390/insects8020056>.
- Cappellozza, S., Leonardi, M. G., Savoldelli, S., Carminati, D., Rizzolo, A., Cortellino, G., Terova, G., Moretto, E., Badaile, A., Concheri, G., Saviane, A., Bruno, D., Bonelli, M., Caccia, S., Casartelli, M., & Tettamanti, G., 2019. A first attempt to produce proteins from insects by means of a circular economy. *Animals* (v. 9, n. 5, p. 278). <https://doi.org/10.3390/ani9050278>.
- Caruso, D., Devic, E., Subamia, W., Talamond, P., & Baras, E., 2014. Technical handbook of domestication and production of diptera Black Soldier Fly (BSF) *Hermetia illucens*, Stratiomyidae. IRD editions, Bogor. <https://www.documentation.ird.fr/hor/fdi:010063336>.
- Chia, S. Y., Tanga, C. M., Osuga, I. M., Cheseto, X., Ekesi, S., Dicke, M., & van Loon, J. J. A., 2020. Nutritional composition of black soldier fly larvae feeding on agro-industrial by-products. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 168(6–7), 472–481. <https://doi.org/10.1111/eea.12940>.

- Cifuentes, Y., Glaeser, S. P., Mvie, J., Bartz, J. O., Müller, A., Gutzeit, H. O., Vilcinskas, A., & Kämpfer, P, 2020. The gut and feed residue microbiota changing during the rearing of *Hermetia illucens* larvae. *Antonie van Leeuwenhoek, International Journal of General and Molecular Microbiology*, 113(9), 1323–1344. <https://doi.org/10.1007/s10482-020-01443-0>.
- Clissold, F. J., Tedder, B. J., Conigrave, A. D., & Simpson, S. J, 2010. The gastrointestinal tract as a nutrient-balancing organ. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 277(1688), 1751–1759. <https://doi.org/10.1098/rspb.2009.2045>.
- Da Silva, G. D. P., & Hesselberg, T, 2020. A Review of the Use of Black Soldier Fly Larvae, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae), to Compost Organic Waste in Tropical Regions. In *Neotropical Entomology* (Vol. 49, Issue 2, pp. 151–162). Springer. <https://doi.org/10.1007/s13744-019-00719-z>.
- Diener, S., Zurbrügg, C., & Tockner, K, 2009. Conversion of organic material by black soldier fly larvae: Establishing optimal feeding rates. *Waste Management and Research*, 27(6), 603–610. <https://doi.org/10.1177/0734242X09103838>.
- Dzepe, D., Nana, P., Kuintche, H. M., Kimpara, J. M., Magatsing, O., Tchuinkam, T., & Djouaka, R, 2021. Feeding strategies for small-scale rearing black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) as organic waste recycler. *SN Applied Sciences*, 3(2). <https://doi.org/10.1007/s42452-020-04039-5>.
- Eriksson, M.; C. Malefors, P. Bergström, E. Eriksson, C. Persson Osowski, 2020. Quantities and quantification methodologies of food waste in Swedish hospitals, *Sustainability*. p. 3116. <https://doi.org/10.3390/SU12083116>.
- Eriksson, M.; C.P. Osowski, J. Björkman, E. Hansson, C. Malefors, E. Eriksson, R. Ghosh, 2018. The tree structure—A general framework for food waste quantification in food services. *Resour. Conserv. Recycl.* pp. 140-151. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.11.030>.
- Holmes, L. A., VanLaerhoven, S. L., & Tomberlin, J. K, 2016. Lower temperature threshold of black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) development. *Journal of Insects as Food and Feed*, 2(4), 255–262. <https://doi.org/10.3920/JIFF2016.0008>.
- Huis, A. van, Itterbeeck, J. van, Klunder, H., Mertens, E., Halloran, A., Muir, G., & Vantomme, P, 2013. *Edible insects: future prospects for food and feed security-*. Food And Agriculture Organization Of The United Nations, Beaconsfield, Quebec.
- Janssen, R. H., Vincken, J. P., van den Broek, L. A. M., Fogliano, V., & Lakemond, C. M. M, 2017. Nitrogen-to-Protein Conversion Factors for Three Edible Insects: *Tenebrio molitor*, *Alphitobius diaperinus*, and *Hermetia illucens*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 65(11), 2275–2278. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b00471>.
- Jucker, C., Lupi, D., Moore, C. D., Leonardi, M. G., & Savoldelli, S, 2020. Nutrient recapture from insect farm waste: Bioconversion with *hermetia illucens* (L.) (Diptera: Stratiomyidae). *Sustainability (Switzerland)*, 12(1), 1–14. <https://doi.org/10.3390/su12010362>.
- Liu, X., Chen, X., Wang, H., Yang, Q., Ur Rehman, K., Li, W., Cai, M., Li, Q., Mazza, L., Zhang, J., Yu, Z., e Zheng, L. 2017. Dynamic changes of nutrient composition throughout the entire life cycle of black soldier fly. *PLoS ONE*, 12(8). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0182601>.
- Nana P, Kimpara JM, Tiambo KC, Tiogue TC, Youmbi J, Choundong B, Fonkou T, 2018. Black soldier flies (*Hermetia illucens* Linnaeus) as recyclers of organic waste and possible livestock

feed. *Int J Biol Chem Sci* 12:2004–2015. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v12i5.4>.

Nguyen, T. T. X., Tomberlin, J. K., e Vanlaerhoven, S, 2013. Influence of resources on *Hermetia illucens*. (Diptera: Stratiomyidae) larval development. *Journal of Medical Entomology*, 50(4), 898–906. <https://doi.org/10.1603/ME12260>.

Pérez-Pacheco, R., Hinojosa-Garro, D., Ruíz-Ortíz, F., Camacho-Chab, J. C., Ortega-Morales, B. O., Alonso-Hernández, N., Fonseca-Muñoz, A., Landero-Valenzuela, N., Loeza-Concha, H. J., Diego-Nava, F., Arroyo-Balán, F., e Granados-Echegoyen, C. A, 2022. Growth of the Black Soldier Fly *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) on Organic-Waste Residues and Its Application as Supplementary Diet for Nile Tilapia *Oreochromis niloticus* (Perciformes: Cichlidae). *Insects*, 13(4). <https://doi.org/10.3390/insects13040326>.

SAS Institute Inc, 2014. SAS® On Demand for Academics: User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc. [https://www.sas.com/en\\_us/software/on-demand-for-academics.html](https://www.sas.com/en_us/software/on-demand-for-academics.html).

Segner, H., Rosch, R., & Verreth, J, 1993. Larval Nutritional Physiology: Studies with *Clarias gariepinus*, *Coregonus lavaretus* and *Scoph thalmus maximus*. In *Journal of the World Aquaculture Society* (Vol. 24, Issue 2). <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.1993.tb00001.x>.

Sheppard, D. C., Tomberlin, J. K., Joyce, J. A., Kiser, B. C., & Sumner, S. M, 2002. Rearing Methods for the Black Soldier Fly (Diptera: Stratiomyidae). In *J. Med. Entomol* (Vol. 39, Issue 4). <https://academic.oup.com/jme/article-abstract/39/4/695/904029>.

Shumo, M., Osuga, I. M., Khamis, F. M., Tanga, C. M., Fiaboe, K. K. M., Subramanian, S., Ekesi, S., van Huis, A., & Borgemeister, C, 2019. The nutritive value of black soldier fly larvae reared on common organic waste streams in Kenya. *Scientific Reports*, 9(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-019-46603-z>.

Silva, D. J., e Queiroz, A. D, 2009. Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos. 3 ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. p 235.

Spranghers, T., Ottoboni, M., Klootwijk, C., Owyn, A., Deboosere, S., de Meulenaer, B., Michiels, J., Eeckhout, M., de Clercq, P., & de Smet, S, 2017. Nutritional composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) prepupae reared on different organic waste substrates. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(8), 2594–2600. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8081>.

Tanga, C. M., Waweru, J. W., Tola, Y. H., Onyoni, A. A., Khamis, F. M., Ekesi, S., & Paredes, J. C, 2021. Organic Waste Substrates Induce Important Shifts in Gut Microbiota of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens* L.): Coexistence of Conserved, Variable, and Potential Pathogenic Microbes. *Frontiers in Microbiology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.635881>.

Tomberlin, J. K., Adler, P. H., Myers, H. M., & Entomol, E, 2009. Development of the Black Soldier Fly (*Diptera: Stratiomyidae*) in Relation to Temperature. <https://academic.oup.com/ee/article/38/3/930/552525>.

Tomberlin, J. K., Sheppard, D. C., & Joyce, J. A, 2002. Selected Life-History Traits of Black Soldier Flies (*Diptera: Stratiomyidae*) Reared on Three Artificial Diets. <https://academic.oup.com/aesa/article/95/3/379/82524>.

Veldkamp, T., van Duinkerken, G., van Huis, A., lakemond, C., Ottevanger, E., Bosch, G., & van Boekel, M, 2012. Insects as a sustainable feed ingredient in pig and poultry diets - a feasibility



study. <http://www.livestockresearch.wur.nl>.

Wynants, E., Froominckx, L., Crauwels, S., Verreth, C., de Smet, J., Sandrock, C., Wohlfahrt, J., van Schelt, J., Depraetere, S., Lievens, B., van Miert, S., Claes, J., & van Campenhout, L, 2019.

Assessing the Microbiota of Black Soldier Fly Larvae (*Hermetia illucens*) Reared on Organic Waste Streams on Four Different Locations at Laboratory and Large Scale. *Microbial Ecology*, 77(4), 913–930. <https://doi.org/10.1007/s00248-018-1286-x>.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de insetos alimentícios tem sido fruto de crescentes pesquisas por órgãos públicos e privados com intuito de buscar novas fontes de produção de proteína. A mosca-soldado-negra é um dos insetos com maiores índices de pesquisas, tendo em vista sua grande capacidade de bioconversão e qualidade nutricional. Dessa forma, o desenvolvimento dessa pesquisa possui o objetivo de contribuir para o aperfeiçoamento de técnicas de produção de larvas da mosca-soldado-negra diminuindo os custos produtivos no meio industrial.

Os resultados encontrados nesta pesquisa são muito promissores em relação a produção em larga escala das larvas desse inseto, uma vez que os resultados indicam que não é necessário o uso da DI na criação de suas larvas em resíduo de restaurante, tendo em vista que a DI não conferiu vantagens para as características de desempenho larval e redução de resíduo orgânico. Em relação a composição nutricional, os resultados seguiram a mesma tendência, mostrando maiores percentuais nutricionais no grupo de larvas criadas sem DI, ou estes não foram afetados significativamente pela DI, com exceção da matéria mineral que apresentou maiores percentuais no grupo com DI. Contudo, estudos adicionais deverão ser realizados para verificar se o método é expansível à utilização de outros tipos de resíduos, que não só o de restaurante.