

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO ANIMAL

**POTENCIAL DA INCLUSÃO DE RAÇÃO DE FRANGO E INOCULANTES
PROBIÓTICOS COMERCIAIS NA ALIMENTAÇÃO DE LARVAS DE MOSCA-
SOLDADO-NEGRA (*Hermetia illucens*)**

ISABELA PAROLIS MARTINS

MONTES CLAROS

2023

ISABELA PAROLIS MARTINS

**POTENCIAL DA INCLUSÃO DE RAÇÃO DE FRANGO E INOCULANTES
PROBIÓTICOS COMERCIAIS NA ALIMENTAÇÃO DE LARVAS DE MOSCA-
SOLDADO-NEGRA (*Hermetia illucens*)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Produção Animal da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Produção Animal.

Área de Concentração: Produção animal.

Orientador: Diego Vicente da Costa

Coorientador: Lilian Dena dos Santos

MONTES CLAROS
2023

M386p Martins, Isabela Parolis.
2023

Potencial da inclusão de ração de frango e inoculantes probióticos comerciais na alimentação de larvas de Mosca-soldado-negro (*Hermetia illucens*) [manuscrito]/ Isabela Parolis Martins. Montes Claros, 2023.

44 f.: 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, Diego Alejandro Flores Padrón, Diego Vicente da Costa.

Inclui referências: f. 29-33.

1. Mosca-soldado-negro -- Teses. 2. Entomofagia -- Teses. 3. Resíduos de animais -
- Teses. 4. Insetos comestíveis -- Teses. I. Costa, Diego Vicente. II. Universidade
Federal de Minas Gerais. Instituto de Ciências Agrárias. III. Título.

CDU: 636.084.4



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

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Aos 28 dias do mês de dezembro de 2023 às 10:00 horas, sob a Presidência do Professor Diego Vicente da Costa, D. Sc. (Orientador – UFMG/ICA) e com a participação do Professor Júlio César dos Santos Nascimento, D. Sc. (UFRPE), de Diego Alejandro Flores Padrón, D. Sc. (Let's Fly Sustentável Comércio de Produtos de Proteína Desidratados LTDA) reuniu-se, por videoconferência, a Banca de defesa de dissertação de **Isabela Parolis Martins**, aluna do Curso de Mestrado em Produção Animal. O resultado da defesa de dissertação intitulada “**Potencial da inclusão de ração de frango e inoculantes probióticos comerciais na alimentação de larvas de mosca-soldado-negra *Hermetia illucens***”, sendo a aluna considerada **APROVADA**. 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.: A aluna 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, 28 de dezembro de 2023.

Diego Vicente da Costa
Orientador

Documento assinado digitalmente
gov.br JULIO CEZAR DOS SANTOS NASCIMENTO
Data: 28/12/2023 12:48:24-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Júlio César dos Santos Nascimento
Membro

Diego Alejandro Flores Padrón
Membro

AGRADECIMENTOS

Não existiriam agradecimentos se não fosse a força, coragem e incentivo da minha mãe, Jeniffer, e minha avó, Angela, que me apoiaram e me ouviram em todos os momentos, se fizeram presentes, mesmo com toda a distância e lutaram por mim, mesmo quando eu mesma não tinha forças para fazê-lo. Ao meu irmão, Diogo, por sempre me lembrar o significado de lar. Aos meus amigos, que fizeram com que os dias se tornassem mais leves, especialmente Samuel e Franciane.

Ao Max, por todo apoio e incentivo ao longo desse processo, que definitivamente não foi fácil, e em nenhum momento me senti sozinha nessa jornada. Ao meu orientador, Professor Diego, por todo o direcionamento, conselhos e aprendizados. Aos meus colegas de laboratório, Haléxya e Sandro pela companhia e ajuda. A todos os meus professores, que me tornaram uma profissional melhor. A Protin, por toda a estrutura e auxílio durante a execução dos experimentos. A Daniela, Pablo, Itamaris, Felipe e Edgar, por ficarem até tarde auxiliando na montagem e coleta de dados, além das boas risadas no processo. A CAPES e UFMG pelo apoio, financiamento e estrutura. A todos os autores citados nesse trabalho.

RESUMO

Com base nas projeções de crescimento populacional global, é esperado aumento da produção de alimentos até o ano de 2050. Diante desse panorama, há uma investigação em curso sobre insetos como uma opção sustentável. A Mosca-soldado-negra, conhecida como *Hermetia illucens*, destaca-se nesse contexto. Diante disso, o presente estudo teve dois objetivos, avaliar níveis de inclusão de ração de frango na dieta da fase de berçário de larvas da Mosca Soldado negra e avaliar a inclusão de inoculantes fermentativos probióticos na dieta de larvas em fase de engorda. O primeiro experimento foi caracterizado pela inclusão de diferentes níveis de ração de frango inicial na dieta base, com inclusões variando de 0% a 40%, com intervalos de 5%. Os neonatos permaneceram por 5 dias nas dietas, em condições de temperatura e umidade controlados. Após este período, foram separados do frass e os dados foram coletados. Os resultados foram submetidos a análise de variância e teste de Tukey a 5% de significância pelo software R. Os resultados mostraram que as larvas alimentadas com 30% e 40% de inclusão de ração de frango atingiram maior ganho de peso quando comparadas com os demais tratamentos ($0,051\pm 0,01$ e $0,049\pm 0,01$, respectivamente). Em relação ao frass, (dejetos e fração não digerida da dieta), a quantidade recuperada após a retirada das larvas em relação a quantidade de alimento fornecida foi de 31,8% (D30%), a 55,8% (D20%), se encontrando próximos a faixa indicada (entre 30 e 50%). Conclui-se que a inclusão de 30% apresentou melhores resultados, com larvas mais pesadas e com melhor aproveitamento da dieta fornecida. No segundo experimento foi utilizada dieta composta por limão, farelo de trigo e varredura de fábrica de ração. Foram utilizados tratamentos caracterizados pela inoculação de bokashi, acelerador de compostagem e o tratamento fermentado sem inoculante. Os tratamentos permaneceram em bombonas vedadas por 21 dias antes de serem distribuídos em caixas de produção e receberam 2.400 larvas por repetição. Os resultados foram submetidos a análise de variância e teste de Tukey a 5% de significância pelo software R e mostraram que as larvas alimentadas com dietas inoculadas

com Bokashi 0,5%, Bokashi 1% e acelerador de compostagem 0,025% apresentaram maior ganho de peso, maior colheita de biomassa larval ao fim do período e recuperação de frass. O tratamento controle, sem inoculante, apresentou resultados superiores ao tratamento fermentado por acelerador de compostagem em inclusão de 0,05%. Conclui-se que a inclusão de 30% apresentou melhores resultados, com larvas mais pesadas e com melhor aproveitamento da dieta fornecida. Conclui-se também que inoculação de Bokashi, nos níveis testados, bem como o acelerador de compostagem em inclusão de 0,025% apresentam como uma tecnologia promissora na nutrição de larvas de MSN.

Palavras-Chave: Black Soldier Fly; Entomofagia; *Frass*; Insetos alimentícios.

ABSTRACT

Based on projections of global population growth, an increase in food production is expected by the year 2050. In light of this scenario, there is ongoing investigation into insects as a sustainable option. The Black Soldier Fly, known as *Hermetia illucens*, stands out in this context. Accordingly, the present study had two objectives: to evaluate levels of inclusion of chicken feed in the diet of Black Soldier Fly larvae during the nursery phase, and to assess the inclusion of fermentative probiotic inoculants in the diet of larvae during the fattening phase. The first experiment involved the inclusion of different levels of initial chicken feed in the base diet, ranging from 0% to 40%, with intervals of 5%. Neonates were kept on these diets for 5 days under controlled temperature and humidity conditions. After this period, they were separated from the frass, and data were collected. The results were subjected to analysis of variance and Tukey's test at a 5% significance level using R software. The findings showed that larvae fed with 30% and 40% inclusion of chicken feed achieved higher weight gain compared to other treatments (0.051 ± 0.01 and 0.049 ± 0.01 , respectively). Regarding frass, the recovered amount after larval removal relative to the amount of food provided ranged from 31.8% (D30%) to 55.8% (D20%), falling within the recommended range (between 30 and 50%). It was concluded that the 30% inclusion rate yielded the best results, with heavier larvae and better utilization of the provided diet. In the second experiment, a diet composed of lemon, wheat bran, and feed mill sweepings was used. Treatments included inoculation with bokashi, compost accelerator, and fermented treatment without inoculant. The treatments were kept in sealed barrels for 21 days before being distributed into production boxes, with 2,400 larvae per replication. The results were analyzed using analysis of variance and Tukey's test at a 5% significance level with R software, showing that larvae fed diets inoculated with 0.5% bokashi, 1% bokashi, and 0.025% compost accelerator exhibited higher weight gain, greater larval biomass harvest at the end of the period, and frass recovery. The control treatment without inoculant outperformed the fermented treatment with 0.05% compost accelerator inclusion. It was concluded that the 30% inclusion rate yielded the best results

in terms of heavier larvae and better utilization of the provided diet. Additionally, it was concluded that bokashi inoculation, at the tested levels, as well as compost accelerator inclusion at 0.025%, appear to be promising technologies in Black Soldier Fly larval nutrition.

Key-words: Black Soldier Fly; Entomophagy; *Frass*; Edible insects.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Mosca-soldado-negra adulta.....	19
Figura 2- Ciclo de vida da Mosca-soldado-negra.....	20
Figura 3 - Amostragem experimental.....	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Níveis de inclusão de ração de frango fase inicial nas dietas experimentais.....	26
Tabela 2 - Composição química da dieta base e da ração de frango fase inicial.....	27
Tabela 3 - Resultados das variáveis peso de 10 larvas, <i>frass</i> e peso larval total em decorrência da inclusão de ração de frango fase inicial na dieta.....	28
Tabela 4 - Níveis de garantia do Bokashi.....	33
Tabela 5 – Composição química da dieta base.....	34
Tabela 6 - Resultados das variáveis peso individual médio, <i>frass</i> grosso e fino e peso larval total em decorrência da inoculação de acelerador de compostagem ou bokashi.....	36

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DB	Dieta base
FAO	Food and Agriculture Organization
IPIFF	International Platform of Insect for Food and Feed
MS	Matéria seca
MSN	Mosca-soldado-negra
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
pH	Potencial Hidrogênico
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
RF	Ração de frango fase inicial
SI	Sem inoculante
UR	Umidade relativa do ar

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVOS	14
2.1. Objetivo geral	14
2.2. Objetivos específicos	14
3. REFERENCIAL TEÓRICO	15
3.1. Panorama mundial de resíduos orgânicos	15
3.2. Perspectivas alimentares	16
3.3. Insetos como alimento	17
3.3.1. Insetos na alimentação animal.....	17
3.4. Mosca-soldado-negra.....	18
3.4.1. Nutrição larval	20
3.4.2. Fermentação da dieta	23
4. CAPÍTULO I- Níveis de inclusão de ração de frango na fase de berçário da Mosca-Soldado-Negra	24
4.1. Resumo	24
4.2. Material e métodos.....	25
4.2.1. Delineamento experimental.....	25
4.2.2. Dietas experimentais.....	26
4.2.3. Coleta dos neonatos	27
4.2.4. Coleta de dados	28
4.3. Resultados e discussão	28
4.4. Conclusão	31
5. CAPÍTULO II- Efeitos da inclusão de inoculantes fermentativos em substratos utilizados na alimentação de larvas da Mosca-soldado-negra: Uma abordagem integrada com bokashi e acelerador de compostagem .	32
5.1. Resumo.....	32
5.2. Material e métodos.....	33
5.2.1. Delineamento experimental.....	33
5.2.2. Dieta experimental	34
5.2.3. Coleta das larvas	35
5.2.4. Coleta dos dados	35
5.3. Resultados e discussão	36
5.4. Conclusão	39
6. REFERÊNCIAS.....	40

1. INTRODUÇÃO

Projeções indicam que a população global deverá alcançar 9 bilhões de habitantes até 2050, o que destaca desafios preexistentes relacionados à produção alimentar. Para atender às expectativas do mercado e mitigar a fome mundial, a produção de alimentos necessitará dobrar. Entretanto, o atual sistema produtivo apresenta limitações significativas, incluindo o uso extensivo de terra, recursos limitados e longos períodos de produção (FAO, 2013).

Nesse contexto, observa-se uma intensa competição alimentar entre diversas espécies, uma vez que fontes tradicionais de proteínas e energia constituem a base não apenas para animais de produção, mas também para seres humanos. Diante desse cenário, há uma considerável reflexão sobre a maximização das produções convencionais e a validação de culturas e alimentos alternativos (REIS; DIAS, 2020).

A Food and Agriculture Organization - FAO (2013) sugeriu a entomofagia como uma alternativa para abordar esses desafios, visto que os insetos têm a capacidade de converter resíduos orgânicos em proteínas de alto valor biológico, vitaminas, minerais e gorduras, com uma demanda temporal e de recursos consideravelmente menor. Nesse contexto, diversos insetos têm chamado a atenção, sendo a *Hermetia illucens*, popularmente conhecida como Black Soldier Fly, uma das mais promissoras devido às suas características nutricionais e produtivas, especialmente no que diz respeito ao uso na alimentação de animais monogástricos (RAMOS-ELORDUY *et al.*, 2002).

No entanto, há uma lacuna significativa no conhecimento acerca das exigências nutricionais da mosca soldado negro e das tecnologias aplicadas à sua nutrição. É reconhecido que a fase de berçário demanda atenção especial devido à sensibilidade dos neonatos, necessitando de um adequado aporte nutricional. Nessa fase, a utilização comum da ração de frango é observada; no entanto, a depender da região e dos substratos empregados, os custos podem se elevar consideravelmente. Por outro lado, na fase larval, substratos de custo inferior são frequentemente empregados, embora apresentem, geralmente, perfil nutricional inferior (RAKSASAT *et al.*, 2020).

O uso de inoculantes fermentativos probióticos na dieta é identificado como uma estratégia eficaz para melhorar a biodisponibilidade de nutrientes essenciais durante o desenvolvimento larval. No entanto, para otimizar os substratos, torna-se imperativo determinar as bactérias a serem inoculadas durante o processo de fermentação, bem como sua concentração. Essa abordagem visa maximizar a eficiência nutricional do substrato e, por conseguinte, otimizar as condições para o desenvolvimento adequado das larvas (KOOIENGA *et al.*, 2020).

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Avaliar a influência de níveis de inclusão de ração de frango na dieta da fase de berçário da Mosca-soldado negra e a inclusão de inoculantes fermentativos na dieta utilizada na fase de engorda.

2.2. Objetivos específicos

- Avaliar o desempenho de neonatos de MSN em diferentes níveis de inclusão de ração de frango na fase de berçário;
- Avaliar o desempenho produtivo de larvas de MSN, na fase de engorda, criadas em substratos inoculados com bokashi;
- Avaliar o desempenho produtivo de larvas de MSN, na fase de engorda, criadas em dietas substratos inoculados com acelerador de compostagem.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. Panorama mundial de resíduos orgânicos

Segundo estimativas apresentadas no relatório do índice de desperdício alimentar do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), 931 milhões de toneladas de alimentos foram desperdiçados no ano de 2019, representando cerca de 17% de toda a produção global. O relatório também aponta que cada indivíduo descarta, por ano, aproximadamente 74 kg de alimentos. Tal desperdício pode ser responsável por diversos problemas ambientais, sendo equivalente, se contabilizados em conjunto, a terceira maior fonte de emissão de gases do efeito estufa (PNUMA, 2021).

No Brasil, de acordo com a Associação Nacional dos Serviços Municipais de Saneamento (2019), cerca de 37 milhões de toneladas de resíduos orgânicos são descartados anualmente e, apenas 1% deste montante recebe tratamento adequado. O descarte incorreto deste material ocasiona diversos problemas ambientais, como utilização de espaço em aterros sanitários, produção de odores incômodos, de lixiviados e gases nocivos, além de ser abrigo e fonte de proliferação de vetores (Lee *et al.*, 2007).

Tendo em vista a importância do problema global relacionado a tal pauta, as Nações Unidas concordaram com uma agenda global para alcançar a gestão sustentável, por meio dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), publicado em 2015, dos quais o Objetivo 12 afirma que a quantidade de alimentos desperdiçados *per capita* deve de ser reduzida pela metade até 2030 (ONU, 2016). Considerando a problemática mencionada anteriormente, é crucial desenvolver mecanismos que promovam a reutilização da matéria orgânica descartada, resultando em benefícios ambientais significativos. A degradação por larvas de Mosca Soldado Negra emerge como um desses mecanismos, não apenas contribuindo para a resolução desse desafio, mas também fomentando a economia circular por meio da conversão de substratos descartados em fontes de proteína, contribuindo com a redução da escassez mundial de alimentos e a insegurança alimentar, que se encontra em níveis alarmantes.

3.2. Perspectivas alimentares

A fome tem sido pauta de diversos debates ao longo dos anos. Até o ano de 2015, viu-se, gradativamente, uma redução no número de pessoas submetidas a tal escassez. Entretanto, de 2015 até os dias atuais, este número voltou a crescer, especialmente no período de pandemia do COVID-19 e posterior a ele, chegando a atingir 735 milhões de pessoas em 2022, o que representa 9,2% da população mundial e cerca de 122 milhões a mais quando comparado ao ano de 2019 (ONU, 2023).

Além dos alarmantes números relacionados a fome, a insegurança alimentar representa uma fração ainda maior, variando entre níveis severos ou moderados, atingindo cerca de 2,4 bilhões de habitantes, aproximadamente 30% da população mundial, o que representa 91 milhões a mais quando comparado ao ano de 2019 (ONU, 2023).

Os problemas supracitados são alarmantes e, concomitante a eles, a população mundial tem aumentado consideravelmente, devendo se aproximar dos 9 bilhões de habitantes em 2050. Diante da perspectiva de crescimento populacional bem como a mitigação da fome e da insegurança alimentar, a necessidade de produção de alimentos deverá dobrar, evidenciando problemas já conhecidos (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION, 2013). Tais problemas caracterizam-se pela necessidade de grandes extensões de terra para a produção de fontes proteicas e energéticas convencionais, bem como o alto consumo de água e tempo, a ineficiência produtiva e competição por alimentos entre animais e seres humanos, que acabam por possuir a mesma base alimentar (REIS; DIAS, 2020).

Para suprir a expectativa de mercado e atingir as metas de redução da fome, deve-se haver mudanças no sistema produtivo atual, uma vez que o mesmo apresenta limitações relacionadas ao uso de grandes extensões de terra, suprimentos e até mesmo o excessivo tempo de produção (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION, 2013). Diante disso, muito se tem pensado a respeito de maximizar as produções convencionais e, além disso, validar e produzir culturas e alimentos alternativos (REIS; DIAS, 2020).

3.3. Insetos como alimento

Em publicação, a *Food and Agriculture Organization – FAO* (2013), recomendou o consumo de insetos como alternativa a subnutrição e a fome mundial. Tal recomendação baseia-se na eficiência de conversão de resíduos em proteína de alto valor biológico, gorduras boas, cálcio, ferro e zinco, necessitando de pouco espaço e investimento, além da baixa produção de gases e excrementos prejudiciais ao meio ambiente.

Dentre várias alternativas, os insetos têm chamado atenção devido a sua característica saprófaga, possuindo a capacidade de se alimentar de matéria orgânica em decomposição e convertê-la em proteína de alto valor biológico, podendo inclusive ser utilizada na alimentação humana e animal. Estima-se ainda que alguns insetos, em determinados estágios de desenvolvimento, possam atingir 77% de proteína, representando uma alternativa viável na substituição de fontes proteicas de origem animal e vegetal (RAMOS-ELORDUY *et al.*, 2002; LISENKO, 2017).

Uma das espécies mais estudadas neste contexto é a *Hermetia illucens*, popularmente conhecida como Mosca-soldado-negra (MSN), que possui alta capacidade de bioconversão e apresenta alta palatabilidade e perfil nutricional compatível as fontes convencionais (RAKSASAT *et al.*, 2020).

3.3.1. Insetos na alimentação animal

O uso de insetos na alimentação animal tem sido cada vez mais estudado, com principal enfoque em animais monogástricos. Tal tendência deve-se a tentativa de reduzir a competitividade de fontes proteicas e energéticas, bem como sustentabilidade alimentar, reduzindo custo, espaço e necessidade de substratos e água potável para sua produção (LISENKO, 2017).

De acordo com o *The International Platform of Insects for Food and Feed- IPIFF* (2019) alguns insetos já fazem parte da alimentação de determinados animais, e seu uso está bem elucidado na nutrição de peixes. Sua importância se deve ao seu perfil de aminoácidos, que apresenta alta digestibilidade em animais, além de conter compostos bioativos como

peptídeos antimicrobianos, ácido láurico e quitina, que podem atuar como imunoestimulantes.

Estima-se que existam cerca de 1900 espécies seguras para o consumo (FAO, 2013). Uma das espécies de maior importância é a *Hermetia illucens* (KROGER; HEIDE; ZENTEK, 2020), popularmente conhecida como Black Soldier Fly, ou Mosca-Soldado-Negra, em tradução livre.

3.4. Mosca-soldado-negra

Popularmente conhecida como Mosca-soldado-negra (MSN), a *Hermetia illucens* é um inseto de interesse zootécnico por não ser transmissora de doenças e não se alimentar na fase adulta, não sendo capaz de picar. É um inseto pertencente à ordem dos Dípteros, ou seja, inseto alado que apresenta duas asas, à família dos *Stratiomyidae* e à subfamília *Hermetiinae*. Originária de regiões tropicais, subtropicais e temperadas, hoje é classificado como um inseto cosmopolita, sendo encontrada diversas regiões do mundo. Embora seja encontrado em várias partes, este inseto se desenvolve melhor em climas quentes, com temperatura média variando entre 28 °C e 32 °C, associada a uma umidade relativa (UR) de 50 a 70% (SHEPPARD *et al.*, 2002; CARUSO *et al.*, 2014).

A MSN apresenta um ciclo holometábolo, caracterizado pela transição de estágios larvais para a forma adulta. Sua metamorfose é completa, com larvas e adultos exibindo morfologias e hábitos de vida distintos. Essencialmente, o ciclo de desenvolvimento compreende quatro fases: ovo, instares larvais, pupa e inseto adulto (EVEREST CANARY; GONZALEZ, 2009).

Quando em fase larval, apresentam coloração amarelada e características saprófagas e fototropismo negativo, ou seja, em condições normais, tendem a se esconder da luz. Nesta fase, desde a eclosão do ovo até o estágio de pré pupa, consomem o substrato visando o acúmulo de energia e nutrientes, que posteriormente serão utilizados, já na fase adulta (SHEPPARD, 2002; CARUSO *et al.*, 2014). A duração da fase larval está diretamente relacionada a composição nutricional, característica física do substrato e quantidade de dieta

consumida por estas, variando de 6 a 20 dias (FURMAN; YOUNG; CATTS, 1959).

Uma vez em processo de pupagem, se tornam mais escuras, entre o marrom e preto, imóveis e não se alimentam mais, esta fase pode durar de 10 dias a meses, a depender das condições ambientais, especialmente temperatura e umidade. Quando adultas (Figura 1), vivem entre 5 e 14 dias, são dependentes do fotoperíodo para a reprodução e, como não são mais capazes de se alimentar, dependem exclusivamente da energia e nutrientes acumulados nos estágios larvais e de água para sua manutenção e fertilidade. (TOMBERLIN *et al.*, 2002; TOMBERLIN *et al.*, 2009).

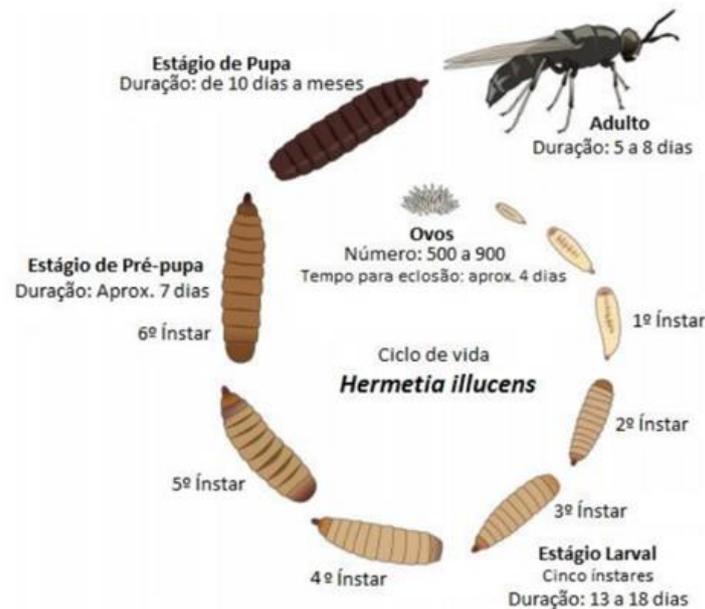
Figura 1. Mosca-soldado-negra adulta



Fonte: Betabugs (<https://www.betabugs.uk/>)

Durante sua vida, cada fêmea é capaz de ovipositar entre 323 a 621 ovos (TOMBERLIN *et al.*, 2002). Os ovos são ovais, apresentando coloração esbranquiçada a creme, a depender do tempo de incubação, sendo mais claros quando colocados e, escurecendo gradativamente com o tempo, até chegar à coloração creme (DICLARO *et al.*, 2009). O tempo de incubação dos ovos até a eclosão pode variar de acordo com as condições climáticas e ambientais, podendo levar entre 2 e 9 dias para o nascimento dos neonatos (HOLMES *et al.*, 2012) O ciclo de vida deste inseto pode ser observado na figura 2.

Figura 2. Ciclo de vida da Mosca-soldado-negra



Fonte: DE SMET *et al.* 2018.

3.4.1. Nutrição larval

Embora o conhecimento sobre as exigências nutricionais sejam fatores imprescindíveis na produção animal, por se tratar de uma cultura de recente interesse zootécnico, pouco se sabe sobre exigências de larvas de Mosca-soldado-negra. Entretanto alguns trabalhos começam a indicar alguns parâmetros para se obter um desempenho satisfatório e qualidade de produto final, seja larva *in natura*, desidratada ou farinha.

Cammack e Tomberlin (2017) destacaram-se como pioneiros na investigação das exigências nutricionais das larvas de Black Soldier Fly (BSF). Os pesquisadores analisaram o impacto da umidade e da proporção entre proteína e carboidrato no desenvolvimento larval. As dietas testadas incluíram relações proteína:carboidrato de 7:35, 21:21 e 35:7, com variações nas umidades de 40%, 55% e 70%. Os resultados indicaram que a umidade foi o fator preponderante na produção, superando as diferentes relações testadas. Larvas alimentadas com dietas contendo 70% de umidade demonstraram um desempenho superior. Notavelmente, as larvas submetidas a substratos que

apresentavam uma relação proteína:carboidrato de 21:21 e 70% de umidade foram as que alcançaram o maior desenvolvimento.

Oddon, Biasato e Gasco (2022) empregaram dietas isoenergéticas e semi-purificadas com incremento progressivo nos níveis de proteína, com o objetivo de determinar a faixa ideal para o desenvolvimento larval. Os tratamentos foram compostos por milho, casca de arroz, caseína e amido, apresentando teores de 10%, 14%, 16% e 19% de proteína. Para aumentar a proteína enquanto mantinham as dietas isoenergéticas, os pesquisadores reduziram o teor de lipídeos pela menor inclusão de milho. A dieta controle consistiu em milho, farelo de trigo e alfafa, com uma proporção de 13,55% de proteína.

Os pesquisadores concluíram que, na fase larval, o tratamento com 16% de proteína (MS) demonstrou maior peso e tamanho individual, sendo esta faixa próxima do ideal para a espécie. Entretanto, aos 18 dias, na fase de pré-pupa, a exigência de proteína diminuiu, resultando em melhor desempenho na faixa de 14% de proteína (MS) (ODDON; BIASATO; GASCO, 2022).

Adicionalmente, Bonelli *et al.* (2020), ao examinarem o comportamento fisiológico e digestivo de larvas de Black Soldier Fly (BSF) sujeitas a uma dieta padrão para dípteros, conhecida como dieta de Gainesville, composta por farelo de trigo, fubá e alfafa, e outra nutricionalmente inferior composta por maçã, banana, pera, brócolis, abobrinha, batata e cenoura, observaram que as larvas apresentam capacidade de adaptação fisiológica aos substratos em que são inseridas. Os pesquisadores concluíram que larvas submetidas a dietas nutricionalmente inferiores desenvolvem mecanismos de adaptação, incluindo o aumento da atividade proteolítica por meio de serino-proteases, a redução da atividade de α -amilase e lipase, além do aumento das microvilosidades intestinais e a diminuição do acúmulo de glicogênio.

3.4.1.1. Ração de frango

No sistema produtivo algumas etapas exigem mais atenção, como é o caso do berçário, que se trata de um método artificial de cuidado aos ovos e neonatos, garantindo a melhoria da produtividade e a modulação do sistema digestivo, auxiliando diretamente na atividade enzimática e microbiota intestinal. A fase de berçário pode durar até 6 dias, a depender do manejo

adotado, e deve contar com controle de temperatura e umidade, uma vez que abriga os ovos e neonatos recém eclodidos, que demonstram sensibilidade a variações de temperatura, umidade, densidade populacional, troca gasosa e composição da dieta (BEKKER *et al.*, 2021). Comumente, dietas para essa fase incluem 100% de ração de frango ciclo inicial, visando um maior aporte nutricional ao recém-nascido, favorecendo o desenvolvimento deste até a fase adulta (DORTMANS *et al.*, 2017; FERRONATO *et al.*, 2023; GRAU *et al.*, 2023; SANDROCK *et al.*, 2022).

Em estudo conduzido por Spranghers, Schillewaert e Wouters (2019), foram investigadas dietas artificiais compostas por ração de frango, açúcar e proteína de soja, variando os níveis proteicos em 20%, 15% e 10%. Observou-se que as larvas alimentadas exclusivamente com a ração de frango apresentaram um desempenho superior.

No entanto, ao adicionar lisina e metionina como suplementos, houve um aumento significativo no desempenho, levando à conclusão de que dietas contendo 10% de proteína, 2% de gordura e 2% de minerais, complementadas com aminoácidos, podem resultar em uma colheita satisfatória de larvas. É importante destacar que são necessários estudos adicionais para identificar os aminoácidos essenciais para a espécie. Os pesquisadores também destacaram que o crescimento larval não apresentou uma correlação direta com o teor proteico da dieta. Em vez disso, observou-se uma influência mais significativa da combinação de proteínas e carboidratos não fibrosos no desenvolvimento larval (SPRANGHERS; SCHILLEWAERT; WOUTERS, 2019).

Lalander *et al.* (2019) conduziram uma avaliação de desempenho de larvas submetidas a dietas contendo ração de frango e ração de cães filhotes. O estudo utilizou 200 larvas, com uma ingestão de 40 mg de alimento por larva e um regime de realimentação a cada três dias. Os resultados indicaram que, em ambas as dietas, o tempo para o aparecimento da primeira pré-pupa foi similar, sendo de 14 dias para a dieta com ração de frango e 15 dias para a dieta com ração de cães. Ademais, não foram observadas diferenças estatísticas no peso da pré-pupa entre os tratamentos, embora a dieta à base de ração de cães

tenha apresentado uma taxa de sobrevivência inferior (89%) em comparação ao outro tratamento (93%).

Em um experimento adicional, Kinasih *et al.* (2018) compararam a ração de frango com resíduos orgânicos vegetais. Eles observaram que o número de dias necessários para completar o desenvolvimento larval diminuiu linearmente com o aumento da quantidade de ração de frango fornecida. Além disso, as pré-pupas obtidas deste tratamento apresentaram o segundo maior peso corporal, perdendo apenas para as larvas alimentadas com borra de tofu.

3.4.2. Fermentação da dieta

A Mosca-soldado-negra se destaca pela sua notável capacidade de bioconversão de resíduos orgânicos em proteína de alto valor biológico. Diante dessa habilidade, a inclusão de substratos nutricionalmente deficientes em sua dieta tem sido uma prática adotada para reduzir os custos alimentares. Contudo, dietas com perfil nutricional inferior têm sido associadas à produção de larvas de menor tamanho, composição bromatológica inadequada e prolongado tempo de desenvolvimento (RAKSASAT *et al.*, 2020).

Uma estratégia para mitigar os efeitos adversos da dieta deficiente é a fermentação prévia da mesma. Essa abordagem visa melhorar a biodisponibilidade de nutrientes para as larvas, permitindo que absorvam mais nutrientes mesmo quando alimentadas com dietas nutricionalmente limitadas. A fermentação pode ocorrer naturalmente, mediante o fechamento hermético do recipiente que contém a dieta, criando condições anaeróbias por um período específico (KOOIENGA *et al.*, 2020).

No entanto, a principal preocupação referente a esse método reside na ausência de conhecimento acerca das culturas microbianas envolvidas no processo fermentativo, o que poderia, ao término do processo, resultar em efeitos prejudiciais para o desenvolvimento larval. Neste cenário, a inoculação de bactérias conhecidas se torna uma aliada a produção, embora pouco se saiba até o momento sobre as melhores cepas, concentrações e período de fermentação, uma vez que resultados diferentes podem ser obtidos a partir da composição dietética, temperatura e genética larval (GEBIOLA *et al.*, 2023a).

Dentro do contexto de culturas fermentativas, o Bokashi tem se destacado, principalmente pela sua associação de bactérias ácido lácticas, fungos e leveduras. Gebiola *et al.* (2023a) utilizaram o Bokashi na fermentação de dietas que continham laranjas, caracterizadas como substratos nutricionalmente deficientes e desafiadores para o desenvolvimento larval. Os resultados indicaram que a prévia fermentação por esses microrganismos resultou em um aumento significativo na biomassa e no desempenho larval. Além disso, as larvas submetidas à fermentação atingiram o pico de peso um dia antes em comparação com as larvas criadas no mesmo substrato sem processo de fermentação.

Em outro estudo conduzido por Gebiola *et al.* (2023b), a utilização de resíduos de cervejaria previamente fermentados por Bokashi resultou em um aumento significativo no peso médio larval, registrando cerca de 40% a mais em comparação com as larvas criadas em substratos não fermentados. Além disso, as larvas submetidas à dieta previamente fermentada alcançaram o pico de peso e o estágio de pré-pupas três dias antes das larvas alimentadas com dietas não fermentadas. A utilização de diferentes cepas deve ser investigada para elucidar os benefícios específicos na fermentação prévia da dieta e no desempenho larval, consolidando-se como uma tecnologia promissora no contexto da criação em massa desses insetos.

4. CAPÍTULO I- Níveis de inclusão de ração de frango na fase de berçário da Mosca-Soldado-Negra

4.1. Resumo

A *Hermetia illucens*, conhecida como Mosca-soldado-negra, possui alta capacidade de bioconversão de resíduos orgânicos em biomassa de perfil nutricional adequado para a nutrição animal, quando comparado as fontes convencionais. No entanto, pouco se sabe atualmente sobre as exigências nutricionais desses insetos. Diante disso, o objetivo do presente estudo foi avaliar índices de inclusão de ração de frango na fase de berçário, levando em conta as condições ambientais, manejo e adaptações fisiológicas dos neonatos utilizados. Foi utilizado delineamento inteiramente casualizado e nove

tratamentos, caracterizados pela inclusão ração de frango comercial Franmil® inicial na dieta base, sendo as inclusões variando de 0% a 40%, com intervalos de 5%. Os neonatos foram coletados em até 24 horas após a eclosão e inoculados na dieta em questão, onde permaneceram por 5 dias em condições de temperatura e umidade controlados. Após este período, foram separados do *frass* e os dados foram coletados. Os resultados foram submetidos a análise de variância e teste de Tukey a 5% de significância pelo software R. Os resultados mostraram que as larvas alimentadas com 30% e 40% de inclusão de ração de frango atingiram maior ganho de peso quando comparadas com os demais tratamentos. Em relação ao *frass*, a quantidade recuperada após a retirada das larvas em relação a quantidade de alimento fornecida foi de 31,8% (D30%), a 55,8% (D20%), se encontrando próximos a faixa indicada (entre 30 e 50%). Conclui-se que a inclusão de 30% apresentou melhores resultados, com larvas mais pesadas e com melhor aproveitamento da dieta fornecida.

Palavras chave: Berçário, BSF, neonato, dieta, *Hermetia illucens*, inseto alimentício.

4.2. Material e métodos

O experimento foi realizado em empresa privada, localizada na cidade de Santana de Parnaíba, São Paulo, Brasil.

4.2.1. Delineamento experimental

O experimento foi conduzido em ambiente climatizado (temperatura média de 30 ± 2 °C; umidade relativa média 70 ± 5 % (TOMBERLIN *et al.*, 2009; HOLMES *et al.*, 2016).

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, contendo nove tratamentos, caracterizados pela inclusão da ração de frango fase inicial na dieta base, sendo as inclusões gradativas, com intervalos de 5%, onde o primeiro tratamento não recebeu ração de frango (0% de inclusão- D0%), o segundo recebeu 5% (D5%), o terceiro recebeu 10% (D10%) e assim sucessivamente até atingir 40% de inclusão. Cada tratamento contou com

quatro repetições. O período experimental compreendeu os 5 dias destinados a fase de berçário.

Cada uma das 36 parcelas experimentais recebeu o total de 150g de alimento, sendo este distribuído entre ração de frango (RF) e dieta base (DB) (Tabela 1).

Tabela 1. Níveis de inclusão de ração de frango fase inicial nas dietas experimentais.

Ração	0% ¹	5% ¹	10% ¹	15% ¹	20% ¹	25% ¹	30% ¹	35% ¹	40% ¹
Dieta base	100%	95%	90%	85%	80%	75%	70%	65%	60%
Ração de frango	0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%

¹Níveis de inclusão de ração de frango fase inicial

Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade através do Software RStudio® (RSTUDIO, 2016).

4.2.2. Dietas experimentais

Para a composição da dieta base, utilizou-se substratos de importância regional e dentro da realidade da empresa onde o experimento foi executado, sendo composta por 75% de casca de limão triturada, caracterizada pelas frações flavedo (epicarpo) e albedo (mesocarpo), 18,75% de farelo de trigo e 6,25% de varredura de fábrica de ração. As cascas de limão foram trituradas com o auxílio de um triturador de matéria orgânica.

Utilizou-se ração de frango comercial Franmil® inicial, composta por milho integral moído, farelo de soja, farelo de trigo, farinha de carne e ossos, calcário calcítico, cloreto de sódio e premix mineral e vitamínico. Não se utilizou 100% de ração de frango como dieta controle devido ao encarecimento da dieta e a inviabilização da mesma em contexto industrial.

No preparo das dietas experimentais, adicionou-se água gradativamente, devido ao aumento da fração seca, até que todas as dietas apresentassem aproximadamente 70% de umidade (CAMMACK e TOMBERLIN, 2017). A composição química da dieta base e ração de frango podem ser observadas na tabela 2.

Tabela 2. Composição química da dieta base e da ração de frango fase inicial.

Composição química*	Dieta base	Ração de frango ¹
Matéria seca	29,8%	87%
Proteína bruta	25,3%	18% ²
Extrato etéreo	9,4%	2,9% ²
Fibra bruta	49,5%	6% ³
Matéria mineral	15,8%	13% ³

* Com base na matéria seca. ¹ Valores disponíveis na embalagem. ² Valores mínimos. ³ Valores máximos.

4.2.3. Coleta dos neonatos

Para a coleta de neonatos, as moscas adultas foram criadas em gaiolas de 118 centímetros de comprimento, 65 de altura e 96 de largura, correspondendo a um volume de aproximadamente 735 litros, alocadas no sistema indoor, com fotoperíodo artificial de 12 horas e controle de temperatura ($30^{\circ}\text{C} \pm 2$) e umidade ($65\% \pm 5$) com o auxílio de aquecedores e vaporizadores no período entre 08 e 17h. A oviposição das fêmeas foi feita em coletores de madeira, com dimensões de 33x4x1 cm, sobrepostas em 4 camadas. Os coletores foram retirados da *love cage* e alocados em funis para a eclosão dos ovos. Uma vez eclodidos, os neonatos caíram em sacos plásticos acoplados a boca do funil, onde a coleta dos mesmos se deu pela retirada do saco plástico e a pesagem e fracionamento em até 24h após a eclosão.

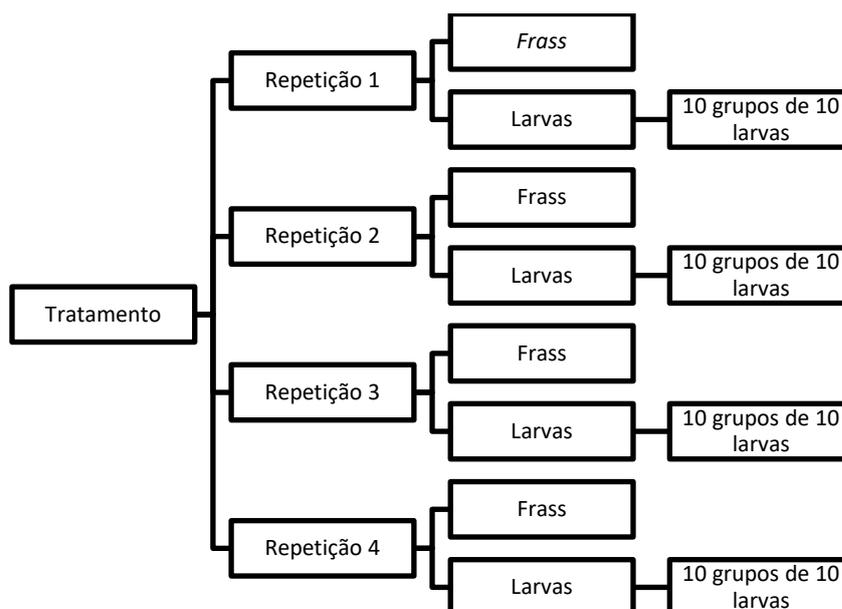
Para o fracionamento, preconizou-se 100mg por repetição, o que equivale a aproximadamente 5.300 neonatos. Após fracionados, os neonatos foram vertidos em potes plásticos contendo 150g de dieta experimental, identificados, cobertos com tela fina (1mm) e alocados no berçário.

4.2.4. Coleta de dados

Ao final dos 5 dias experimentais, os neonatos foram separados do *frass* (dejetos e fração não digeridos da dieta) com auxílio de peneira com malha de 3mm, lavados em água corrente e secos com papel toalha (Bosch *et al.*, 2020). Os neonatos coletados e o *frass* foram pesados separadamente em balança analítica.

Após a obtenção das larvas, separou-se, aleatoriamente, 10 grupos por repetição, cada grupo continha 10 larvas de 5 dias, conforme demonstrado na figura 3, afim de verificar-se o peso de cada grupo. Para a verificação do peso larval, cada grupo foi pesado separadamente em balança analítica. Todos os índices foram calculados com base na matéria fresca.

Figura 3. Amostragem experimental



4.3. Resultados e discussão

Os resultados obtidos podem ser observados na tabela 3.

Tabela 3. Resultados das variáveis peso de 10 larvas, *frass* e peso larval total em decorrência da inclusão de ração de frango fase inicial na dieta.

D'0%	D'15%	D'10%	D'15%	D'20%	D'25%	D'30%	D'35%	D'40%
------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Peso* (g)	0,043± 0,02 ^b	0,028± 0,01 ^d	0,028± 0,01 ^d	0,031± 0,01 ^c	0,031± 0,02 ^c	0,039± 0,01 ^b	0,051± 0,01 ^a	0,031± 0,01 ^c	0,049± 0,01 ^a
Frass (g)	57,8± 4,9 ^d	63,75± 3,8 ^c	70,75± 6,4 ^b	79,25± 3,4 ^a	83,75± 3,6 ^a	58,75± 11,7 ^d	47,75± 0,5 ^e	48 ± 2,9 ^e	54,25± 2,0 ^d
Larvas (g)	17,2± 2,6 ^c	16,5 ± 2,9 ^c	17,25± 2,5 ^c	17,5± 2,9 ^c	13,5 ± 3,19 ^d	33 ± 6,59 ^b	41,5 ± 2,8 ^a	39,25± 1,9 ^a	40,5 ± 1,9 ^a

¹ Dieta experimental

* Valor correspondente ao peso de 10 larvas

Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa pelo teste de Tukey (5%)

Em estudo conduzido por Broeckx *et al.* (2021), larvas alimentadas com ração de frango apresentaram peso de aproximadamente 55 mg (peso referente a 10 larvas) aos 5 dias de idade. Os resultados do presente estudo mostraram que as larvas alimentadas com 30% e 40% de inclusão de ração de frango atingiram peso semelhante ao estudo supracitado, entre 49 a 51 mg. Embora os autores correlacionem o ganho de peso larval ao teor de proteína na dieta, outros fatores apresentam influência, uma vez que o peso larval deste experimento não apresentou crescimento linear conforme se aumentou a proteína dietética, apresentando inclusive valores inferiores deste parâmetro em inclusão de 35% quando comparado a não inclusão (0%).

Uma possível explicação pode ser encontrada no estudo conduzido por Laganaro *et al.* (2020), que verificaram que o aumento do peso de larvas segue uma curva sigmoideal. Embora os dados aqui explorados sejam referentes a fase a neonatal, o comportamento do ganho de peso larval nos diferentes tratamentos pode apresentar característica sigmoideal, e a fase estacionária da curva se iniciar próximo a inclusão de 30% de ração de frango na dieta.

Outra explicação pode ser atribuída ao perfil dos carboidratos presentes na dieta, uma vez que esses elementos mostram correlação com o desempenho larval, conforme discutido por Cohn, Latty e Abbas (2022). A composição específica de carboidratos na alimentação larval pode influenciar diretamente sua capacidade de crescimento e desenvolvimento.

Não se notou diferença entre os tratamentos D0% e D25%, indicando que a inclusão de 25% de ração de frango na dieta dos neonatos no período analisado não demonstrou benefícios, nesse aspecto, quando comparado a

não inclusão. Os tratamentos D15%, D20% e D35% não apresentaram diferença entre si. A paridade entre os tratamentos D5% e D10% demonstram que, a baixa inclusão de ração de frango na dieta de neonatos no período analisado pode ser prejudicial ao desenvolvimento larval, apresentando resultados inferiores a não inclusão.

Tal desempenho pode ser explicado por Bonelli *et al.* (2020), que demonstraram que o crescimento larval, embora seja afetado pelo teor de proteína disponível na dieta, alia-se a outros fatores quando esta é nutricionalmente pobre ou desbalanceada, favorecendo alterações na morfologia intestinal, com aumento da borda em escova, e alterações na atividade enzimática, com aumento expressivo de enzimas proteolíticas e ausência de lipase e α -amilase, afim de garantir melhor aproveitamento do substrato. A inclusão de 5% a 25% de ração de frango na dieta de neonatos pode ter indisponibilizado nutrientes importantes ou desbalanceado o substrato, fazendo com que a fase de berçário não apresente tempo suficiente para tais alterações morfológicas e enzimáticas, prejudicando o desenvolvimento larval.

A quantidade de *frass* restante após a colheita das larvas está diretamente relacionada à conversão e eficiência alimentar, uma vez que este é caracterizado como fração indigestível da dieta e dejetos do metabolismo larval, logo, grandes quantidades após a colheita das larvas pode indicar de que o substrato não foi totalmente digerido. Klamsteiner *et al.* (2020) demonstraram que o *frass* corresponde a valores entre 30 e 50% da dieta fornecida, a depender do substrato utilizado. No presente estudo, o *frass* recuperado após a retirada das larvas em relação a quantidade de alimento fornecida foi de 31,8% (D30%), a 55,8% (D20%), se encontrando próximos a faixa indicada.

A recuperação de *frass* acima de 39% nas dietas entre 5 e 25% de inclusão de ração de frango em comparação aos demais tratamentos indica que tais inclusões prejudicam a digestibilidade da dieta, resultando em neonatos com piora significativa dos aspectos produtivos avaliados.

O peso total de neonatos indica a biomassa total produzida por repetição experimental e está fortemente correlacionado a dieta utilizada e,

principalmente, a densidade populacional aplicada. Diferentes densidades populacionais resultam em diferentes biomassas colhidas, por isso, a comparação com dados já existentes não traz respostas eficazes. Tais dados auxiliam no entendimento da produção média de cada tratamento.

4.4. Conclusão

Com base nas condições de realização do estudo, tratamentos e tempo analisados, é possível concluir que, ao se avaliar todas as variáveis em conjunto, a não inclusão de ração de frango na dieta base pode ser benéfica quando comparado a inclusões entre 5 e 25%. A inclusão de 30% apresentou melhores resultados, com larvas mais pesadas e com melhor aproveitamento da dieta fornecida.

5. CAPÍTULO II- Efeitos da inclusão de inoculantes fermentativos em substratos utilizados na alimentação de larvas da Mosca-soldado-negra: Uma abordagem integrada com bokashi e acelerador de compostagem

5.1. Resumo

A Mosca-soldado-negra (MSN), *Hermetia illucens*, é um dos insetos mais estudados na atualidade, devido a sua alta capacidade de bioconversão de resíduos orgânicos em proteína de alto valor biológico. No entanto, o uso de subprodutos torna-se um problema, uma vez que a bioconversão fica prejudicada, resultando em baixa colheita de biomassa larval ao fim do ciclo produtivo. Diante disso, o objetivo do presente estudo foi avaliar a inclusão de inoculantes fermentativos probióticos como tecnologia aliada a nutrição larval, por meio da disponibilidade dos nutrientes as larvas após o processo fermentativo. O substrato utilizado era composto por limão, farelo de trigo e varredura de fábrica de ração. Foi utilizado delineamento inteiramente casualizado contendo cinco tratamentos, caracterizados pela inoculação de Bokashi líquido comercial PlantaeFert[®] em concentrações 0,5 e 1%, um acelerador de compostagem líquido comercial BioCompost[®] em concentrações de 0,025% e 0,05%, além de um tratamento caracterizado pela dieta não estéril, fermentada sem inoculante. Todos os tratamentos permaneceram em bombonas vedadas por 21 dias antes de serem distribuídos em caixas de produção e receberam 2.400 larvas por repetição. Os resultados foram submetidos a análise de variância e teste de Tukey a 5% de significância pelo software R. Os resultados mostraram que as larvas alimentadas com dietas fermentadas por Bokashi 0,5%, Bokashi 1% e acelerador de compostagem 0,025% apresentaram maior ganho de peso, maior colheita de biomassa larval ao fim do período e recuperação de *frass* de acordo com o esperado. O tratamento controle, sem inoculante, apresentou resultados superiores ao tratamento fermentado por acelerador de compostagem a 0,05% de inclusão, indicando que a inoculação neste nível pode ter sido excessiva, causando competição por nutrientes entre microrganismos e larvas. Conclui-se que a inoculação de Bokashi, nos níveis testados, bem como o acelerador de

compostagem em inclusão de 0,025% se apresentam como uma tecnologia promissora na nutrição e alimentação de larvas de MSN.

Palavras chave: Engorda, BSF, Limão, *Hermetia illucens*, Inoculantes.

5.2. Material e métodos

O experimento foi realizado em empresa privada, localizada na cidade de Santana de Parnaíba, São Paulo, Brasil.

5.2.1. Delineamento experimental

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado onde os fatores estudados foram os inoculantes Bokashi PlantaeFert® e acelerador de compostagem BioCompost®, sendo duas concentrações para cada um dos inoculantes e o controle (dieta não estéril, sem inoculante) descritos a seguir: fermentação anaeróbia sem inoculante (SI) (controle), fermentação anaeróbia com 0,5% de bokashi (BK5), 1% de bokashi (BK1), 0,025% de acelerador de compostagem (AC25) e 0,05% de acelerador de compostagem (AC05), conforme recomendação do fabricante.

O acelerador de compostagem é composto por *Bacillus subtilis* ($1,57 \times 10^8$ UFC/mL) e *Bacillus licheniformis* ($1,42 \times 10^8$ UFC/mL). Por outro lado, a composição exata do Bokashi não é divulgada pelo fabricante, sendo mencionado apenas que é constituído por microrganismos eficientes (EM), os quais incluem bactérias e fungos, cujos níveis de garantia estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4- Níveis de garantia do Bokashi.

Garantia (%)	
Nitrogênio	5
Fósforo	2
Potássio	2
Carbono orgânico	14
Cálcio	1
Cobre	3,5
Magnésio	5,4
Manganês	3,1

Ferro	3
Enxofre	1,4
Zinco	8,2
Cobalto	2
Molibdênio	1,8
Boro	1,7

Cada tratamento contou com cinco repetições e o período experimental abrangeu a fase de engorda até a ocorrência de 5% de pré-pupas (BOSCH *et al.*, 2020). Todos os tratamentos foram submetidos à fermentação anaeróbia em bombonas vedadas por um período de 21 dias (EVCIM; GÜMÜŞ, 2022). Posteriormente, cada repetição recebeu 2 kg de sua respectiva dieta previamente fermentada e 2.400 larvas com idade de 5 dias (5-DOL).

Os dados foram submetidos a análise de variância para avaliar os efeitos individuais de cada tratamento, as concentrações e a interação entre eles. Posteriormente os dados foram submetidos ao teste de Tukey com 5% de probabilidade.

5.2.2. Dieta experimental

Para a elaboração da dieta base, levou-se em conta a realidade da empresa onde foi executado o estudo e a disponibilidade de substratos na região. Diante disso, utilizou-se 75% de casca de limão triturada, caracterizada pelas frações flavedo (epicarpo) e albedo (mesocarpo), 18,75% de farelo de trigo e 6,25% de varredura de fábrica de ração. As cascas de limão foram trituradas com o auxílio de um triturador de matéria orgânica. A composição da dieta pode ser vista na tabela 5

Tabela 5 – Composição química da dieta base

Composição química*	Dieta base
Matéria seca	31,2%
Proteína bruta	25,4%
Extrato etéreo	9,9%
Fibra bruta	49,3%

Matéria mineral	15,4%
-----------------	-------

* Valores com base na matéria seca

Após a mistura dos componentes da dieta, adicionou-se 0,25% de soda caustica diluída em água, visando a obtenção de pH neutro para o melhor desenvolvimento microbiano. Uma vez obtido o pH de 7,3, esperou-se 24 horas para a completa estabilização e posterior inoculação dos microrganismos utilizados no processo fermentativo.

5.2.3. Coleta das larvas

Para a obtenção das larvas, as moscas adultas foram mantidas em gaiolas com dimensões de 118 cm de comprimento, 65 cm de altura e 96 cm de largura, totalizando um volume aproximado de 735 litros. As gaiolas se encontravam em sistema *indoor*, com fotoperíodo artificial de 12 horas, mantendo controle de temperatura ($30^{\circ}\text{C} \pm 3$) e umidade ($65\% \pm 7$) por meio do uso de aquecedores e vaporizadores. A oviposição das fêmeas ocorreu em coletores de madeira, medindo 33x4x1 cm, dispostos em quatro camadas sobrepostas. Após a oviposição, os coletores foram removidos da *love cage* e posicionados em funis para facilitar a eclosão dos ovos.

Os neonatos, ao eclodirem, direcionavam-se aos sacos plásticos conectados à extremidade do funil, e a coleta desses ocorreu pela cuidadosa retirada do saco plástico, seguida da pesagem e fracionamento, realizado em até 24 horas após a eclosão. No processo de fracionamento, foi estabelecida uma quantia de 2.400 indivíduos. Após o fracionamento, os neonatos foram transferidos para potes plásticos contendo 70g de dieta base e 30g de ração de frango fase inicial, devidamente identificados, cobertos com uma tela fina (1mm) e alocados no berçário.

Após a fase de berçário, cada pote contendo 2.400 5-DOL foi vertido em uma caixa, correspondente a uma parcela experimental.

5.2.4. Coleta dos dados

Após o surgimento de 5% de pré-pupas, as larvas foram meticulosamente separadas do *frass* (resíduos e fração não digerida da dieta) com o auxílio de duas peneiras, com malhas de 6mm e 3mm. Em seguida,

foram submetidas à lavagem em água corrente e secas por meio de papel toalha, conforme protocolo estabelecido por Bosch *et al.* (2020).

Devido à presença de cascas de limão, o *frass* foi segregado em fração grossa, predominantemente constituída por cascas de limão não consumidas, e fração fina, caracterizada por farelos e dejetos provenientes do desenvolvimento larval.

As larvas coletadas, assim como as frações grossa e fina do *frass*, foram pesadas separadamente. Posteriormente, 20 larvas foram selecionadas aleatoriamente de cada repetição, totalizando 100 larvas por tratamento, para determinação do peso individual médio, sendo cada larva pesada separadamente em uma balança analítica.

5.3. Resultados e discussão

O tratamento AC05 apresentou um período de 9 dias até atingir o estágio de 5% de pré-pupas, ao passo que os demais tratamentos alcançaram esse resultado em um período de 7 dias.

Os resultados obtidos podem ser observados na tabela 6.

Tabela 6- Resultados das variáveis peso individual médio, *frass* grosso e fino e peso larval total em decorrência da inoculação de acelerador de compostagem ou bokashi.

	Controle	Acelerador de compostagem (%)		Bokashi (%)	
		0,025	0,05	0,5	1
Peso Individual ¹ (mg)	136,16 ± 11,50 (A, B)	152,49 ± 17,89 (A)	82,07 ± 25,33 (B)	150 ± 16,27 (A)	141,1 ± 8,09 (A)
<i>Frass</i> grosso (g)	384 ± 41,14 (B)	350 ± 52,67 (B)	591 ± 22,19 (A)	281 ± 42,92 (C)	414 ± 108,42 (B)
<i>Frass</i> fino (g)	445 ± 54,65 (B)	491 ± 25,83 (B)	722 ± 38,50 (A)	495 ± 54,65 (B)	288 ± 76,04 (C)
Peso larval (g)	155,78 ± 20,24 (A,B)	170 ± 9,35 (A)	76 ± 14,08 (C)	181 ± 37,31 (A)	118 ± 16,04 (B)

¹Peso médio de 20 larvas

Letras diferentes na mesma linha indicam diferença estatística pelo teste de Tukey (P<0,05).

Ao analisar a fermentação de grãos de cevada por meio do bokashi na alimentação de larvas de MSN, Gebiola *et al.* (2023b) observaram que as larvas que foram alimentadas com a dieta fermentada atingiram 5% de pupas em 12 dias, antecipando-se em 3 dias em relação àquelas que receberam a mesma dieta sem o inoculante. Este período para a pupação contrasta com os resultados do presente estudo, no qual foi observado um período de 7 dias, refletindo uma redução de 58% em comparação aos achados dos referidos autores. Tal discrepância pode ser justificada, principalmente, por fatores ambientais, como condições climáticas e a adaptação fisiológica das larvas ao substrato nutricionalmente limitado, conforme explicado por Laganaro, Bahrndorff e Eriksen (2021).

No que se refere ao peso individual, os tratamentos AC25, BK5 e BK1 não apresentaram diferenças estatísticas, situando-se acima da faixa observada por Gebiola *et al.* (2023b) aos 7 dias (125mg) e próximo a faixa encontrada pelos mesmos autores no pico de desenvolvimento larval (140mg), registrado aos 9 dias para o tratamento fermentado por bokashi. Resultados anteriores de Callegari *et al.* (2020), ao avaliarem uma dieta fermentada por *Bacillus licheniformis* composta por pera, maçã e laranja, indicaram um desempenho larval superior (180 a 200mg) em comparação ao grupo controle (140 a 160mg), constituído por dieta não estéril e sem cepas selecionadas. Esses estudos reforçam a conclusão de que as cepas microbianas empregadas no presente trabalho contribuíram positivamente para resultados produtivos, especialmente quando associadas a fontes vegetais.

Resultados inferiores foram relatados por Khaekratoke, Laksanawimol e Thancharoen (2022) ao fornecerem dieta a base de frutas associadas a borra de café, um ingrediente nutricionalmente desafiador, as larvas de MSN. A dieta foi previamente fermentada por *Lactobacillus*, resultando em larvas com pesos variando de 102mg a 139mg, indicando que, a depender do substrato utilizado e da inoculação microbiana, pode haver competição por nutrientes entre as larvas e os microrganismos inoculados, indisponibilizando nutrientes para o desenvolvimento larval, o que pode justificar o resultado negativo do tratamento

AC05, uma vez que essa dosagem é recomendada pelo fabricante como acelerador de compostagem, havendo uma inoculação alta de microrganismos.

Com relação ao *frass*, valores maiores indicam piora na conversão da dieta em biomassa larval, especialmente a fração grossa, uma vez que, no presente estudo, é composta por casca de limão. A casca de limão, devido ao pH ácido e à presença significativa de fibras indigestíveis, representa um substrato desafiador para o desenvolvimento larval. Microrganismos como *Bacillus* e *Enterobacter* demonstram a capacidade de secretar enzimas como proteases, lipases e celulases que atuam sobre a dieta, desdobrando macromoléculas em frações menores. Essa ação pode contribuir para o aumento da disponibilidade de nutrientes para o consumo larval (ZHANG *et al.*, 2021).

A recuperação do *frass* pode variar entre 30 e 50% do total de dieta fornecida, mas tais valores demonstram dependência da composição da dieta, tamanho das partículas fornecidas, população inoculada e umidade final (KLAMMSTEINER *et al.*, 2020) Quanto maior a porcentagem de recuperação de *frass*, maior a dificuldade de degradação dos compostos dietéticos, fazendo com que menos parte da dieta seja digerida, podendo prejudicar o desempenho larval.

O tratamento AC05 apresentou 65,65% de recuperação de *frass*, entre fração grossa (19,2%) e fina (22,25), com relação aos 2 kg de dieta fornecida. Tal recuperação se encontra acima do descrito por Klammeiner *et al.* (2020), indicando uma baixa redução do substrato e piora significativa no desempenho larval. A piora no desempenho é comprovada pela recuperação de biomassa larval ao final do período experimental, sendo apenas 3,8% do total, metade do obtido no controle (SI), além do peso individual médio cerca de 40% abaixo do controle.

Os demais tratamentos, inclusive controle, tiveram recuperação total de *frass* variando entre 35,1% (BK1) e 42,05% (AC25), indicando que houve disponibilização do substrato para o consumo larval. Embora a recuperação de *frass* do tratamento BK1 seja a menor de todos os tratamentos avaliados, a recuperação de biomassa larval total foi prejudicada, ficando 1,85% abaixo do

controle neste quesito. O tratamento BK5 foi o que obteve melhor correlação entre recuperação de *frass* grosso (14,05%) e fino (24,75%), além de melhor recuperação de biomassa larval total (9,05%).

5.4. Conclusão

A partir dos dados apresentados, pode-se inferir que a utilização do bokashi a 0,5% na dieta utilizada demonstra benefícios significativos para o desenvolvimento larval, constituindo uma tecnologia promissora a ser incorporada na nutrição de larvas da Mosca-Soldado-Negra. Por outro lado, a aplicação do acelerador de compostagem requer cautela para essa finalidade, uma vez que a dosagem recomendada pelo fabricante parece ter efeitos adversos no desenvolvimento larval. Observou-se que, para o acelerador de compostagem, metade da dosagem recomendada pelo fabricante (0,025%) apresentou benefícios associados ao desenvolvimento larval nas condições avaliadas, entretanto, outros estudos devem ser feitos visando diferentes inoculações, tanto do Bokashi quanto do acelerador de compostagem, em diferentes dietas e condições, uma vez que a literatura ainda é escassa em tais estudos.

6. REFERÊNCIAS

Associação Nacional dos Serviços Municipais de Saneamento. **Relatório de resíduos sólidos no Brasil em 2019**. [2019]. Disponível em: < [BEKKER, N. S.; HEIDELBACH, S.; VESTERGAARD, S. Z.; NIELSEN, M. E.; RIISGAARD-JENSEN, M.; ZEUNER, E. J.; BAHRNDORFF, S.; ERIKSEN, N. T. Impact of substrate moisture content on growth and metabolic performance of black soldier fly larvae. **Waste Management**, 127, 73-79, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.04.028>.](https://assemae.org.br/noticias/item/4494- apenas-1-do-lixo-organico-e-reaproveitado-no-brasil#:~:text=Todos%20os%20anos%2C%20o%20Brasil,que%20%C3%A9%20descartado%20%C3%A9%20reaproveitado.>.</p>
</div>
<div data-bbox=)

BONELLI, M.; BRUNO, D.; BRILLI, M.; GIANFRANCESCHI, N.; TIAN, L.; TETTAMANTI, G.; CACCIA, S.; CASARTELLI, M. Black soldier fly larvae adapt to different food substrates through morphological and functional responses of the midgut. **International Journal of Molecular Sciences**, 21(14), 4955, 2020. <https://doi.org/10.3390/ijms21144955>.

BROECKX, L.; FROONINCKX, L.; SLEGGERS, L.; BERRENS, S.; NOYENS, I.; GOOSSENS, S.; VERHEYEN, G.; WUYTS, A.; VAN MIERT, S. Growth of black soldier fly larvae reared on organic side-streams. **Sustainability**, 13(23), 12953, 2021. <https://doi.org/10.3390/su132312953>.

BEYNEN, A.C. Insect-based petfood. **Creature Companion**. v. 1, n. 1, p. 40-41, 2018.

BOLAND, M. J.; RAE, A. N.; VEREIJKEN, J. M.; MEUWISSEN, M. P. M.; FISCHER, A. R. H.; BOEKEL, M. A. J.S.; RUTHERFURD, S. M.; GRUPPEN, H.; MOUGHAN, P. J.; HENDRIKS, W. H. The future supply of animal-derived protein for human consumption. **Food Science and Technology**. v. 29, n. 1, p. 62-73, 2013.

BRAGANÇA, D. R.; QUEIROZ, E. O. Manejo nutricional de cães e gatos e as tendências no mercado *pet food*: Revisão. **Pubvet**, v. 15, n. 2, p. 1-11, 2021.

CAMMACK, J. A.; TOMBERLIN, J. 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.

CARUSO, D.; DEVIC, E.; SUBAMIA, I. W.; TALAMOND, P.; BARAS, E. Technical handbook of domestication and production of diptera *Black Soldier Fly* (BSF) *Hermetia illucens*, *Stratiomyidae*. **IRD editions**, Bogor. 2014.

COHN, Z; LATTY, T; ABBAS, A. Understanding dietary carbohydrates in black soldier fly larvae treatment of organic waste in the circular economy. **Waste Management**, v. 137, p. 9-19, 2022.

DETMANN, E.; SOUZA, M. A.; VALADARES FILHO, S. C.; QUEIROZ, A. C.; BERCHIELLI, T. T.; SALIBA, E. O. S.; CABRAL, L. S.; PINA, D. S.; LADEIRA, M. M.; AZEVEDO, J. A. G. **Métodos de análise de alimentos**. 1. ed. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2012, 214 p.

EVCIM, Ş. H.; GÜMÜŞ, İ. The Significance of Bokashi Compost Obtained from Beneficial Microorganisms on Sustainability and Waste Disposal. **Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences**, v. 36, n. 4, p. 95-99, 2022.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. Edible insects – Future prospects for food and feed security. **Fao Forestry Paper**. 201 p., 2013.

KANEKO, J. J.; HARVEY, J. W.; BRUSS, M. L. **Clinical biochemistry of domestic animals**. 6. ed. Davis: Academic Press, 1997. p. 885-905.

KINASIH, I.; PUTRA, R. E.; PERMANA, A. D.; GUSMARA, F. F.; NURHADI, M. Y.; ANITASARI, R. A. Growth performance of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) fed on some plant based organic wastes. **HAYATI Journal of Biosciences**, v. 25, n. 2, p. 79-79, 2018.

KOOIENGA, E. M.; BAUGHER, C.; CURRIN, M.; TOMBERLIN, J. K.; JORDAN, H. R. Effects of bacterial supplementation on black soldier fly growth and development at benchtop and industrial scale. **Frontiers in Microbiology**, v. 11, p. 587979, 2020.

LALANDER, C.; DIENER, S.; ZURBRÜGG, C. VINNERÅS, B. Effects of feedstock on larval development and process efficiency in waste treatment with black soldier fly (*Hermetia illucens*). **Journal of cleaner production**, v. 208, p. 211-219, 2019.

MCCUSKER, S.; BUFF, P. R.; YU, Z.; FASCETTI, A. J. Amino acid content of selected plant, algae and insect species: a search for alternative protein sources for use in pet foods. **Journal of Nutritional Science**. v. 3, n. 36, p. 1-5, 2014.

ODDON, S; BIASATO, I; GASCO, L. Isoenergetic-practical and semi-purified diets for protein requirement determination in *Hermetia illucens* larvae: consequences on life history traits. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v. 13, n. 1, p. 1-10, 2022.

RAMOS-ELORDUY, J.; GONZÁLES, E. A.; HERNÁNDEZ, A. R.; FINO, J. M. Use of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: *Tenebrionidae*) to recycle organic wastes and as feed for broiler chickens. **Veterinary Entomology**, v. 95, n.1, p. 214-220, fev. 2002.

REIS, T. L.; DIAS, A. C. C. Farinha de insetos na alimentação de não ruminantes, uma alternativa alimentar. **Veterinária e Zootecnia**, v. 27, n.1, p 1-16, 2020.

RSTUDIO. **R Markdown**. 2016. Disponível em: <<http://rmarkdown.rstudio.com/>>. Acesso em 22 jun. 2021.

SPRANGHERS, T.; OTTOBONI, M.; KLOOTWIJK, C.; OVYN, A.; DEBOOSERE, S.; DE MEULENAER, B.; DE SMET S. 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.

SPRANGHERS, T; SCHILLEWAERT, S; WOUTERS, F. Optimizing nutrition of Black soldier fly larvae. In: **70th Annual Meeting of the European Federation of Animal Science (EAAP)**, Date: 2019/08/26-2019/08/30, Location: Ghent. 2019.

THE INTERNATIONAL PLATAFORM OF INSECTS FOR FOOD AND FEED- IPIFF. **The European insect sector today: challenges, opportunities and regulatory landscape – IPIFF vision paper on the future of the insect sector towards 2030**. 2019. Disponível em: <<https://ipiff.org/ipiff-vision-paper/>>. Acesso em: 08 jun. 2021.

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.

DORTMANS, B.M.A.; DIENER, S.; VERSTAPPEN, B.M.; ZURBRÜGG, C. Black soldier fly biowaste processing-a step-by-step guide Eawag: Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology. **Dübendorf, Switzerland**, v. 100, 2017.

FERRONATO, N.; PAOLI, R.; ROMAGNOLI, F.; TETTAMANTI, G.; BRUNO, D.; TORRETTA, V. Environmental impact scenarios of organic fraction municipal solid waste treatment with Black Soldier Fly larvae based on a life cycle assessment. **Environmental Science and Pollution Research**, p. 1-19, 2023.

Food and Agriculture Organization of the United Nations., 2013. **Food wastage footprint: Impacts on natural resources: Summary report**. FAO.

Food and Agriculture Organization of the United Nations., 2014. **Food wastage footprint**. FAO.

GOBBI, P.; MARTINEZ-SANCHEZ, A.; ROJO, S. The effects of larval diet on adult life-history traits of the black soldier fly, *Hermetia illucens* (Diptera: *Stratiomyidae*). **European Journal of Entomology**, v. 110, n. 3, p. 461, 2013.

GOLD, M.; CASSAR, C. M.; ZURBRÜGG, C.; KREUZER, M.; BOULOS, S.; DIENER, S.; MATHYS, A. 2020. Biowaste treatment with black soldier fly larvae: Increasing performance through the formulation of biowastes based on protein and carbohydrates. **Waste Management**, v. 102, p. 319-329, 2020.

GRAU, M. G. P.; DORTMANS, B. M. A.; EGGER, J.; VIRARD, G.; ZURBRÜGG, C. Modelling the financial viability of centralised and decentralised black soldier fly larvae waste processing units in Surabaya, Indonesia. **Journal of Insects as Food and Feed**, v. 1, n. aop, p. 1-14, 2022.

KAWASAKI, K.; HASHIMOTO, Y.; HORI, A.; KAWASAKI, T.; HIRAYASU, H.; IWASE, S. I.; HASHIZUME, A.; IDO, A.; MIURA, C.; MIURA, T.; NAKAMURA, S.; SEYAMA, T.; MATSUMOTO, Y.; KASAI, K.; FUJITANI, Y. Evaluation of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae and pre-pupae raised on household organic waste, as potential ingredients for poultry feed. **Animals**, v. 9, n. 3, p. 98, 2019.

KIM, C. H.; RYU, J.; LEE, J.; KO, K.; LEE, J. Y.; PARK, K. Y.; CHUNG, H. Use of black soldier fly larvae for food waste treatment and energy production in Asian countries: a review. **Processes**, v. 9, n. 1, p. 161, 2021.

KLAMMSTEINER, T.; TURAN, V.; FERNANDEZ-DELGADO JUAREZ, M.; OBEREGGER, S.; INSAM, H. Suitability of black soldier fly *frass* as soil amendment and implication for organic waste hygienization. **Agronomy**, v. 10, n. 10, p. 1578, 2020.

KOYAMA, T.; MIRTH, C. K.; Christen K. Unravelling the diversity of mechanisms through which nutrition regulates body size in insects. **Current opinion in insect science**, v. 25, p. 1-8, 2018.

LAGANARO, M.; BAHRNDORFF, S.; ERIKSEN, N. T. Growth and metabolic performance of black soldier fly larvae grown on low and high-quality substrates. **Waste Management**, v. 121, p. 198-205, 2021

LEE, S. H.; CHOI, K. I.; OSAKO, M.; DONG, J. I. Evaluation of environmental burdens caused by changes of food waste management systems in Seoul, Korea. **Science of the Total Environment**, v. 387, n. 1-3, p. 42-53, 2007.

NGUYEN, T. T.; TOMBERLIN, J. K.; VANLAERHOVEN, S. Ability of black soldier fly (Diptera: *Stratiomyidae*) larvae to recycle food waste. **Environmental entomology**, v. 44, n. 2, p. 406-410, 2015.

ONU, 2016. **Sustainable Development Goals: 17 Goals to Transform Our World**. Disponível em: <<https://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals/>>.

RAKSASAT, R.; LIM, J. W.; KIATKITTIPONG, W.; KIATKITTIPONG, K.; HO, Y. C.; LAM, M. K.; FONT-PALMA, C.; ZAID, H. F. M.; CHENG, C. K. A review of organic waste enrichment for inducing palatability of black soldier fly larvae: Wastes to valuable resources. **Environmental Pollution**, v. 267, p. 115488, 2020.

REIS, T. L.; AND DIAS, A. C. C. Farinha de insetos na alimentação de não ruminantes, uma alternativa alimentar. **Veterinária e Zootecnia**, v. 27, p. 1-16, 2020.

SANDROCK, C.; LEUPI, S.; WOHLFAHRT, J.; KAYA, C.; HEUEL, M.; TERRANOVA, M.; BLACKENHORN, W.; WINDISCH, W.; LEIBER, F. Genotype-by-diet interactions for larval performance and body composition traits in the black soldier fly, *Hermetia illucens*. **Insects**, v. 13, n. 5, p. 424, 2022.

SPRANGHERS, T.; OTTOBONI, M.; KLOOTWIJK, C.; OVYN, A.; DEBOOSERE, S.; DE MEULENAER, B.; MICHIELS, J.; EECKHOUT, M.; CLERCQ, P.; DE SMET, S. 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.

YU, G.; CHENG, P.; CHEN, Y.; LI, Y.; YANG, Z.; CHEN, Y.; TOMBERLIN, J. K. Inoculating poultry manure with companion bacteria influences growth and development of black soldier fly (Diptera: *Stratiomyidae*) larvae. **Environmental entomology**, v. 40, n. 1, p. 30-35, 2011.

United Nations., 2023. **The Sustainable Development Goals Report: Special edition**. ONU. Disponível em <<https://unstats.un.org/sdgs/report/2023/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2023.pdf>>. Acesso em 11 dez. 2023.

ONU. **Índice de desperdício alimentar do PNUMA: relatório 2021**. ONU, 2021.

GEBIOLA, M.; GARNICA, A.; PAGLIACCIA, D.; TOMBERLIN, J. K.; MAUCK, K. E. Impact of bokashi fermentation on life-history traits of black soldier fly *Hermetia illucens* (Diptera: *Stratiomyidae*) larvae at an industrial scale. **Journal of Insects as Food and Feed**, p. 1-6, 2023a.

GEBIOLA, M.; RODRIGUEZ, M. V.; GARCIA, A.; GARNICA, A.; TOMBERLIN, J. K.; HOPKINS, F. M.; MAUCK, K. E. Bokashi fermentation of brewery's spent grains positively affects larval performance of the black soldier fly *Hermetia illucens* while reducing gaseous nitrogen losses. **Waste Management**, v. 171, p. 411-420, 2023b.

CALLEGARI, M.; JUCKER, C.; FUSI, M.; LEONARDI, M. G.; DAFFONCHIO, D., BORIN, S.; CROTTI, E. Hydrolytic profile of the culturable gut bacterial community associated with *Hermetia illucens*. **Frontiers in Microbiology**, v. 11, p. 1965, 2020.

KHAEKRATOKE, K.; LAKSANAWIMOL, P.; THANCHAROEN, A. Use of fermented spent coffee grounds as a substrate supplement for rearing black soldier fly larvae, *Hermetia illucens* (L),(Diptera: *Stratiomyidae*). **PeerJ**, v. 10, p. e14340, 2022.

ZHANG, J. B.; YU, Y. Q.; TOMBERLIN, J. K.; CAI, M. M.; ZHENG, L. Y.; YU, Z. N. Organic side streams: Using microbes to make substrates more fit for mass producing insects for use as feed. **Journal of Insects as Food and Feed**, v. 7, n. 5, p. 597-604, 2021.

LISENKO, K.G. **Valor nutricional de farinhas de insetos para cães e gatos**. 2017. 129 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2017.

KROGER, S.; HEIDE, C.; ZENTEK, J. Evaluation of an extruded diet for adult dog containing larvae meal from the Black soldier fly (*Hermetia illucens*). **Animal Feed Science and Technology**, v. 270, n.1, p. 1-10, 2020.

SHEPPARD, D. C.; TOMBERLIN, J. K.; JOYCE, J. A.; KISER, B. C.; SUMNER, S. M. Rearing methods for the black soldier fly (Diptera: *Stratiomyidae*). **Journal of medical entomology**, v. 39, n. 4, p. 695-698, 2002.

EVEREST CANARY, G.; GONZALEZ, L. Diseño y gestión de un proceso para reciclar desechos orgánicos con la Larva *Hermetia illucens* para producir harina de larva. 2009.

FURMAN, D. P.; YOUNG, R. D.; CATTS, P. 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.

TOMBERLIN, J. K.; SHEPPARD, D. C.; JOYCE, J. A. Selected life-history traits of black soldier flies (Diptera: *Stratiomyidae*) reared on three artificial diets. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 95, n. 3, p. 379-386, 2002.

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

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.

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.

DE SMET, J.; WYNANTS, E.; COS, P.; VAN CAMPENHOUT, L. 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.

BOSCH, G.; OONINCX, D. G. A. B.; JORDAN, H. R., ZHANG, J.; VAN LOON, J. J. A.; VAN HUIS, A.; TOMBERLIN, J. K. 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.