

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE ZOOTECNIA**

EDUARDO BUSS

**BIOCONVERSÃO E QUALIDADE NUTRICIONAL DE
LARVAS DE *HERMETIA ILLUCENS* ALIMENTADAS COM
AÇAFRÃO DA TERRA (*Curcuma longa*)**

FLORIANÓPOLIS - SC

2022

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE ZOOTECNIA**

EDUARDO BUSS

**BIOCONVERSÃO E QUALIDADE NUTRICIONAL DE
LARVAS DE *HERMETIA ILLUCENS* ALIMENTADAS COM
AÇAFRÃO DA TERRA (*Curcuma longa*)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como exigência para obtenção do Diploma de
Graduação em Zootecnia da Universidade Federal
de Santa Catarina.

Orientador: Prof. Dr. Fabiano Dahlke

FLORIANÓPOLIS - SC

2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

BUSS, EDUARDO
BIOCONVERSÃO E QUALIDADE NUTRICIONAL DE LARVAS DE
HERMETIA ILLUCENS ALIMENTADAS COM AÇAFRÃO DA TERRA
(Curcuma longa) / EDUARDO BUSS ; orientador, FABIANO
DAHLKE, 2022.
49 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências
Agrárias, Graduação em Zootecnia, Florianópolis, 2022.

Inclui referências.

1. Zootecnia. 2. INSETOS COMESTÍVEIS. 3. BLACK SOLDIER
FLY. 4. PROTEINA. 5. PROCESSAMENTO DE RESÍDUOS. I. DAHLKE,
FABIANO. II. Universidade Federal de Santa Catarina.
Graduação em Zootecnia. III. Título.

Eduardo Buss

BIOCONVERSÃO E QUALIDADE NUTRICIONAL DE LARVAS DE *HERMETIA ILLUCENS* ALIMENTADAS COM AÇAFRÃO DA TERRA (*Curcuma longa*)

Esta Monografia de Trabalho de Conclusão de Curso foi julgada aprovada e adequada para obtenção do grau de Bacharel em Zootecnia.

Florianópolis, 14 de julho de 2022.

Banca Examinadora:



Documento assinado digitalmente
Fabiano Dahlke
Data: 03/08/2022 20:12:47-0300
CPF: 619.575.770-53
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof. Dr. Fabiano Dahlke
Orientador

Universidade Federal de Santa Catarina



Documento assinado digitalmente
Andre Luis Ferreira Lima
Data: 02/08/2022 19:49:16-0300
CPF: 277.135.588-45
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof. Dr. André Luís Ferreira Lima
Universidade Federal de Santa Catarina



Documento assinado digitalmente
Sebastiao Ferreira Magagnin
Data: 02/08/2022 20:16:48-0300
CPF: 055.950.159-50
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Sebastião Ferreira Magagnin
Mestre em Ciências Veterinárias

RESUMO

A criação da mosca soldado negro - MSN (*Hermetia illucens*) (L. 1758) (Dip: Stratiomyidae) tem grande potencial para o uso na agropecuária, devido a sua característica de converter, de forma ambientalmente eficiente, matéria orgânica em proteína. Este estudo avaliou a possibilidade de melhorar a composição química (nutricional) de larvas da MSN, bem como seu crescimento/desenvolvimento e eficiência de bioconversão do resíduo em biomassa de larval. Foi utilizado um delineamento inteiramente ao acaso, composto por 4 tratamentos, formados a partir da composição de um substrato alimentar, contendo resíduos de hortifrutigranjeiro enriquecidos com açafrão da terra (*Curcuma longa*): T1 – 100% resíduo + 0% açafrão, T2 – 87,5% resíduo + 12,5% açafrão, T3 – 75% de resíduo + 25% de açafrão e T4 – 50% de resíduo + 50 % de açafrão. À medida que aumentou a concentração de açafrão no substrato alimentar, cresceu de forma linear a concentração de Proteína Bruta, Resíduo Mineral, Extrativo Não Nitrogenado, Cálcio e Fósforo das larvas. O açafrão como ingrediente reduziu o teor de Extrato Etéreo das larvas, à medida que aumentou o seu nível de inclusão. O uso de açafrão em nível acima 25%, no substrato alimentar, promoveu redução das taxas (Tx) de biomassa larva, Tx de redução de resíduos, Tx de sobrevivência e crescimento específico. Conclui-se que o açafrão da terra (*Curcuma longa*) pode ser usado na produção de substrato alimentar para melhorar a composição nutricional de larvas de *Hermetia illucens*. O uso de açafrão em até 25% da composição do substrato alimentar das larvas não compromete o seu crescimento, a bioconversão de resíduos e a biomassa larval.

Palavras-chave: Insetos Comestíveis, Black Soldier Fly, Proteína.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mosca Soldado Negro Adulta (<i>Hermetia illucens</i>).....	7
Figura 2 - Ciclo de Vida da Mosca Soldado Negro.....	8
Figura 3 - Distribuição geográfica da MSN.....	8
Figura 4 - Resíduo utilizado como substrato alimentar das larvas	15
Figura 5 - Açafraão utilizado na composição dos substratos	15
Figura 6 - Unidades experimentais.....	17
Figura 7 - Temperatura e umidade médias registradas.....	18
Figura 8 - Temperatura máxima e mínima registradas.....	18
Figura 9 - Larvas, frass e fibra não digerida.....	20
Figura 10 - Comparação protéica entre substrato e larva	22
Figura 11 - Análise de regressão PB (%)	23
Figura 12 – Comparação do RM (%) entre substrato e larva	23
Figura 13 - Análise de Regressão RM (%).....	24
Figura 14 – Comparação do EE (%) entre substrato e larva	24
Figura 15 - Análise de regressão EE (%)	25
Figura 16 - Comparação do Fósforo (%) entre substrato e larva	25
Figura 17 - Análise de regressão P (%)	26
Figura 18 - Comparação do Cálcio (%) entre substrato e larva.....	26
Figura 19 - Análise de regressão Ca (%)	27
Figura 20 - Análise de regressão da biomassa final das larvas	28
Figura 21 - Análise de regressão da taxa de redução de resíduo	28
Figura 22 - Análise de regressão da taxa de bioconversão larval	29
Figura 23 - Análise de regressão da taxa de crescimento específico.....	29
Figura 24 - Características visuais das larvas T1	30
Figura 25 - Características visuais das larvas T2.....	30
Figura 26 - Características visuais das larvas T3.....	31
Figura 27 - Características visuais das larvas T4.....	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição dos tratamentos experimentais	13
Tabela 2 - Composição do resíduo utilizado em matéria natural.....	14
Tabela 3 - Composição bromatológica do açafão utilizado	16
Tabela 4 - Composição bromatológica dos substratos alimentares/tratamentos	16
Tabela 5 - Análise bromatológica das larvas.....	21
Tabela 6 – Variáveis Testadas	27

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABIA - Associação Brasileira da Indústria de Alimentos

Ca - Cálcio

EAWAG - Instituto Federal Suíço de Ciência e Tecnologia Aquática

EE - Extrato Etéreo

EFSA - Scientific Opinion on Dietary Reference Values for Protein

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

ENN - Extrativo não Nitrogenado

EPAGRI - Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina

FAO - Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação

FER - Fazenda Experimental da Ressacada

MS - Matéria Seca

MSN - Mosca Soldado Negro

P - Fósforo

PB - Proteína Bruta

TBL - Taxa de Bioconversão Larval

TCE - Taxa de Crescimento Específico

TRS - Taxa de Redução de Resíduo

TS - Taxa de Sobrevivência

UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina

SUMÁRIO

SUMÁRIO	0
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 OBJETIVO GERAL.....	3
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
3.1 Insetos Como Fonte de Proteína.....	4
3.2 Mosca soldado negro (<i>Hermetia illucens</i>)	6
3.3 Desenvolvimento da MSN em diferentes resíduos orgânicos	9
3.4 Mosca soldado negro como fonte de alimentação animal.....	11
3.5 Benefícios, propriedade e uso do Açafrão da terra (<i>Curcuma longa</i>).....	11
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	13
4.1 Local de Estudo.....	13
4.2 Desenho experimental.....	13
4.3 Substratos alimentares.....	13
4.4 Unidade experimental.....	16
4.5 Controle das variáveis ambientais.....	17
4.6 Crescimento Larval e Eficiência de Bioconversão.....	19
4.7 Processamento Larval.....	19
5 RESULTADO E DISCUSSÃO.....	21
6 Conclusão.....	32
7 REFERÊNCIAS	33

1 INTRODUÇÃO

A crescente demanda por alimento exige maior eficiência dos meios de produção na pecuária, com maior precocidade e produtividade sem, no entanto, infligir dor, doença ou maus tratos aos animais. A maior parcela dos custos de produção na cadeia de proteína animal ainda se dá pelas despesas com a alimentação, o que leva a busca por ingredientes alternativos ao convencional binômio milho/soja.

Inúmeras pesquisas vêm sendo desenvolvidas para testar fontes protéicas alternativas ao farelo de soja (NASCIMENTO *et al.*, 2005), e o uso de insetos se evidencia como uma possibilidade devido as suas características nutricionais, tornando-os de grande potencial para substituição dos ingredientes tradicionais (VILELLA, 2018).

Existem diversas espécies de insetos que são usados como fonte de proteína. Merece destaque a *Hermetia illucens* – Mosca soldado Negro (MSN) - um díptero detritívoro que converte resíduos orgânicos em biomassa larval e biofertilizante. A biomassa larval pode ser utilizada como fonte de proteína e o biofertilizante como adubo para solos pobres (KIM *et al.*, 2008; SCHIOVANE *et al.*, 2017). A MSN se desenvolve em diferentes substratos, no entanto, deve-se atentar algumas especificações como a densidade populacional larval, a taxa de conversão, a granulometria e a umidade do resíduo a ser ofertado, que variam devido à grande diversidade de substratos para o seu desenvolvimento (FILHO, 2018).

Com o banimento do uso de grande parte das moléculas de antibióticos empregadas em subdoses como “promotores de crescimento”, intensifica-se a procura por alternativas que garantam o mesmo desempenho zootécnico aos animais. O açafrão da terra ou também chamado de Cúrcuma (*Curcuma longa*) é um alimento natural com ação antimicrobiana e potente antioxidante, que pode perfeitamente ser usado como melhorador de desempenho (GOWDA *et al.*, 2008).

Considerando a peculiaridade das larvas em consumir amplas variedades de resíduos orgânicos, o presente trabalho avaliou a oferta de Cúrcuma em diferentes proporções do resíduo orgânico para larvas de *Hermetia illucens*. Estudou-se a viabilidade (taxa de mortalidade) e o crescimento das larvas, bem como a eficiência de degradação do resíduo orgânico. Também foi objeto de estudo avaliar possíveis al-

terações na composição química (nutricional) das larvas, prevendo a sua utilização como ingrediente protéico na nutrição animal.

2 OBJETIVO GERAL

Avaliar a melhoria da composição química/nutricional de larvas de *Hermetia illucens* (Mosca Soldado Negro) com a inserção de açafrão da terra (*Curcuma longa*) no substrato alimentar.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Verificar possíveis alterações nos níveis nutricionais das larvas em função dos níveis de inclusão do açafrão.

Avaliar a possibilidade de melhorar a viabilidade, crescimento das larvas e a bioconversão de resíduos em biomassa larval, através do substrato alimentar das larvas de MSN.

Verificar o nível de inclusão de açafrão em substrato alimentar de larvas da MSN.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 INSETOS COMO FONTE DE PROTEÍNA

Para atender a crescente demanda da população, a produção de alimento precisa ser cada vez mais eficiente, com precocidade e alta produtividade em espaços cada vez mais reduzidos. Tal cenário reflete a pressão exercida sobre meios de produção de alimento, diante da conhecida limitação dos recursos naturais.

Os alimentos produzidos no Brasil chegam a mais de 190 países, tornando-o o segundo maior exportador de alimentos industrializados do mundo. O faturamento das indústrias alimentícias representou 10,6% do PIB do Brasil em 2020, setor que contribui com 67% do saldo geral da balança comercial brasileira e gerou *superavit* de US\$ 39 bilhões (ABIA, 2019). O País tem condições favoráveis de clima e disponibilidade de área para produção de proteína animal. Estima-se que de 2000 a 2030 seja necessário um aumento na produção mundial de carne em 20%, sendo a proteína de aves a de maior crescimento (40,4%) segundo as perspectivas da FAO – Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (EMBRAPA, 2018).

O ano de 2020 ficou marcado por ser um dos mais difíceis e desafiadores na história recente. A pandemia provocada pelo coronavírus (SARS-CoV-2) que assola o planeta afetou e ainda afeta a vida de bilhões de pessoas, tendo impacto severo na economia mundial. Devido às especificidades do setor agroalimentar, em especial o da proteína animal, foram necessárias adequações rápidas para evitar a interrupção das atividades e o desabastecimento de alimentos. O setor da carne animal tem uma estrutura de produção, processamento, armazenamento e distribuição complexa e sensível devido à alta perecibilidade do produto. Apesar das medidas de prevenção e diversos ajustes realizados em todos os elos da cadeia produtiva, o mercado da produção animal também foi afetado pela pandemia (EPAGRI, 2021). A crise econômica gerada elevou os preços dos principais insumos na alimentação animal, em especial, dos não ruminantes.

Por este motivo, intensifica-se a procura por ingredientes alternativos, que sejam mais baratos, eficientes e não comprometam o desempenho zootécnico e possa substituir ao menos parcialmente o soja, sendo um dos insumos mais caros de uma

ração (NASCIMENTO *et al.*, 2005). Os insetos, devido a sua composição nutricional, tornam-se uma alternativa para atender novas demandas (VILELLA, 2018).

Os insetos são seres invertebrados que pertencem ao reino Animália, ao filo Arthropoda, ao subfilo Hexapoda e a classe Insecta. Eles apresentam corpo segmentado dividido em três regiões diferentes: cabeça, tórax e abdômen e são revestidos por um exoesqueleto contendo quitina. Apresentam aparelhos digestivos tubular e circulatório aberto, constituído por um vaso dorsal com aberturas para cavidade geral do corpo, cordão nervoso ventral e armadura bucal projetada para fora da cavidade oral (CARVALHO, 1986). São conhecidos mais de um milhão de espécies de insetos, porém estima-se que a sua diversidade global seja de 80 milhões, podendo apresentar distintos perfis de aminoácidos, dependendo dos diferentes estádios de desenvolvimento (HUIS *et al.*, 2013). São conhecidas mais de 2.000 espécies de insetos com potencial para uso na alimentação, humana e animal, sendo a maioria praticada em países tropicais. Os mais comuns são das ordens: *Coleoptera* (besouro), *Lepidoptera* (borboletas, lagartas e mariposas), *Hymenoptera* (vespas, abelhas e formigas), *Orthoptera* (térmitas, grilos e gafanhotos), *Hemiptera* (cigarras e percevejos), *Odonata* (libélulas) e os insetos da família *Muscidae* (moscas) (EFSA, 2012). Os principais insetos produzidos comercialmente são: Tenébrio molitor (*Tenebrio molitor*), cascudinho (*Alphitobius diaperinus*), grilo doméstico (*Acheta domesticus*), grilo africano (*Gryllus bimaculatus*), mosca soldado negro (*Hermetia illucens*), gafanhotos (*Locusta migratória*), bicho da seda (*Bombyx mori*), tenébrio gigante (*Zophobas morio*) e mosca comum (*Musca doméstica*).

Os insetos são animais pecilotérmicos, ou seja, não gastam energia mantendo a temperatura corpórea. Por isso, são conversores de alimentos bem eficazes: estima-se que é possível a partir de 2 kg de biomassa alimentar produzir um 1 kg de biomassa de inseto (PAOLETTI, 2005). Se comparado com a plantação de grãos para formulação de rações, a produção de insetos é 50% mais eficiente, por hectare (DOSSEY *et al.*, 2016).

A digestibilidade e a composição nutricional dos insetos dependem da espécie a ser utilizada, atingindo valores que variam de 50 a 82% de proteína bruta na matéria seca (DURST *et al.*, 2008). A mosca doméstica, por exemplo, apresenta níveis de 43 a 68% de proteína bruta, já o tenébrio, de 44 a 69%, valores bem próximos ao da soja (49 a 56%) (VELDKAMP *et al.*, 2012). Bovera *et al.* (2015) indica que a farinha de larvas de tenébrio molitor pode substituir completamente o farelo de soja em die-

tas para frango de corte durante o período de crescimento, sem afetar negativamente o consumo da ração. Outro produto de alto valor agregado, que pode ser obtido a partir dos insetos é a quitina, o principal constituinte do exoesqueleto de insetos. A quitina tem propriedades estimuladoras do sistema imunológico, o que pode trazer benefícios aos animais (VELDKAMP *et al.*, 2012).

Visando uma produção mais sustentável, a farinha de inseto promove menor competição de matéria prima empregada na alimentação humana e possui alto valor nutricional, tornando-se uma alternativa promissora ao meio ambiente pelo potencial uso na alimentação de aves, suínos e peixes (RAMOS *et al.*, 2002). Além disso, vários insetos são polinizadores e diversas espécies possuem capacidade de reciclar resíduos orgânicos, de origem vegetal e principalmente de origem animal (HUIS *et al.*, 2013). O aproveitamento da conversão destes resíduos orgânicos ainda é considerado limitante na produção animal, passando a ser elaborado por diversos projetos desenvolvidos pela FAO em cooperação com a Universidade de Wageningen/Holanda (HASAN *et al.*, 2013).

A produção de insetos é facilitada. As matrizes podem ser obtidas na natureza e mantidas em criação doméstica, não requerendo alta demanda de tecnologias e uso exíguo de recursos naturais. Tais características tornam esta atividade uma solução ecológica, reforçado pela possibilidade do fornecimento de insetos *in natura* (FAO, 2015).

3.2 MOSCA SOLDADO NEGRO (*HERMETIA ILLUCENS*)

A MSN quando adulta mede de 15 a 25 mm, possui cabeça larga com olhos bem desenvolvidos, antenas longas, duas asas membranosas, não possui ferrão e dispõe de duas janelas transparentes no abdômen. É de cor preta, com reflexos metálicos que variam entre o azul e o verde, emitem ruídos durante o vôo e as extremidades das pernas são brancas. A MSN não são consideradas perigosas, pelo contrário são insetos dóceis. (Oliveira *et al.*, 2015).

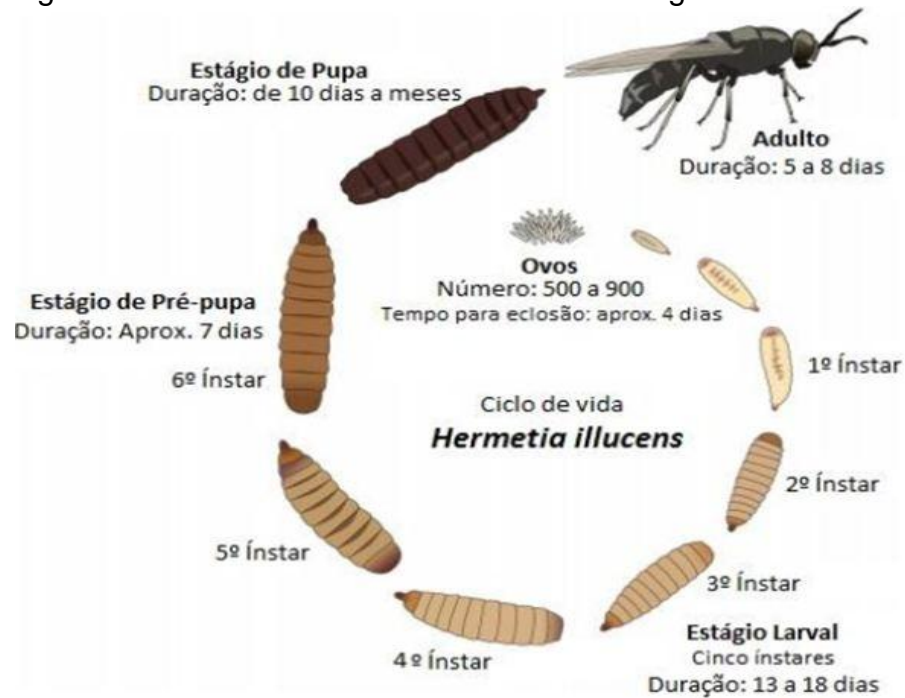
Figura 1 - Mosca Soldado Negro Adulta (*Hermetia illucens*)



Fonte: autor

A MSN tem seu ciclo de vida dividido em quatro fases: ovo, larva, pupa e adulta – Figura 2 (SOUZA, 2016). A reprodução em vida livre acontece três vezes ao ano, entre abril e novembro. As posturas acontecem durante o dia, dois dias após a fertilização a uma temperatura ambiente de 30 graus Celsius. São produzidos cerca de 500 ovos por fêmea, apresentam coloração amarelada, alcançam a dimensão de 1 mm e eclodem após 4 dias depois de ovopositados (Tomberlin *et al.*, 2002). As larvas são saprófagas, ou seja, alimentam-se de resíduos em decomposição e possuem cor esbranquiçada, com cabeça e boca salientes. Podem atingir até 27 mm de comprimento e 6 mm de largura, com peso de 220 mg no último estágio larval (DICLARO *et al.*, 2009). No estágio final larval, em pré-pupa a larva cessa a alimentação, migra para um substrato seco para de se mover e esvazia seu trato digestivo, ficando com uma cor escura antes de chegar ao estágio de pupa (ANTUNES, 2019).

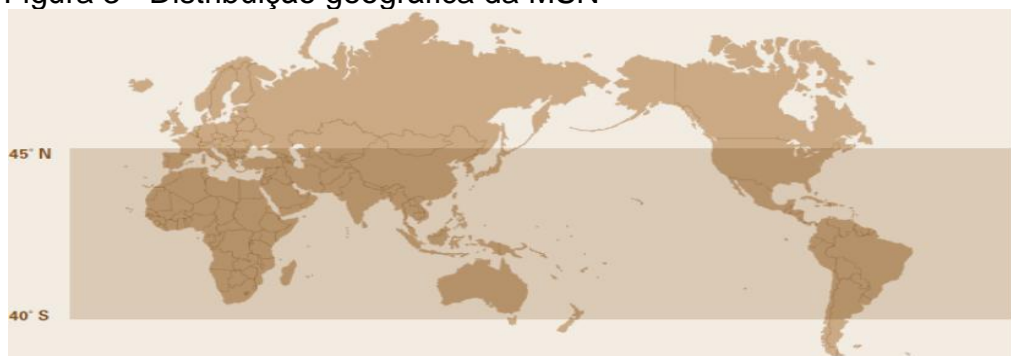
Figura 2 - Ciclo de Vida da Mosca Soldado Negro



Fonte: Smet *et al.*, 2018

A MSN é comum em todo o continente Americano, na Oceania e em na região do Hemisfério Ocidental (Figura 3). Este inseto reproduz-se ao ar livre, colocando seus ovos próximos a compostos orgânicos mal abrigados e estrume de animais com abundante matéria orgânica (OLIVEIRA *et al.*, 2015). A MSN não possui aparelho bucal funcional, não picam e não são vetores de doenças. Em verdade, a espécie traz um efeito benéfico, onde se reproduz evita há presença da mosca doméstica (ROZKOSNY, 1983).

Figura 3 - Distribuição geográfica da MSN



Fonte: Dortmans *et al.*, 2017

A espécie começou a ser estudada na década de 1970 com a possibilidade de utilização como fonte protéica na alimentação de bovinos e suínos (PINHEIRO, 2019). Ainda em 1973, Hale verificou a viabilidade de utilização da *Hermetia illucens* na alimentação de aves devido aos consideráveis valores de Proteína Bruta (PB) (35 a 42% na fase pré-pupa), posteriormente confirmados por Henry *et al.*, (2015), que encontrou concentrações de 35 a 46% de PB na Matéria Seca (MS).

Quanto aos níveis lipídicos, sua concentração pode variar de 15 a 49%, na MS, de acordo com a forma de alimentação das larvas (NOGALES *et al.*, 2019). Bussler *et al.*, (2016) por exemplo, conseguiu reduzir os valores lipídicos na fase pré-pupa em até 9%, aumentando também o teor de proteína de 35% para 60%. Os ácidos graxos também são reflexo da sua dieta, o que é passível de manipulação. Makkar *et al.*, (2014) encontrou 0,2% de teor em ácidos graxos n-3 quando as moscas foram alimentadas somente com estrume de vaca. Já quando foram alimentadas com 50% de estrume de vaca e 50% de resíduo orgânico da indústria de pescados, o teor aumentou para 3%.

Na Europa existem empresas que produzem larvas da *Hermetia illucens* em escala comercial para a fabricação de farinha. A empresa *Feed for future*, localizada no Chile, já produz óleo e farinha da MSN, disponibilizando dois tipos de farináceos da larva, uma com 45% de proteína e 25% de lipídios e outra com 60% de proteína e 15% de lipídios. No Canadá a empresa *Enterra Feed* também comercializa farinha e óleo desde 2014 (COSTA, 2019). No Brasil a produção ainda possui pouca representatividade.

3.3 DESENVOLVIMENTO DA MSN EM DIFERENTES RESÍDUOS ORGÂNICOS

A MSN é um dos dípteros detritívoros conversores de resíduos orgânicos em biomassa larval e biofertilizante. As larvas podem ser utilizadas como proteína e gordura na alimentação animal e o biofertilizante pode ser empregado para melhorar solos pobres (JONG, 2008; SCHIOVANE, 2017).

A MSN pode se desenvolver em diferentes tipos de resíduos orgânicos. Todavia, existem questões importantes que devem ser delimitadas, como número de larvas por quilo de resíduo fornecido, a umidade ideal do resíduo para o seu desenvol-

vimento, além da taxa de conversão do resíduo em biomassa larval, questões importantes e que variam devido à grande diversidade de substrato possíveis de serem utilizados para o desenvolvimento larval (FILHO, 2018).

Em 2005, Newton coletou resíduos de suínos para verificar a capacidade de degradação pela MSN. Segundo o autor, em 14 dias, a degradação dos resíduos foi de 56%, com 15,5% de conversão em biomassa de inseto. Com isto, o autor expôs a capacidade do emprego da mosca como alternativa para o tratamento de resíduos da suinocultura, visto que neles a concentração de nutrientes diminuiu de 40 a 55%.

Avaliando resíduos de bovinos, Tomberlin *et al.*, (2002) utilizaram grupos de 300 larvas em tratamentos com diferentes doses de estrume para verificar o seu ciclo de vida e desenvolvimento. A quantidade de resíduo oferecido afetou o desenvolvimento larval, ou seja, os tratamentos que receberam menor quantidade de estrume tiveram larvas de menor peso, quando comparados com as larvas que receberam mais dejetos. Os adultos do tratamento com menos resíduo, além de pesarem menos, viveram menos. Já a taxa de redução de resíduo foi maior nos tratamentos de menor quantidade de estrume, possivelmente devido a menor quantidade de substrato, as larvas acabaram processando todo o material. ZURBRUGG *et al.*, (2018) buscando compreender o uso da MSN e sua aplicabilidade em uma unidade de processamento de resíduos, examinaram a decomposição do lodo de esgoto e resíduos orgânicos municipais. Os autores confirmaram o potencial para reduzir a matéria orgânica e bioconcentrar proteína. Porém, os resultados relativos ao peso e matéria orgânica fornecida foram inferiores aos encontrados na literatura. Já DIENER *et al.*, (2011), que realizaram experimentos na Costa Rica, em média escala de produção, observaram resultados que ultrapassaram todas as expectativas, reduzindo o lixo doméstico em torno de 68%.

Tanto o tipo de alimento como a quantidade oferecida, afetam diretamente o tempo de desenvolvimento de larva e o peso pré-pupa (DIENER *et al.*, 2011). GOBBI *et al.*, (2013) confirmaram essas informações e demonstraram que os diferentes tipos de substrato e quantidade usada na criação da MSN afetam a mortalidade das larvas, o tamanho dos adultos e o tamanho do ovário das fêmeas.

A gestão sustentável dos resíduos orgânicos é classificada como prioridade em países que desejam garantia de qualidade de vida de seus habitantes (ADEGNIKA *et al.*, 2004). O tratamento de resíduos com uso de MSN oferece uma alternativa promissora para segurança ambiental, ao converter compostos de nitrogênio e car-

boidratos contribui para a redução de emissões de gases de efeito estufa que levam ao aquecimento global (PEREDNIA, 2017; PANG *et al.*, 2020).

3.4 MOSCA SOLDADO NEGRO COMO FONTE DE ALIMENTAÇÃO ANIMAL

Os insetos são o alimento mais ingerido por frangos criados em sistemas *free-range* (caipira), representando 37% do total. Gramíneas representam 25%, grãos 16%, vegetais e frutas 4%, material fecal 6% e outros com 12% (VRIES, 2000).

Devido as suas excelentes características nutricionais e ao seu alto índice de produção de biomassa de inseto, a farinha da mosca soldado negro tem ganhado bastante atenção dos pesquisadores, sendo amplamente estudada. Segundo Altmann *et al.*, (2018) a farinha da MSN também pode influenciar na qualidade da carne dos frangos, com níveis de pH mais estáveis no filé de peito fresco até 7 dias após a embalagem, em comparação com o filé de peito do grupo controle. Quando feita a inclusão da farinha da MSN, também ocorreu o aumento do prazo de validade do produto.

Aparentemente, há um aumento no consumo de ração pelos frangos, quando a dieta contém farinha de MSN. Dabbou *et al.*, (2018) observaram aumento na ingestão da ração contendo 15% de inclusão de farinha deste inseto. Os autores atribuem esses resultados à palatabilidade da ração quando feita a inclusão da MSN.

3.5 BENEFÍCIOS, PROPRIEDADE E USO DO AÇAFRÃO DA TERRA (*CURCUMA LONGA*)

Os antibióticos são utilizados em doses subterapêuticas como melhoradores de desempenho em animais há mais de 50 anos. Tal prática enfrenta severas restrições em todo o mundo, pois administração contínua de antibióticos na dieta dos animais induz o desenvolvimento de resistência bacteriana aos compostos utilizados na terapêutica humana. Em alguns países já é proibido o uso de antibióticos como pro-

motores de crescimento, o que torna imprescindível a utilização de produtos alternativos para o melhor desempenho dos animais que evite a resistência bacteriana em humanos (SANTOS, 2010).

Já o açafrão da terra (*Curcuma longa*) é uma planta herbácea que pertence à família Zingiberaceae, originária da Índia e Sudeste da Ásia, considerada um vegetal medicinal. É encontrada em todo território brasileiro, por isso de fácil acesso e preço acessível (GUPTA *et al.*, 2012). O açafrão apresenta um polifenol de cor amarelo alaranjado e tem sido estudado na alimentação animal, devido aos seus benefícios a saúde (KHAN *et al.*, 2012).

A parte da planta utilizada é o seu rizoma, rico em curcuminoides: a curcumina (diferuloimetano, 77%), desmetoxicucumina (17%) e bisdemetozicucumina (3%). Além disso, apresenta cerca de 6,3% de proteína, 5,1% de lipídeos, 69,4% de carboidratos, 3,5% de minerais, 13,1% de água e resinas, além de óleos voláteis, como a turmerona, atlantone e zingibereno (JURENKA, 2009; SETHI *et al.*, 2015; SHARMA, *et al.*, 2005).

O açafrão tem atividades farmacológicas que incluem antioxidante, antifúngica, antimalária, antitumoral, antiviral, cicatrizante, esquistossomicida, hipoglicemiante, leishmanicida, nematocida, neuroprotetora, antiamiloidogênica e imunomoduladora (SUETH *et al.*, 2015). Seu emprego em rações para animais já vem sendo estudado (YARRU *et al.*, 2009), com o propósito de corante natural e ação antioxidante. Sua ação antimicrobiana favorece o desempenho animal, mostrando também uma excelente fonte de proteção contra coccidiose (EL-HAKIM *et al.*, 2009; NAMAGIRILAKSHMI *et al.*, 2010; Eevuri e Putturu, 2013).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 LOCAL DE ESTUDO

O estudo foi realizado nas instalações do Laboratório de Bioconversão da Universidade Federal de Santa Catarina, Tapera – Florianópolis (27°41'07.5"S 48°32'53.5"W). O resíduo utilizado como alimento para larvas foi coletado no estabelecimento hortifrutigranjeiro “Direto do Campo”, do bairro Rio Tavares. O açafrão empregado foi plantado e colhido na Fazenda Experimental da Ressacada/UFSC (FER/UFSC). Tanto o resíduo como o açafrão foram triturados na FER/UFSC.

4.2 DESENHO EXPERIMENTAL

O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso composto por quatro tratamentos, correspondentes aos quatro diferentes tipos de substratos alimentares, com quatro repetições cada. Os Tratamentos/substratos alimentares foram compostos a partir da mistura em diferentes proporções entre os resíduos orgânicos e açafrão (Tabela 1 e Figura 6).

Tabela 1 - Composição dos tratamentos experimentais

TRATAMENTO	RESÍDUO (%)	AÇAFRÃO (%)
1	100	0
2	87,5	12,5
3	75	25
4	50	50

Fonte: autor

4.3 SUBSTRATOS ALIMENTARES

O resíduo utilizado para a composição dos substratos alimentares foi constituído por frutas (mamão e banana) e legumes (abobrinha, cenoura, batatinha, berinjela) de acordo com a disponibilidade encontrada no dia da coleta (Tabela 2). Os componentes foram pesados em balança (SF-400, Campinas, SP) com capacidade de até 10 kg, e precisão de 1 g. Após a pesagem, os resíduos foram triturados (Orgânico TRO25, Tramontina, RS) até adquirirem textura pastosa.

O açafraão foi utilizado na forma natural, sem a secagem prévia (Figura 5), triturado até alcançar granulometria de 400 μm . Amostras de açafraão e dos substratos alimentares (Tratamentos) foram enviadas ao Laboratório de Nutrição Animal do Departamento da Universidade Federal do Paraná, para a análise da composição Centesimal em Umidade, Proteína Bruta, Extrato Etéreo, Resíduo Mineral, Extrativo Não Nitrogenado, Cálcio e Fósforo (Tabela 3 e 4).

Tabela 2 - Composição do resíduo utilizado em matéria natural.

NOME	PESO (g)	(%)
Mamão Papaia (<i>Carica papaya</i>)	3693	42,11
Cenoura (<i>Daucus carota</i>)	1703	19,42
Banana Branca (<i>Musa spp.</i>)	1208	13,78
Abobrinha (<i>Cucurbita pepo L.</i>)	757	8,63
Mandioca (<i>Manihot esculenta</i>)	574	6,55
Batatinha (<i>Solanum tuberosum</i>)	464	5,29
Berinjela (<i>Solanum melongena</i>)	370	4,22
TOTAL	8769	100

Fonte: autor

Figura 4 - Resíduo utilizado como substrato alimentar das larvas



Fonte: autor

Figura 5 - Açafrão utilizado na composição dos substratos



Fonte: autor

Tabela 3 - Composição bromatológica do açafão utilizado

Umidade	77,73
Proteína Bruta	9,56
Extrato Etéreo	3,95
Resíduo Mineral	12,62
ENN	73,87
Cálcio	0,18
Fósforo	0,40

Valores com base na matéria seca, em porcentagem (%)

Fonte: autor

Tabela 4 - Composição bromatológica dos substratos alimentares/tratamentos

	T1	T2	T3	T4
UMIDADE	84,16	83,35	82,94	81,82
PB	10,61	11,83	12,02	10,73
EE	7,07	5,53	4,98	3,74
RM	5,3	7,87	6,45	7,87
ENN	77,02	74,77	76,55	77,67
Ca	0,32	0,36	0,35	0,33
P	0,25	0,3	0,35	0,39

Valores com base na matéria seca, em porcentagem (%)

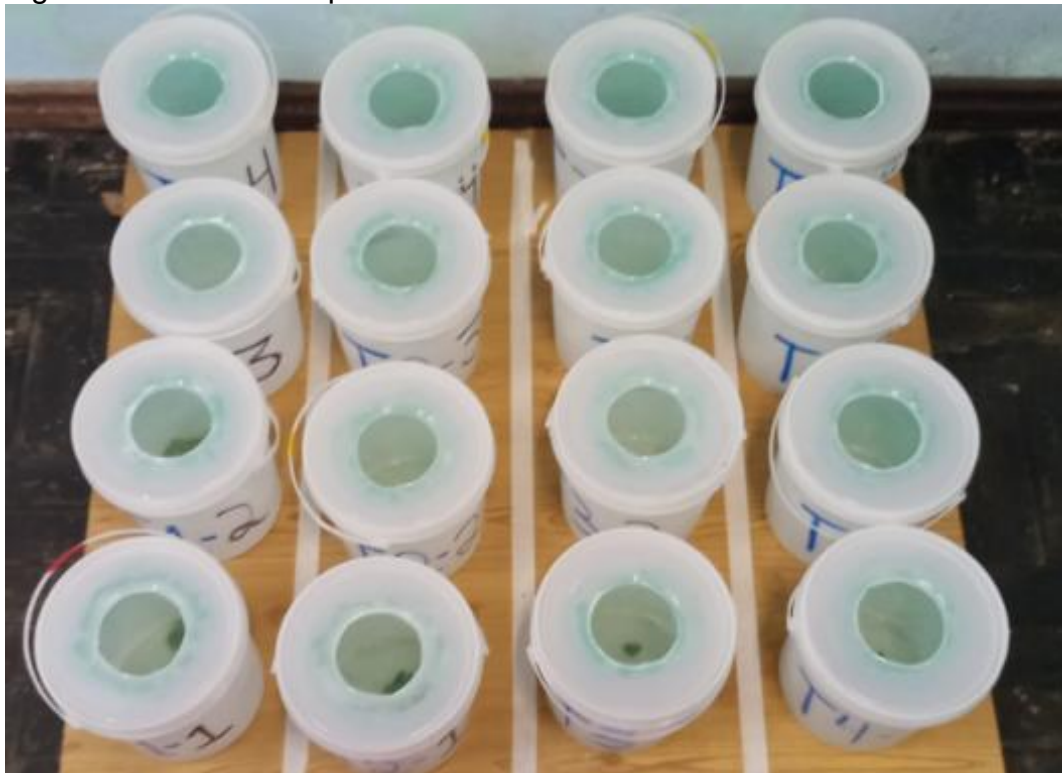
Fonte: autor

4.4 UNIDADE EXPERIMENTAL

Cada unidade experimental foi constituída por um recipiente plástico com área de 198,45 cm² (Figura 6), onde foram alojadas 400 larvas, por recipiente, atendendo a recomendação de duas larvas por cm² (Sheppard *et al.*, 2002). Elas foram doadas pelo Laboratório de Bioconversão da Universidade, com cinco dias de idade e alimentadas previamente durante os cinco dias com ração de galinha de postura da marca SUPRA. A taxa de alimentação das larvas foi calculada de acordo com as recomendações de Gougbedji *et al.*, (2021) sendo 0,5 g de substrato alimentar para cada larva até o final do seu ciclo. Por haver 400 larvas por unidade experimental,

foram utilizados 200 g de alimento por unidade, divididas em frações diárias de 13,33 g de substrato, durante 15 dias experimentais. Na superfície dos recipientes foi instalada tela para impedir a entrada de insetos invasores.

Figura 6 - Unidades experimentais



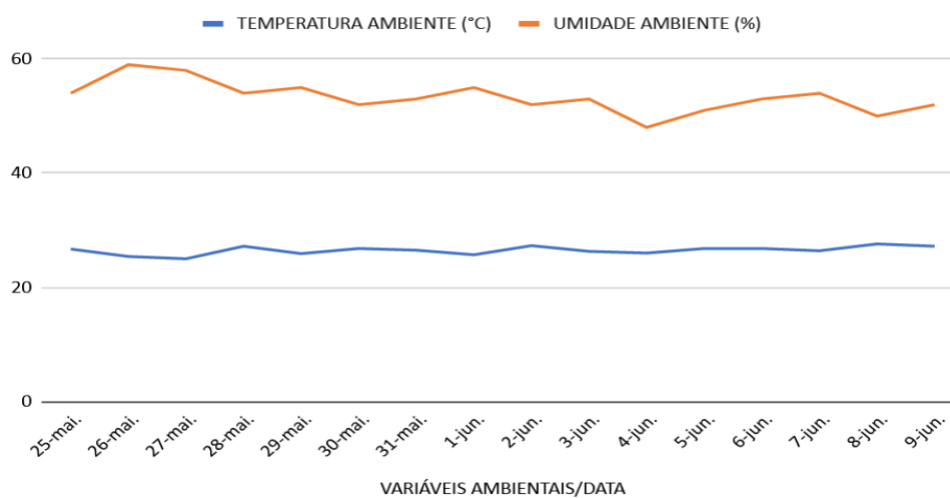
Fonte: autor

Ao final da fase experimental, as larvas foram peneiradas em malha 20 (ABNT – TYLER) para separar as larvas do substrato remanescente, pesadas em balança de 0,01 g de precisão para a determinação da biomassa final e do peso médio final das larvas.

4.5 CONTROLE DAS VARIÁVEIS AMBIENTAIS

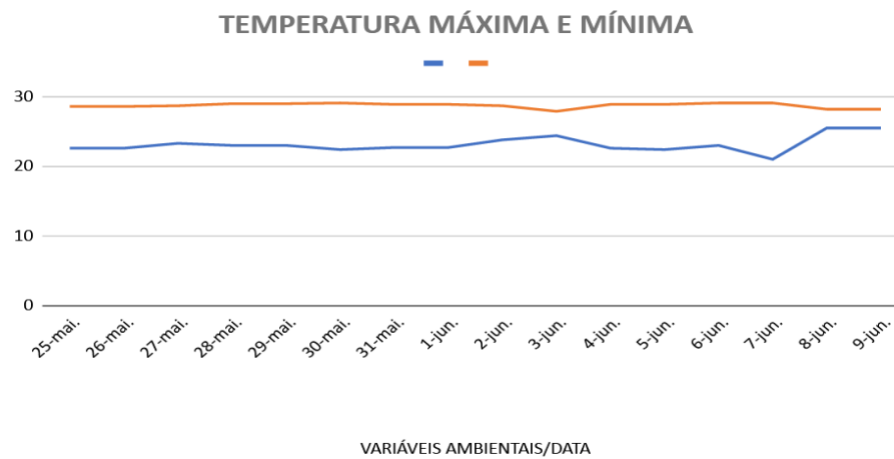
O experimento foi executado entre 25 de maio ao dia 09 de junho de 2022. Neste período, foram mensuradas as temperaturas diárias, no período matutino e vespertino: às 9:00hs e às 17:00hs (Figuras 7 e 8).

Figura 7 - Temperatura e umidade médias registradas



Fonte: autor

Figura 8 - Temperatura máxima e mínima registradas



Fonte: autor

4.6 CRESCIMENTO LARVAL E EFICIÊNCIA DE BIOCONVERSÃO

Para os cálculos da taxa de sobrevivência e taxa de crescimento, foram utilizadas as recomendações propostas por Lopes *et al.*, (2020). Já para o cálculo da taxa de redução de resíduo e da eficiência da bioconversão, foram utilizadas as equações propostas por Gianetto *et al.*, (2020). Vide a seguir:

- Taxa de redução de resíduo TRS (%) = [(substrato final - substrato inicial) / substrato inicial] * 100
- Taxa de bioconversão larval TBL (%) = (biomassa larval final / substrato inicial) * 100
- Taxa de sobrevivência TS (%) = (número de larvas colhidas / número de larvas adicionadas) * 100
- Taxa de crescimento específico TCE (%) = (peso médio final – peso médio inicial / tempo) *100

4.7 PROCESSAMENTO LARVAL

Ao final do período experimental foram amostrados os resíduos de cada tratamento. Utilizou-se peneiras de duas malhas diferentes, 03 e 08 (ABNT – TYLOR), a fim de separar as larvas, matéria digerida (*frass*) e compostos não digeridos (Figura 9). As larvas, o *frass* e a fibra não digerida foram pesadas em balança de precisão de 0,01 g. Foi feita a contagem individual das larvas para determinar a sobrevivência e pesagem para os cálculos de bioconversão. O processamento de abate foi realizado segundo o manual da EAWAG – Instituto Federal Suíço de Ciência e Tecnologia Aquática (2021).

As larvas foram lavadas em água corrente e, posteriormente, feita a sanitização em água fervente por 60 segundos (abate). Devido à imersão na água fervente, as larvas esvaziam parte do seu conteúdo intestinal deixando com aspecto mais branco, após essa etapa as larvas são lavadas novamente para garantir que não fique

nenhum resíduo restante e nenhum material do seu conteúdo intestinal. As repetições de cada tratamento foram agrupadas e congeladas para análise.

Figura 9 - Larvas, frass e fibra não digerida



Fonte: autor

5 RESULTADO E DISCUSSÃO

Ao final do período experimental as larvas foram submetidas à análise bromatológica, para a determinação dos teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), resíduo mineral (RM), extrativo não nitrogenado (ENN), cálcio (Ca), fósforo (P), segundo AOAC (1995). Os resultados são apresentados no tabela 5.

Tabela 5 - Análise bromatológica das larvas

	T1	T2	T3	T4
UMIDADE	76,83	78,42	80,71	82,74
PB	38,71	48,01	54,9	63,21
EE	32,15	29,56	18,61	8,81
RM	7,51	7,37	8,29	9,97
ENN	21,62	15,06	18,2	18,02
Ca	0,65	0,74	0,73	1,33
P	0,95	1,16	1,4	1,51

T1 – 100% de resíduo e 0% de açafirão; T2 - 87,5% de resíduo e 12,5% de açafirão; T3 – 75% de resíduo e 25% de açafirão; T4 – 50% de resíduo e 50% de açafirão

Valores com base na matéria seca, em porcentagem (%)

Fonte: autor

A medida que aumentou a concentração de açafirão no substrato alimentar, cresceu de forma linear a concentração de Proteína Bruta, Resíduo Mineral, Extrativo Não Nitrogenado, Cálcio e Fósforo das larvas (Tabela 5). O desenvolvimento era esperado, uma vez que a inclusão de açafirão em níveis crescentes deve aumentar a composição nutricional, também de forma crescente do substrato alimentar. Todavia, dois fatos chamam a atenção: os níveis protéicos observados nas larvas no Tratamento 3 (55% de PB) e T4 (63% de PB), foram acima dos resultados observados na literatura, que apontam teores de proteína variando de 35 a 46% (HENRY *et al.*, 2015; NOGALES *et al.*, 2019 e PINHEIRO, 2019). Nestes tratamentos, a participação do açafirão na composição total do substrato alimentar foi de 25 e 50%, respectivamente.

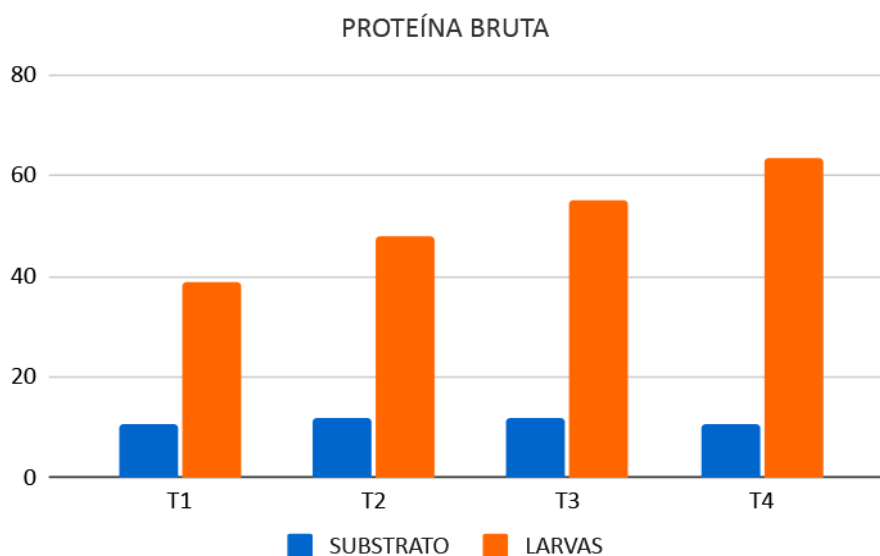
Também chama a atenção que, embora o açafirão contenha somente 9,56% de PB (na MS), sua inclusão promoveu um aumento em aproximadamente 70% da

composição protéica das larvas. Já a análise da composição em proteína do substrato alimentar indica que não houve variação neste nutriente, mesmo com o aumento da concentração de açafrão (Figura 10). Comportamento semelhante é observado com variável Resíduo Mineral das larvas (Figura 12), que aumenta proporcionalmente ao aumento da inclusão de açafrão.

Outro componente nutricional importante que caracteriza a larva enquanto ingrediente é a sua composição em lipídios. De acordo com a Tabela 5 e Figura 14, quando alimentadas somente com resíduos – frutas e verduras (T1), as larvas apresentaram concentração de 32% de EE, ao passo que o a inclusão de Açafrão, em níveis crescentes, reduziu o percentual lipídico (T2 = 29,56%; T3 = 18,61% e T4 = 8,81).

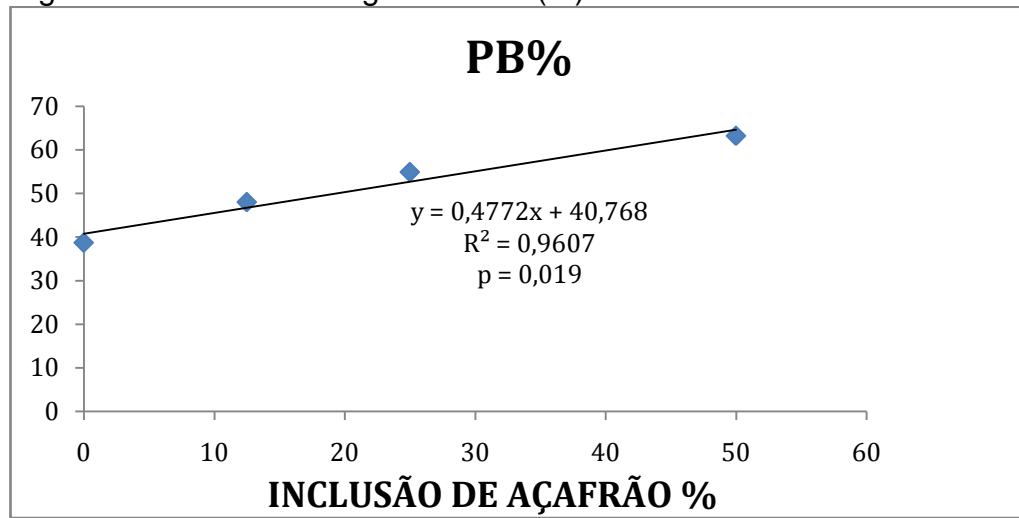
Os teores lipídicos de larvas de MSN podem variar de 15 a 49% de acordo com a forma de alimentação das larvas (NOGALES *et al.*, 2019). Bussler *et al.*, (2016), por exemplo, conseguiu-se reduzir os valores lipídicos na fase pré-pupa em até 9%, aumentando também o teor de proteína de 35% para 60%, valores muito próximos aos encontrados no presente estudo. Assim, o uso de açafrão passa ser uma alternativa para melhorar as características dos principais componentes nutricionais das larvas, convertendo-as em excelente ingrediente protéico.

Figura 10 - Comparação protéica entre substrato e larva



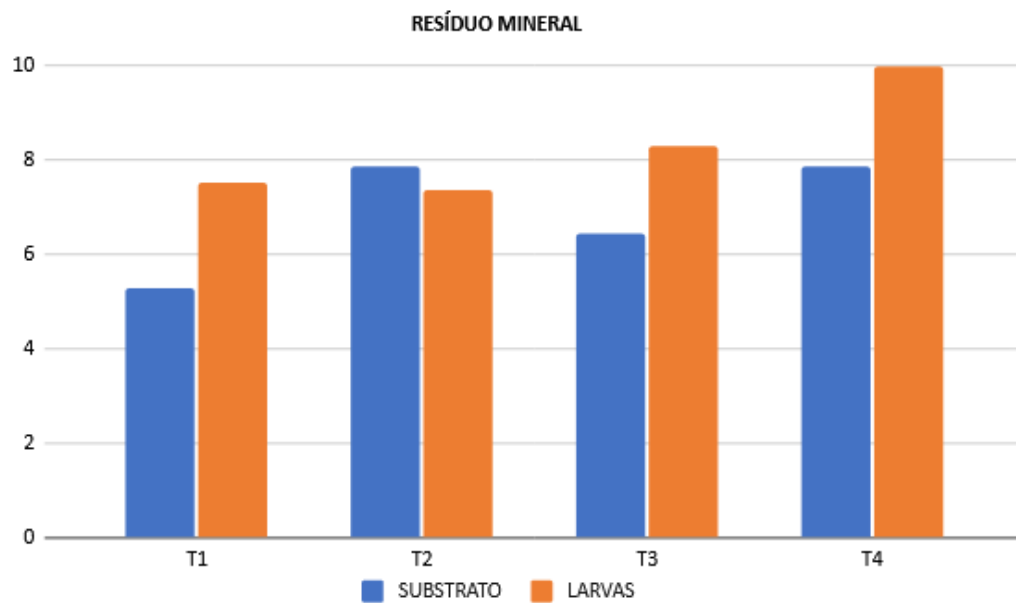
Fonte: autor

Figura 11 - Análise de regressão PB (%)



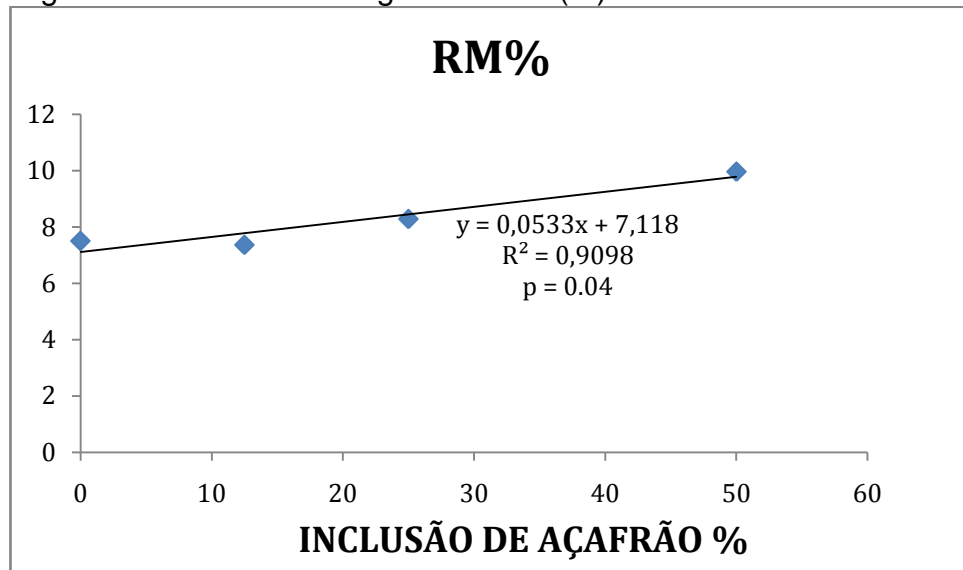
Fonte: autor

Figura 12 – Comparação do RM (%) entre substrato e larva



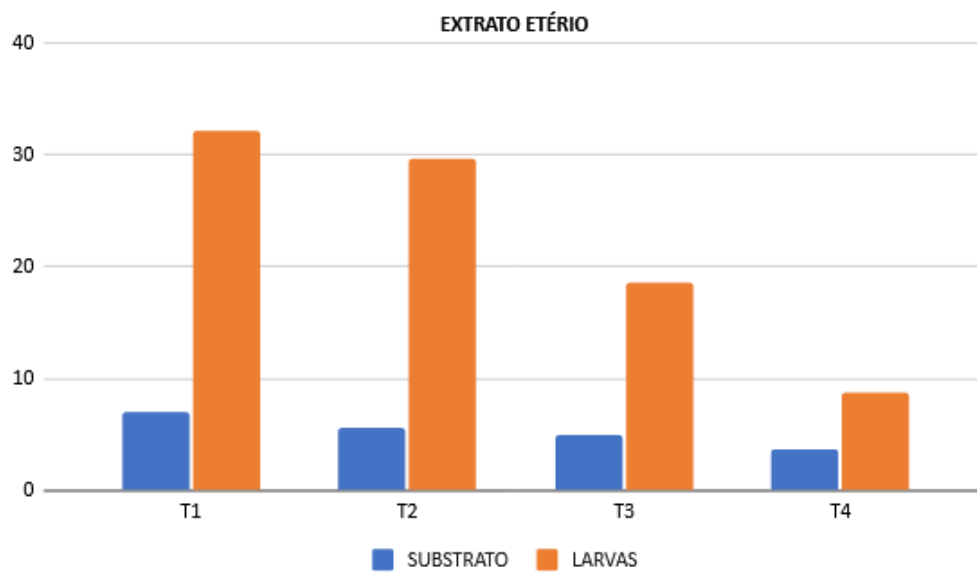
Fonte: autor

Figura 13 - Análise de Regressão RM (%)



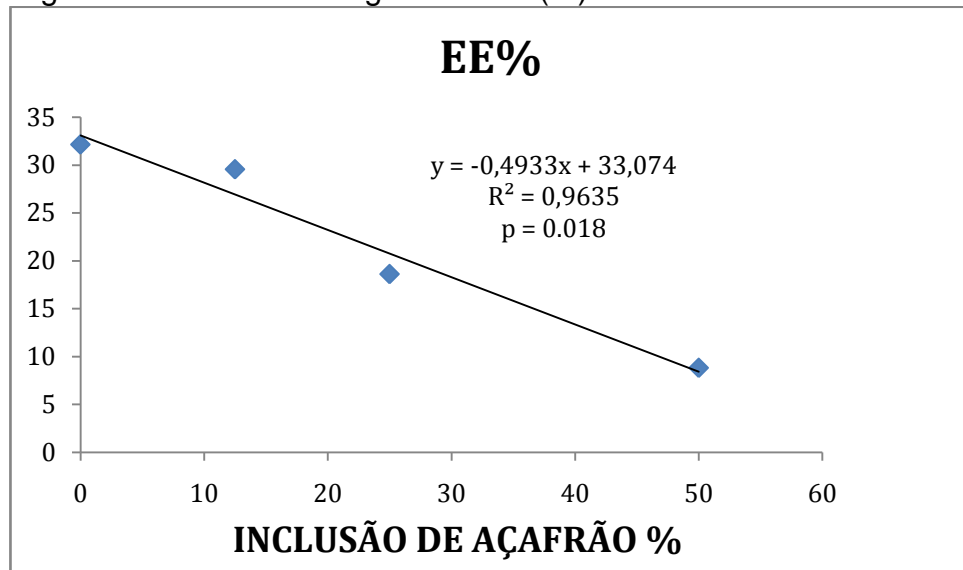
Fonte: autor

Figura 14 – Comparação do EE (%) entre substrato e larva



Fonte: autor

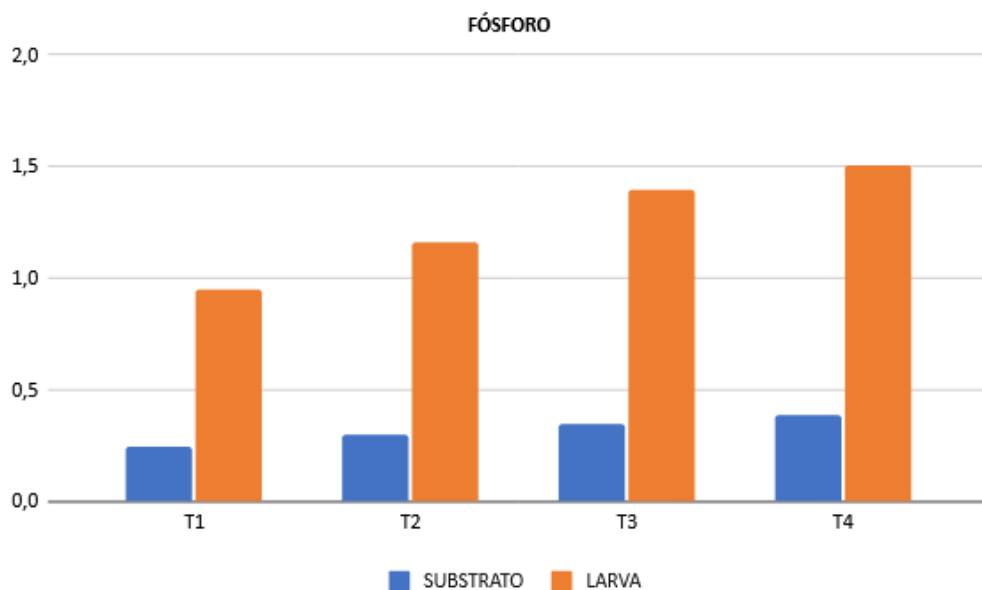
Figura 15 - Análise de regressão EE (%)



Fonte: autor

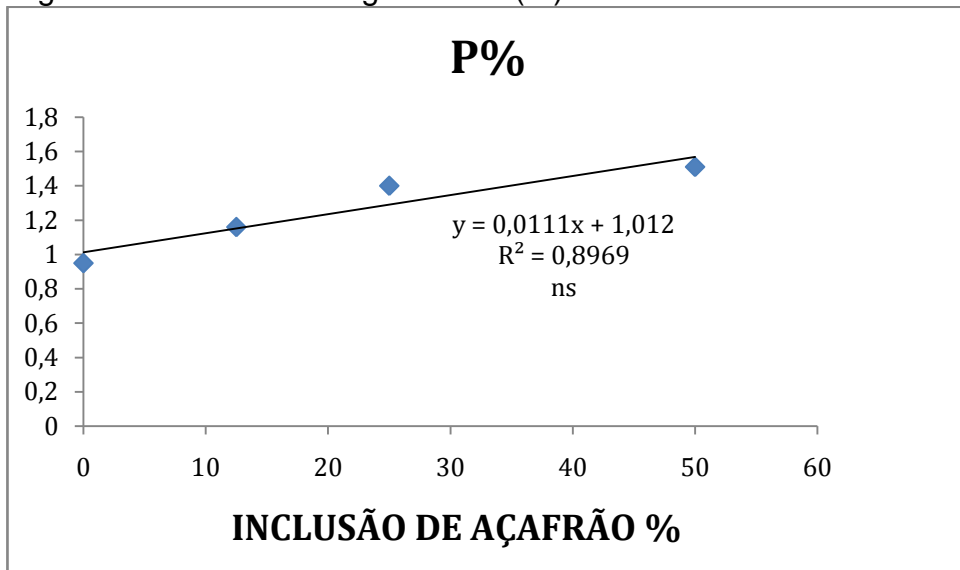
A deposição dos minerais também foi afetada pela inclusão do açafreão. A medida que aumentou a inclusão deste componente, elevou-se de forma linear a composição de Fósforo das larvas (Figura 17). Para o Cálcio, registrou-se aumento na composição das larvas somente quando alimentadas com o substrato contendo 50% de açafreão (Figura 18).

Figura 16 - Comparação do Fósforo (%) entre substrato e larva



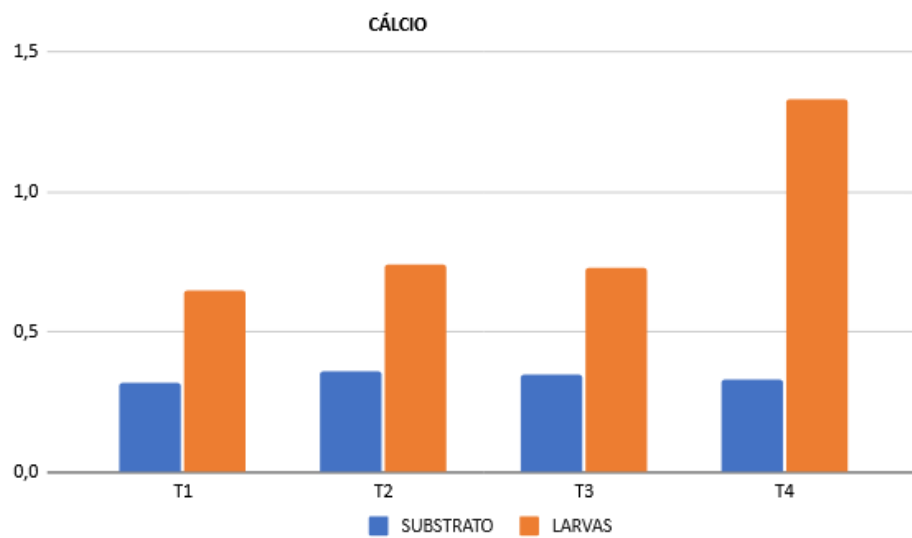
Fonte: autor

Figura 17 - Análise de regressão P (%)



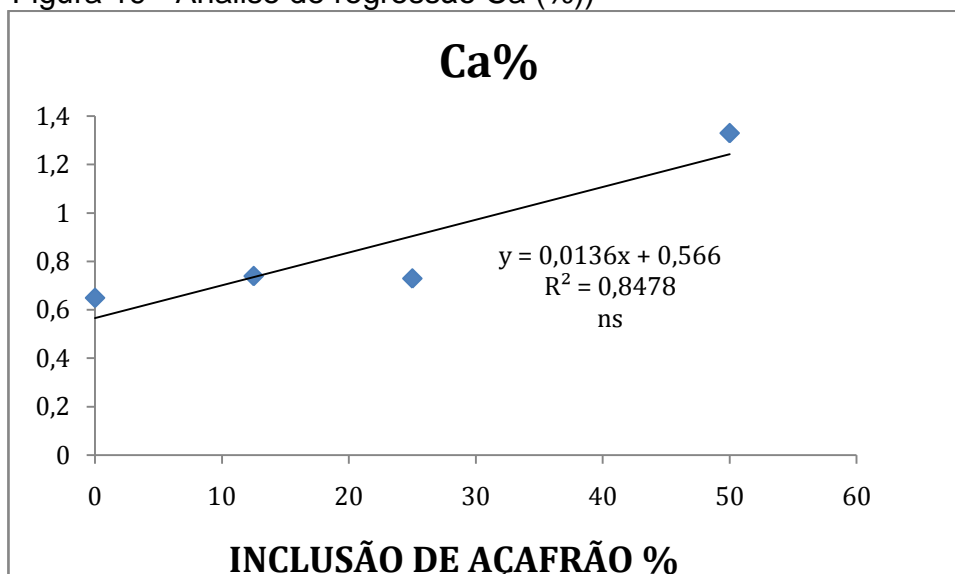
Fonte: autor

Figura 18 - Comparação do Cálcio (%) entre substrato e larva



Fonte: autor

Figura 19 - Análise de regressão Ca (%)



Fonte: autor

Os efeitos dos níveis de inclusão do açafrão no substrato alimentar sobre as variáveis Biomassa Final (BF), Taxa de Redução de Resíduo (TRS), Taxa de bioconversão larval (TBL), Taxa de sobrevivência (TS), Taxa de crescimento específico (TCE) são apresentados na Tabela 6. As variáveis consideradas foram avaliadas em função dos 4 tratamentos em um delineamento inteiramente casualizado com 4 repetições. Para tanto, foi utilizado o procedimento GLM do "software" estatístico SAS (2014).

Tabela 6 – Variáveis Testadas

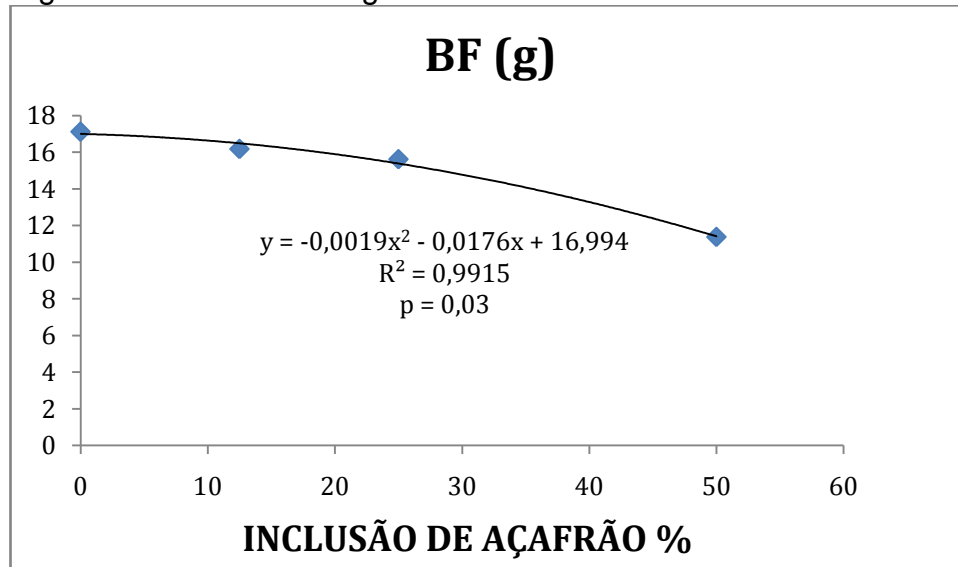
Variável testada	Tratamentos				CV %	P
	1	2	3	4		
BF (g)	17,11±1,13 ^a	16,17±1,52 ^a	15,61±0,92 ^a	11,37±0,42 ^b	7,11	<0,0001
TRR (%)	69,91±2,17 ^a	67,40±1,01 ^{ab}	67,40±1,90 ^{ab}	62,93±3,28 ^b	3,35	0,0065
TBL (%)	8,58±0,56 ^a	8,11±0,76 ^a	7,83±0,46 ^a	5,70±0,21 ^b	7,12	<0,0001
TS (%)	91,94±9,44	89,06±7,92	79,81±7,68	79,19±5,55	9,14	0,0877
TCE (%)	27,29±1,58 ^a	26,02±2,73 ^a	24,52±1,90 ^a	17,89±0,58 ^b	7,78	<0,0001

Taxas (%) de Biomassa final (BF), Taxa de Redução de Resíduo (TRS), Taxa de Bioconversão Larval (TBL), Taxa de Sobrevivência (TS), Taxa de Crescimento Específico (TCE) de larvas de Mosca soldado negro alimentadas por 15 dias com substratos alimentares

T1 – 100% de resíduo e 0% de açafirão; T2 - 87,5% de resíduo e 12,5% de açafirão; T3 – 75% de resíduo e 25% de açafirão; T4 – 50% de resíduo e 50% de açafirão
 Letras diferentes na mesma linha indicam médias diferentes pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

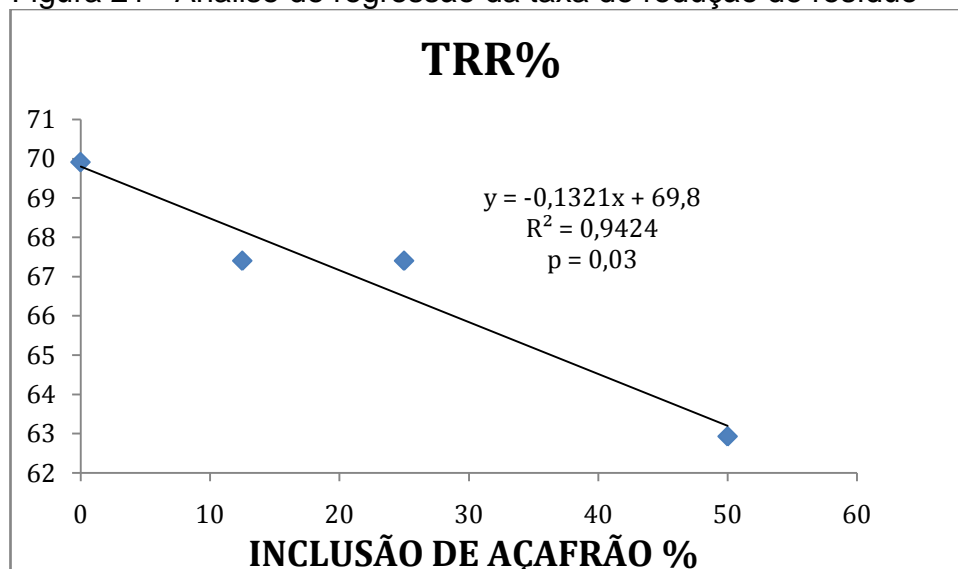
Fonte: autor

Figura 20 - Análise de regressão da biomassa final das larvas



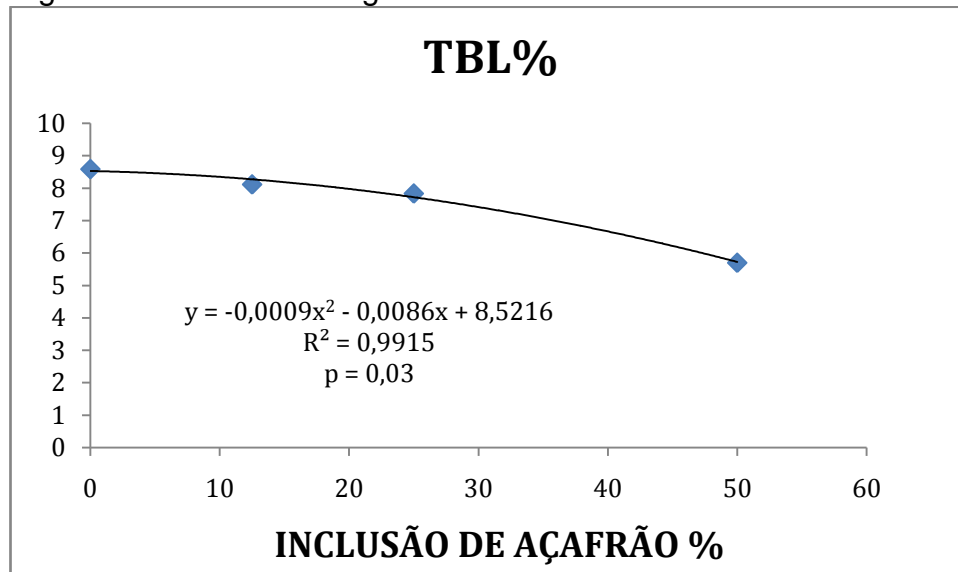
Fonte: autor

Figura 21 - Análise de regressão da taxa de redução de resíduo



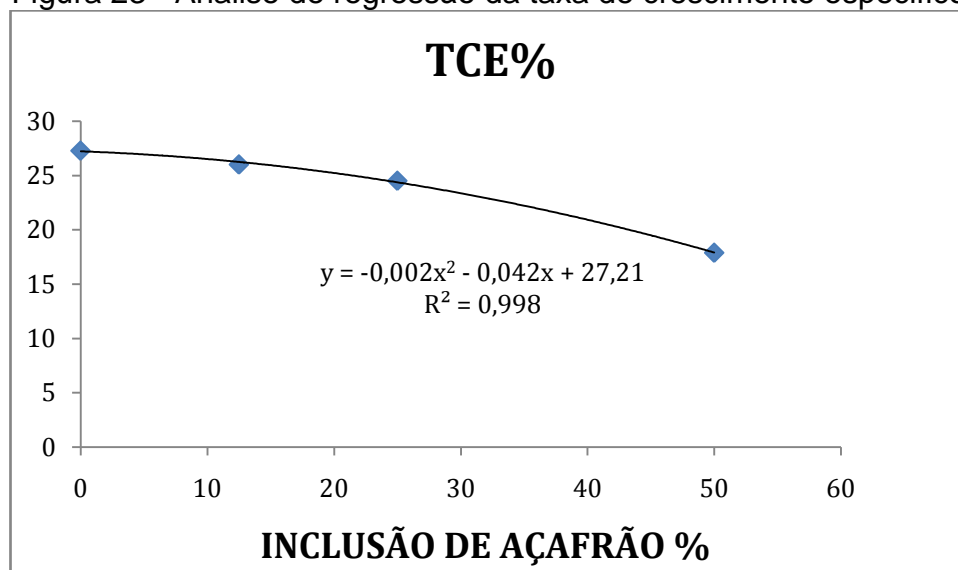
Fonte: autor

Figura 22 - Análise de regressão da taxa de bioconversão larval



Fonte: autor

Figura 23 - Análise de regressão da taxa de crescimento específico



Fonte: autor

O uso de açafrão, nos níveis utilizados na composição do substrato alimentar, não afetou a viabilidade das larvas medida através da Taxa de sobrevivência ($P=0,08$). No entanto, as Taxas de Biomassa final, de Redução de Resíduo, de Bioconversão Larval e de Crescimento Específico foram comprometidas quando utilizada açafrão no seu nível máximo ($P<0,0001$; $P = 0,0065$; $P<0,0001$; $P<0,0001$, respectivamente). Em níveis de inclusão de até 25% não houve diferença para as médias citadas.

Visualmente, notou-se que o aumento do nível de inclusão de açafrão, alterou a pigmentação das larvas (Figuras 24, 25, 26 e 27), reafirmando a capacidade de diversos compostos deste ingrediente serem depositado nos tecidos. O açafrão contém uma variedade de polifenóis de cor amarelo alaranjado e tem sido empregado na nutrição animal como pigmentante natural (KHAN *et al*, 2012). Dentre eles, destacam-se diferuloimetano, (77%), desmetoxicucumina (17%) e bisdemetozicurcumina (3%) que além de conferir pigmentação, têm atividades farmacológicas que incluem ação antioxidante, antifúngica, antitumoral, antiviral, cicatrizante e imunomoduladora (SUETH *et al.*, 2015). Ou seja, além de fonte protéica, a larva se torna um ingrediente rico em compostos bioativos.

Figura 24 - Características visuais das larvas T1



Fonte: autor

Figura 25 - Características visuais das larvas T2



Fonte: autor

Figura 26 - Características visuais das larvas T3



Fonte: autor

Figura 27 - Característica visuais das larvas T4



Fonte: autor

6 CONCLUSÃO

O açafrão da terra (*Curcuma longa*) pode ser usado na produção de substrato alimentar para melhorar a composição nutricional de larvas de *Hermetia illucens*, aumentando o nível protéico, mineral, Ca e P das larvas de MSN.

O uso de açafrão em até 25% da composição do substrato alimentar das larvas não compromete a Taxa de Redução de Resíduo, Taxa de Bioconversão Larval, Taxa de Sobrevivência e Taxa de Crescimento Específico de larvas de MSN.

Recomenda-se o uso de açafrão em até 25%.

7 REFERÊNCIAS

ADEGNIKA, F. *et al.*, , **Gestion durable des déchets et l'assainissement urbain**, **Ministère des affaires étrangères** (France) IMP graphic, Cosne-sur-Loire, p.191, 2004.

ALTMANN, B. *et al.* **Meat Quality Derived from High Inclusion of a Micro-Alga or Insect Meal as an Alternative Protein Source in Poultry Diets: A Pilot Study**. *Foods*, v. 7, n. 3, p. 34, 8 mar. 2018.

ANTUNES, B. A. P. **Avaliação da farinha de *Hermetia illucens* como substituto da farinha de peixe em dietas para corvina (*Argyrosomus regius*): Crescimento, digestibilidade, composição corporal e aceitação do produto final pelo consumidor**. 2019. Dissertação (Mestre em Ciências do Consumo e Nutrição) - Pós Graduação, [S. l.], 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS. **Relatório anual 2019**. São Paulo, 2019. Disponível em: <https://www.abia.org.br/vsn/temp/z202055RelatorioAnual2019.pdf>. Acesso em: 19, jun. 2022.

BOVERA, F. *et al.* **Yellow mealworm larvae (*Tenebrio molitor* , L.) as a possible alternative to soybean meal in broiler diets**. *British Poultry Science*, p. 1–7, 15 out. 2015.

BUSSLER, S. *et al.* **Recovery and techno-functionality of flours and proteins from two edible insect species: Meal worm (*Tenebrio molitor*) and black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae**. *Heliyon*, v. 2, n. 12, p. e00218, dez. 2016.

CARVALHO, J. P.. **Introdução à Entomologia Agrícola**. Fundação Calouste Gulbenkian. Lisboa, p361, 1986.

COSTA, D.V. **Insetos como alimento para a aquicultura: devaneio ou realidade?** Panorama da aquicultura. Rio de Janeiro. v. 29 n. 171, p 50-57, 2019.

DABBOU, S. *et al.* **Black soldier fly defatted meal as a dietary protein source for broiler chickens: Effects on growth performance, blood traits, gut morphology and histological features.** Journal of Animal Science and Biotechnology, v. 9, n. 1, p. 49, dez. 2018.

DICLARO, J. W.; KAUFMAN, P. E. **Black soldier fly *Hermetia illucens* linnaeus (insecta: Diptera: Stratiomyidae).** Entomology Embriology and Nematology Department, 461, 1-3, 2009.

DIENER, S. *et al.* **Black soldier fly larvae for organic waste treatment - prospects and constraints.** 2011.

DORTMANS. B.M.A., *et al.* **Black Soldier Fly Biowaste Processing - A Step-by-Step Guide, 2nd Edition** Eawag: Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology, Dübendorf, Switzerland. 2021.

DOSSEY, A. T.; MORALES-RAMOS, J. A.; ROJAS, M. G. (EDS.). **Insects as sustainable food ingredients: production, processing and food applications.** Amsterdam, Boston, Heidelberg, London, New York, Oxford, Paris, San Diego, San Francisco, Singapore, Sydney, Tokyo: Academic Press, 2016.

DURST, P. B.; FAO (EDS.). **Forest insects as food: humans bite back ; proceedings of a workshop on Asia-Pacific resources and their potential for development, 19-21 February 2008, Chiang Mai, Thailand.** Bangkok, Thailand: Food and Agriculture Organization of the United Nations, Regional Office for Asia and the Pacific, 2010.

EEVURI, T.; PUTTURU, R. **Use of certain herbal preparations in broiler feeds - A review.** Veterinary World, p. 172–179, 2013.

EL-HAKIM, A. S. A.; CHERIAN, G.; ALI, M. N. **Use of Organic Acid, Herbs and Their Combination to Improve the Utilization of Commercial Low Protein Broiler Diets**. *International Journal of Poultry Science*, v. 8, n. 1, p. 14–20, 15 dez. 2008.

EMBRAPA. **VISÃO 2030 O Futuro da Agricultura Brasileira**. Brasília, 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/visao-2030>. Acesso em: 21, jun. 2022.

EPAGRI. **Números da agropecuária catarinense - 2020**. Florianópolis, 23 out. 2020. Disponível em: <https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/DOC/article/view/1067>. Acesso em: 19 jun 2022.

FAO. **A Contribuição dos Insetos para a Segurança Alimentar, Subsistência e Meio Ambiente**. [S. l.: s. n.], 2015.

FILHO, N. P. T. **Devoradores de Lixo: Aspectos biológicos, produtivos e nutricionais da Mosca Soldado Negra *Hermetia illucens* (L., 1758) (Diptera; Stratiomyidae) em resíduos orgânicos em Manaus, AM**. Manaus: [s. n.], p.79. 2018.

GIANNETTO, A. *et al.* ***Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) larvae and prepupae: Biomass production, fatty acid profile and expression of key genes involved in lipid metabolism**. *Journal of Biotechnology*, v. 307, p. 44–54, jan. 2020.

GOBBI, P.; MARTÍNEZ-SÁNCHEZ, 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. 461–468, 11 jul. 2013.

GOUGBEDJI, A. *et al.* **Technical basis for the small-scale production of black soldier fly, *Hermetia illucens* (L. 1758), meal as fish feed in Benin**. *Journal of Agriculture and Food Research*, v. 4, p. 100153, jun. 2021.

GOWDA, N. K. S. *et al.* **Efficacy of Turmeric (*Curcuma longa*), Containing a Known Level of Curcumin, and a Hydrated Sodium Calcium Aluminosilicate to Ameliorate the Adverse Effects of Aflatoxin in Broiler Chicks**. *Poultry Science*, v. 87, n. 6, p. 1125–1130, jun. 2008.

GUPTA, S. C. *et al.* **Discovery of curcumin, a component of golden spice, and its miraculous biological activities: Multitargeting by curcumin.** *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology*, v. 39, n. 3, p. 283–299, mar. 2012.

HALE, O. M. **Dried *Hermetia illucens* larvae (Diptera: Stratiomyidae) as a feed additive for poultry.** *Journal of Georgia Entomological Society*. v. 8, p. 17-20, 1973.

HASAN, M. R.; NEW, M. B.; **FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (EDS.). On-farm feeding and feed management in aquaculture.** Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2013.

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

HUIS, A. VAN. **Edible insects: future prospects for food and feed security.** Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2013.

JURENKA, J.S. **Anti-inflammatory properties of curcumin, a major constituent of *Curcuma longa*: a review of preclinical and clinical research.** *Advances in pharmacological Science*, Hindawi, v.14, n.2, p.141 -53, 2009.

KHAN, R. U. *et al.* **The use of Turmeric (*Curcuma longa*) in poultry feed.** *World's Poultry Science Journal*, v. 68, n. 1, p. 97–103, 1 mar. 2012.

KIM, JONG-GIL *et al.* **Ecology of the Black Soldier Fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratmyidae) in Korea.** *Korean journal of applied entomology*, v. 47, n. 4, p. 337–343, 30 dez. 2008.

LOPES, I. G. *et al.* **Using *Hermetia illucens* larvae to process biowaste from aquaculture production.** *Journal of Cleaner Production*, v. 251, p. 119753, abr. 2020.

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

NAMAGIRILAKSHMI, S. *et al.* **Turmeric (*Curcuma longa*) as an alternative to in-feed antibiotic on the gut health of broiler chickens.** Tamilnadu J Vet Anim Sci, 6:148-150, 2010.

NASCIMENTO, G. A. J. *et al.* **Efeitos da substituição do milho pela raspa de mandioca na alimentação de frangos de corte, durante as fases de engorda e final.** Ciência e Agrotecnologia, v. 29, n. 1, p. 200–207, fev. 2005.

NASCIMENTO, G. A. J. *et al.* **Efeitos da substituição do milho pela raspa de mandioca na alimentação de frangos de corte, durante as fases de engorda e final.** Ciência e agrotecnologia. 2005.

NOGALES- M. S. *et al.* **Insect meals in fish nutrition.** Reviews in Aquaculture, v. 11, n. 4, p. 1080–1103, nov. 2019.

Oliveira, F. *et al.*, **Assessment of Diptera: Stratiomyidae, genus *Hermetia illucens* (L., 1758) using electron microscopy.** J. Entomology and Zoology Studies, 3, 147-152. 2015

PANG, W. *et al.* **Reducing greenhouse gas emissions and enhancing carbon and nitrogen conversion in food wastes by the black soldier fly.** Journal of Environmental Management, v. 260, p. 110066, abr. 2020.

PAOLETTI, M. G. (ED.). **Ecological implications of minilivestock: potential of insects, rodents, frogs, and snails.** Enfield, (NH): Science Publishers, 2005.

PEREDNIA, D. A. **A Comparison of the Greenhouse Gas Production of Black Soldier Fly Larvae versus Aerobic Microbial Decomposition of an Organic Feed Material.** 10 Res. Rev. J Ecol. Environ. Sci. | Volume 5 | Issue 3 | July - September, 2017 e-ISSN:2347-7830 p-ISSN:2347-7822 Research & Reviews: Journal of Ecology and Environmental Sciences, [s. l.], 17 ago. 2017.

PINHEIRO, S. S. **UTILIZAÇÃO DA FARINHA DE LARVAS DA MOSCA SOLDADO-NEGRA, *Hermetia illucens*, COMO FONTE PROTEICA DE RAÇÕES PARA JU-**

VENIS DO CAMARÃO, *Litopenaeus vannamei*. Monografia (Graduação) - Acadêmico, [S. l.], 2019

RAMOS-ELORDUY, J. *et al.* **Use of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) to Recycle Organic Wastes and as Feed for Broiler Chickens**. Journal of Economic Entomology, v. 95, n. 1, p. 214–220, 1 fev. 2002.

ROZKOSNY R. **Um estudo biossistemático do europeu *Stratiomyidae* (Diptera): Volume 2- Clitellariinae, Hermediinae, Pachygasterinae e bibliografia**. Springer Science & Business Media, 1983.

SANTOS, G.C. **Alternativas ao uso de promotores químicos de crescimento sobre o desempenho e características de carcaça de frangos de corte**. 2010. 67 p. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2010.

SAS Institute Inc. 2014. SAS® OnDemand for Academics: User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc.

SCHIAVONE, A. *et al.* **Nutritional value of a partially defatted and a highly defatted black soldier fly larvae (*Hermetia illucens* L.) meal for broiler chickens: apparent nutrient digestibility, apparent metabolizable energy and apparent ileal amino acid digestibility**. Journal of Animal Science and Biotechnology, v. 8, n. 1, p. 51, dez. 2017.

Scientific Opinion on Dietary Reference Values for protein. EFSA Journal, n.;10(2):2557, [s.d.]. 2012.

SETHI G.; *et al.* **The Multifaceted Role of Curcumin in Cancer Prevention and Treatment**. Molecules, Suíça, v.20, n. 2, p.2728-2729, 2015.

SHARMA, R. A.; GESCHER, A. J.; STEWARD, W. P. **Curcumin: The story so far**. European Journal of Cancer, v. 41, n. 13, p. 1955–1968, set. 2005.

SHEPPARD, D. *et al.*. **Métodos de criação para a Mosca Soldado Negro (Diptera: Stratiomyidae)**. J. Med. Entomol, [S. l.], p. 4-4, 1 jan. 2022.

SMET, J. *et al.*. **Microbial Community Dynamics during Rearing of Black Soldier Fly Larvae (*Hermetia illucens*) and Impact on Exploitation Potential**. Applied And Environmental Microbiology, [s.l.], v. 84, n. 9, p.1-17, 23 fev.. American Society for Microbiology, 2018.

SOUZA, P. R. **Produção e caracterização de bio adsorvente obtido da exúvia da larva de *Hermetia illucens* para aplicação na extração de corantes aniônico sem matrizes aquosas**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Santa Cruz. Programa de Pós-Graduação em Química, Ilhéus, 2016.

SUETH-SANTIAGO, V. *et al.* **Curcumina, o pó dourado do açafrão-da-terra: introspecções sobre química e atividades biológicas**. Química Nova, v.38, n.4, p.538-552, 2015.

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, 1 maio 2002.

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. 1 jan. 2012.

VILELLA, L. M. **Produção de insetos para uso na alimentação animal**. Porto Alegre: [s. n.]. p69. 2018.

VRIES, H.. **1 OBSERVATIONS ON BEHAVIOUR AND FEED INTAKE OF CHICKENS KEPT ON FREE RANGE IN MUY MUY, NICARAGUA**. the World Poultry Congress of Montreal, [S. l.]. 2000.

YARRU, L. P. *et al.* **Effects of turmeric (*Curcuma longa*) on the expression of hepatic genes associated with biotransformation, antioxidant, and immune**

systems in broiler chicks fed aflatoxin. Poultry Science, v. 88, n. 12, p. 2620–2627, dez. 2009.

ZURBRÜGG, C. *et al.* **From pilot to full scale operation of a waste-to-protein treatment facility.** Detritus, v. 1, n. 0, p. 18–22, 31 mar. 2018.