



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO - UEMA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS - CCA
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA – DZ

GISLAYNNE BARCELOS DO NASCIMENTO

**PERFIL NUTRICIONAL DE LARVAS DE TENEBRIO MOLITOR EM
DIFERENTES FASES DE DESENVOLVIMENTO:**
Potencial para a produção de alimentos alternativos

SÃO LUÍS-MA

2024

GISLAYNNE BARCELOS DO NASCIMENTO

**PERFIL NUTRICIONAL DE LARVAS DE TENEBRIO MOLITOR EM DIFERENTES
FASES DE DESENVOLVIMENTO:**

Potencial para a produção de alimentos alternativos

Trabalho de conclusão de curso apresentada
ao Curso de Zootecnia da Universidade
Estadual do Maranhão - UEMA como
exigências para a obtenção do título de
Bacharel em Zootecnia.

Orientadora: Dr^a. Elba Pereira Chaves

SÃO LUÍS-MA

2024

GISLAYNNE BARCELOS DO NASCIMENTO

**PERFIL NUTRICIONAL DE LARVAS DE TENEBRIO MOLITOR EM
DIFERENTES FASES DE DESENVOLVIMENTO:
Potencial para a produção de alimentos alternativos**

Trabalho de conclusão de curso apresentada ao Curso de Zootecnia da Universidade Estadual do Maranhão - UEMA como parte das exigências para a obtenção do grau de Bacharel em Zootecnia.

Aprovada em: 30 de Agosto de 2024.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **ELBA PEREIRA CHAVES**
Data: 20/09/2024 13:47:22-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^a. Dr^a. Elba Pereira Chaves

Orientadora - Universidade Estadual do Maranhão

1^o Examinador

Documento assinado digitalmente
 **MARIA INEZ FERNANDES CARNEIRO**
Data: 13/09/2024 15:06:37-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^a. Dr^a. Maria Inez Fernandes Carneiro

Universidade Estadual do Maranhão

2^o Examinador

Documento assinado digitalmente
 **JOSE RICARDO SOARES TELLES DE SOUZA**
Data: 20/09/2024 14:12:40-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. José Ricardo S. Telles de Souza

Universidade Estadual do Maranhão

3^o Examinador

Nascimento, Gislayne Barcelos do

Perfil nutricional de larvas de tenebrio molitor em diferentes fases de desenvolvimento: potencial para a produção de alimentos alternativos. /

Gislayne Barcelos do Nascimento. – São Luis, MA, 2024.

33 f.

TCC (Graduação em Zootecnia Bacharelado) - Universidade Estadual do Maranhão, 2024.

Orientador: Prof^ª. Dr^ª. Elba Pereira Chaves

1.Insetos. 2.Tenebrio molitor. 3.Alimentação alternativa. I.Titulo.

CDU: 639.3.043

Elaborado por Cássia Diniz - CRB 13/910

DEDICO

A Deus, por me sustentar e me dar forças até aqui!

A minha família em especial meu pais Roberta Barcelos e Franklim Barroso e minha irmã Giselle Barcelos por me motivarem e a todos amigos e professores que me apoiaram durante a graduação.

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer primeiramente a Deus por ser minha fortaleza e por sua infinita graça. Aos meus pais pela paciência e o apoio que sempre me deram, agradeço o esforço que fizeram para que eu tivesse as melhores condições ao passar por essa fase, e deram liberdade para fazer o que gostasse, me deram forças nos momentos difíceis e serviram de combustível para continuar em direção aos meus objetivos.

Agradeço a minha irmã por me dar apoio e me cobrir nas minhas obrigações em casa, saiba que reconheço seus esforços e sou grata, logo agradeço também ao meu cunhado pelo cuidado comigo e com minha irmã.

A minha grande amiga Danielle Rodrigues, agradeço por ter sido minha “M banda” a melhor companhia que Deus poderia ter colocado ao meu lado esses anos nos melhores e piores momentos me dando todo suporte e apoio eu não tenho palavras para descrever o quanto foi importante para mim seu apoio e paciência.

Aos meus colegas de curso a companhia de vocês fizeram dos meus dias na UEMA, dias melhores. Agradeço aos meus amigos Erika de Sousa, Erika Corrêa, João Victor e Dudma, pelos anos de amizade, simplesmente as melhores companhias, obrigada por serem minhas alegrias no caos da graduação. Ao meu amigo, Luís Raifere, do laboratório de Pós-colheita (LAPOC), pela amizade e suporte que contribuiu com minha vida na pesquisa.

E também aos colegas do GINTEGRA que orientaram e motivaram a seguir a vida na pesquisa.

A professora Elba Chaves que não só me deu todo apoio como orientadora, mas também foi amiga e conselheira, me mostrou que o processo não seria fácil, mas valeria meus esforços, agradeço a imensa paciência e compreensão.

A professora Valéria Apolinário que me deu grandes oportunidades e fez eu me apaixonar pela forragicultura e pesquisa, mostrou que com determinação e trabalho duro se chega muito longe.

A professora Inez Carneiro agradeço por estar sempre de braços abertos quando precisei, obrigada por me ouvir e encaminhar.

Ao professor Calixto agradeço por ser a pessoa que coloca meu pé no chão e me traz clareza nos meus surtos e por toda orientação nos meus planos para o futuro.

Ao professor Danilo Bezerra pelo carinho por acolher e me motivar a correr atrás do que eu quero mostrando que minhas inseguranças são comuns e que existe o lado real da vida profissional.

Ao professor Ricardo Telles por se dispor a me ajudar no processo de construção desse trabalho e sua paciência em me orientar durante meu estágio.

Ao Armando Pacheco pelo fornecimento dos insetos para realização desse trabalho na Biofábrica São Luís e Matheus Magalhães meu veterano pela ajuda com as amostras e o processo de construção desse trabalho.

E a todos os outros professores que viram um potencial em mim que algumas vezes eu mesmo não conseguia ver.

Muito obrigada!

"Porque o Senhor dá a sabedoria; da sua boca procedem o conhecimento e a inteligência."

Provérbios 2:6

RESUMO

Os custos de produção das principais culturas animais tem sua maior fatia na nutrição. Sendo que uma boa alimentação é parte vital na criação para que os animais tenham os níveis ideais de nutrientes e possam desempenhar ao máximo sua produtividade e consequentemente trazer lucros. Considerando que o aumento do preço das fontes de proteína animal, o uso de insetos na alimentação e uma alternativa versátil, não compete com os recursos alimentares de uso da terra e maximiza os benefícios na gestão de resíduos. O *Tenebrio molitor* é um coleóptero, e suas larvas se constituem a mais prática e econômica opção de alimentação para animais insetívoros e monogástricos. Sendo assim este estudo, foi realizado na Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), com objetivo de avaliar a composição bromatológica da farinha de *Tenebrio molitor*, derivada da larva de *T. molitor* com 2 e 3 meses de idade, como alternativa alimentar sustentável e nutritiva para monogástricos. Para isso foram avaliadas as composições bromatológica (MS, MM, PB, EE, FDN, FDA E LIG) da farinha. Através da comparação das médias foi possível observar que a MS da farinha variou pouco entre os grupos etários, com médias de 96,98% para larvas de 2 meses e 95,17% para as de 3 meses. O teor de proteína bruta (PB) foi significativamente mais baixo nas larvas de 3 meses (8,10%) comparado às de 2 meses (29,00%). Em contrapartida, o teor de lipídios, medido pelo extrato etéreo (EE), aumentou de 44,03% para 57,50% com a idade das larvas. As análises de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) revelaram um aumento substancial nas fibras estruturais nas larvas de 3 meses, com médias de 28,78% para FDN e 8,04% para FDA, em comparação com as larvas de 2 meses. O teor de lignina (LIG) também aumentou de 0,02% para 1,24% com a idade. Estes resultados destacam a variação na composição nutricional das larvas com a idade e sugerem que a qualidade proteica e o aumento das fibras estruturais devem ser considerados na formulação de dietas para monogástricos.

Palavras-chave: insetos, *Tenebrio molitor*, alimentação alternativa.

ABSTRACT

The production costs of major livestock industries are heavily influenced by nutrition. Proper feeding is crucial for ensuring that animals receive optimal nutrient levels, maximizing productivity and, consequently, profitability. Given the rising costs of animal protein sources, the use of insects in feed presents a versatile alternative that does not compete with land-based food resources and enhances waste management benefits. *Tenebrio molitor*, a beetle, provides a practical and economical feeding option for insectivorous and monogastric animals. This study, conducted at the State University of Maranhão (UEMA), aimed to assess the bromatological composition of *Tenebrio molitor* flour derived from larvae aged 2 and 3 months as a sustainable and nutritious feed alternative for monogastrics. The bromatological compositions (DM, MM, CP, EE, NDF, ADF, and LIG) of the flour were evaluated. Comparisons of the means revealed that the DM content of the flour varied little between age groups, with averages of 96.98% for 2-month-old larvae and 95.17% for 3-month-old larvae. The crude protein (CP) content was significantly lower in 3-month-old larvae (8.10%) compared to 2-month-old larvae (29.00%). Conversely, the lipid content, measured by ether extract (EE), increased from 44.03% to 57.50% with larval age. Neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF) analyses showed a substantial increase in structural fibers in 3-month-old larvae, with averages of 28.78% for NDF and 8.04% for ADF, compared to 2-month-old larvae. The lignin (LIG) content also increased from 0.02% to 1.24% with age. These results highlight the variation in nutritional composition of the larvae with age and suggest that protein quality and increasing structural fibers should be considered in diet formulation for monogastrics.

Keywords: insects, *Tenebrio molitor*, alternative feed.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1 Uso de insetos na alimentação animal	14
2.2 <i>Tenébrio molitor</i>.....	15
3. OBJETIVOS.....	17
3.1 Geral.....	17
3.2 Específicos.....	18
1. INTRODUÇÃO	20
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	22
3. RESULTADOS	23
4. DISCUSSÃO	25
REFERÊNCIAS:.....	28

Capítulo I

1. INTRODUÇÃO

A produção animal busca constantemente por ingredientes alternativos para reduzir a dependência de recursos utilizados na alimentação humana, afim de minimizar os custos de produção e a competição por alimentos. Segundo a EMBRAPA (2015), a nutrição é o principal componente do custo de produção das principais culturas animais. Os ingredientes como farelo de soja e trigo, além de serem utilizados na alimentação humana, possuem preços voláteis no mercado, impactando diretamente os custos da produção de rações.

A busca por novas fontes de proteína para atender à crescente demanda global tem impulsionado a pesquisa e o desenvolvimento de tecnologias para a produção de alimentos alternativos. A criação de insetos, além de oferecer uma fonte de proteína de alta qualidade, representa uma oportunidade para a geração de novos negócios e o desenvolvimento de cadeias produtivas inovadoras.

Considerando que uma alimentação adequada que atenda as exigências é um componente essencial da criação para garantir que os animais recebam os níveis ideais de nutrientes e que possam ser animais produtivos que proporcionam lucro ao produtor.

A Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO, 2015) propõe a utilização de insetos como fonte alternativa de proteína que se destaca como uma opção promissora, oferecendo menor impacto ambiental.

Nesse contexto, a entomofagia animal, ou seja, a utilização de insetos na alimentação de animais, emerge como uma prática promissora, com o potencial de revolucionar a indústria agroalimentar. A produção de insetos apresenta um impacto ecológico significativamente menor em comparação com a produção tradicional de proteína animal, já que requer menos terra, água alimento e emite menos gases de efeito estufa, contribuindo para a mitigação das mudanças climáticas (Estevam, C.G, *et. al.*, 2022).

A farinha de *Tenebrio molitor*, derivada da larva do besouro, desponta como uma fonte alimentar promissora na dieta de animais. O *Tenebrio molitor* tem suas larvas ricas em nutrientes estes são essenciais para o crescimento e desenvolvimento dos animais, com composição nutricional das larvas de *Tenebrio molitor*, rica em proteínas de alta qualidade,

aminoácidos essenciais, lipídios e minerais, as torna uma excelente fonte de nutrientes para a alimentação animal.

Sua criação, caracterizada por uma alta taxa de reprodução e baixo impacto ambiental, representa uma alternativa sustentável às fontes tradicionais de proteína animal. Segundo Oliveira *et al.* (2020), uma fêmea de *Tenebrio molitor* pode depositar entre 200 a 400 ovos, evidenciando o potencial de produção em larga escala.

Estes insetos podem ser usados como uma alternativa à farinha integral de peixe e farelo de soja em misturas alimentares tanto para animais de produção quanto para animais de estimação devido ao seu alto teor de gordura (30-40 %) e proteína (40-60 %), comparável ao farinha integral de peixe e farelo de soja (MAKKAR *et al.*, 2014). Os teores de proteína bruta presentes em diferentes farinhas de insetos indicam uma variação entre 42,10% e 75,60%, mostrando uma composição rica em proteínas de alto valor biológico (Babilon *et. al.*, 2022).

Desta forma esse trabalho tem como objetivo avaliar a composição bromatológica de larvas de *Tenebrio molitor* em diferentes fases de desenvolvimento (2 e 3 meses), e avaliar seu potencial e possibilidade de substituição a outras fontes alimentares convencionais utilizadas.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Uso de insetos na alimentação animal

A forma de inclusão dos insetos na dieta animal é bastante flexível, podendo variar desde a oferta de insetos vivos até a inclusão de seus subprodutos em rações industrializadas. Como aponta Lucas (2021), podemos oferecê-los vivos, desidratados, na forma de farinhas, inteiros, como ingredientes de mixes de sementes e rações (extrusadas ou peletizadas) ou, ainda, como ingredientes para misturas na fabricação de rações, também peletizadas ou extrusadas. Tudo vai depender do propósito comercial e do comportamento alimentar de cada espécie.

A intensificação da produção de insetos pode contribuir significativamente para a segurança alimentar global e para a mitigação dos impactos ambientais da produção convencional de alimentos. A adoção de práticas de criação de insetos em larga escala pode contribuir para a diversificação da produção animal e para a construção de sistemas agroalimentares mais resilientes e sustentáveis.

Espécies destinadas à produção em massa, segundo Vilela (2018), devem possuir certas características, incluindo uma elevada taxa intrínseca de aumento; um curto ciclo de desenvolvimento; alta sobrevivência de imaturos e alta taxa de oviposição; um elevado potencial de aumento de massa (ganho de peso por dia); uma alta taxa de conversão (kg de biomassa ganho por kg de matéria-prima); a capacidade de viver em altas densidades (kg de biomassa por m²) e baixa vulnerabilidade a doenças (alta resistência). Sendo a larva da farinha (*Tenebrio Molitor*) considerada boa candidata, pois atende os critérios citados acima.

A farinha de *Tenebrio molitor* tem se mostrado um alternativa promissora para alimentação animal, já que Vasconcelos (2021) demonstra que a farinha de *Tenebrio* é uma substituta promissora para a farinha de peixe em rações para peixes, e não compromete o desempenho e a saúde dos animais e Rezende *et al.* (2020) dizem que a farinha de tenébrios, possui cerca de 58% de proteína, além de alanina, vitaminas, minerais e ácido linoleico. Esse perfil nutricional supera o do farelo de soja, principal concentrado proteico utilizado na alimentação animal, que apresenta apenas 45% de proteína bruta.

2.2 *Tenébrio molitor*

O *Tenébrio molitor*, pertence à ordem dos coleópteros, tem suas larvas como a mais prática e econômica opção de alimentação para animais insetívoros e monogástricos, sendo rico em proteína, minerais, cálcio, fósforo e fibras. Oliveira *et al.* (2020) destacam que o *T. molitor* caracteriza-se pela boa taxa de reprodução em sua fase adulta (besouros).

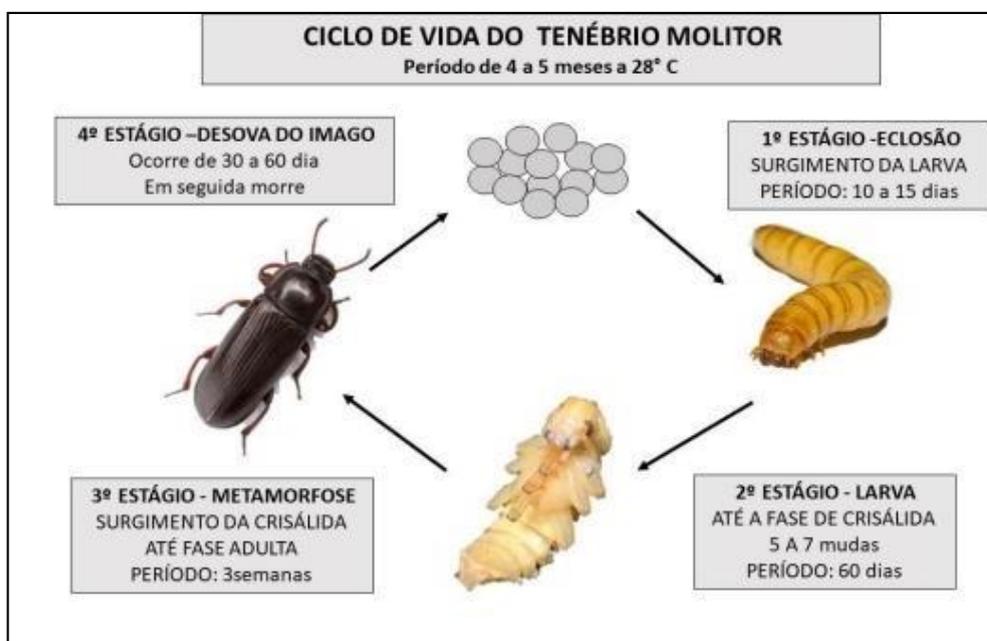
O ciclo de vida completo do *Tenebrio molitor* compreende quatro fases distintas que são: ovo – larva – pupa – imago (Besouro), completando todo o ciclo em aproximadamente quatro a cinco meses de duração, sendo sensíveis às condições climáticas, principalmente a temperatura.

A fêmea do besouro deposita os ovos no ambiente onde eles infestam denominado de terrário, eclodem entre 10 a 15 dias, os ovos confundem-se com o pó e as partículas alimentares. As larvas jovens também são difíceis de detectar, diferente de quando atingem um maior tamanho. À medida que crescem efetuarão de 5 a 7 mudas de pele, por ser esta quitinosa e não acompanhar o crescimento larval. É comum observarmos a presença das peles sobre o local da desova, pois nesta fase as larvas mantêm-se agrupadas, separando-se mais tarde com o

crescimento que durará aproximadamente 60 dias, quando atingirão o seu tamanho máximo cerca de 18 a 24mm para em seguida puparem (OLIVEIRA *et al.*, 2021).

As larvas eclodem após 10 a 12 dias, numa temperatura de 18 – 20°C, atingem a fase adulta após um número variável de estágios, tipicamente após 3 a 4 meses, mas a fase de larva pode durar 16 até 18 meses. A larva madura é de cor amarelo castanho claro, tem de 20 a 32 mm de comprimento e pesa 130-160mg (Villela, 2018).

Figura 1. Ciclo biológico do *Tenebrio molitor*.



Fonte: FERREIRA, M.M; (2023).

Os tenébrios podem ser cultivados em diversos substratos, incluindo resíduos agrícolas e industriais, contribuindo para a economia circular e a redução do desperdício de alimentos, a pesquisa de Rumbos *et al.* (2020) aponta para o potencial de otimização da dieta de tenébrios, utilizando o farelo de trigo como base, mas explorando outros ingredientes que possam melhorar a composição nutricional dos insetos e reduzir os custos de produção.

Os tenébrios apresentam uma taxa de conversão alimentar consideravelmente mais alta do que outros animais, ou seja, convertem uma quantidade menor de alimento em uma maior quantidade de biomassa (do Nascimento, A. F. *et al.* 2020)

Além de seu uso como incremento proteico o *T. molitor* gera subprodutos (excremento) é composto de matéria orgânica e equilíbrio de nutrientes para ser utilizado como fertilizante para agricultura. Além disso, as fezes apresentam quitina, um composto químico com qualidades bioestimulantes para o crescimento vegetal, fitofortificantes e biopesticidas de organismos fitopatogênicos. Por outro lado, a microbiota associada a esses excrementos pode apresentar microrganismos muito valiosos para uso na agricultura (Arias, 2018). E sua exúvia já demonstrou ser efetiva positivamente na taxa de sobrevivência de alevinos de tilápia vermelha (da Silva, 2019), mostrando a versatilidade de uso do inseto e de seu subprodutos. São muito utilizados como iscas de peixe e como incremento proteico na aquicultura, alimentação de animais de zoológico como aves, anfíbios, peixes, répteis e pequenos mamíferos, além de serem alternativas de alimentação no mercado pet.

É interessante destacar ainda que as larvas possuem ainda a habilidade de reciclar resíduos de baixa qualidade em alimento de alta qualidade rico em energia, proteína e gordura, em um tempo relativamente curto. Também demonstram a capacidade de metabolizar zearalenona, em alfa zearalenol, sem acumular em seu organismo de modo que não afetam animais que venham comer produtos a partir das larvas. Esta micotoxina tem efeitos estrogênicos e é produzida por *Fusarium graminearum* ou outras espécies de *Fusarium spp.* (VILELLA, 2018).

Desta forma, a inserção deste inseto como ingrediente na alimentação animal é algo inovador um meio sustentável para aquisição de ingrediente rico em proteína, tecnicamente viável e que abre novas perspectivas na nutrição animal, no entanto ainda necessita de mais pesquisas sobre seu potencial alimentar (SÁNCHEZ-MUROS; BARROSO; AGUGLIARO, 2014).

3. OBJETIVOS

3.1 Geral:

Avaliar a composição bromatológica das larvas de *Tenebrio molitor* em diferentes fases de desenvolvimento visando conhecer seu potencial para alimentação animal.

3.2 Específicos:

- ✓ Coletar os insetos de 2 e 3 meses na Biofábrica em São Luís;
- ✓ Fazer a desidratação dos insetos;
- ✓ Avaliar a bromatologia das larvas do inseto,
- ✓ Comparar as médias da composição bromatológica obtida, da farinhas das larvas de 2 e 3 meses.

4. ESTRUTURA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO (TCC):

Este TCC encontra-se estruturado em dois (02) capítulos:

- **Capítulo I:** Refere-se à Introdução Geral do trabalho, em que está incluída a Importância e Justificativa do Estudo além dos Objetivos Geral e Específicos.

- **Capítulo II:** É apresentado um artigo, resultado deste trabalho, intitulado “PERFIL NUTRICIONAL DE LARVAS DE TENEBRIO MOLITOR EM DIFERENTES FASES DE DESENVOLVIMENTO: Potencial para a produção de alimentos alternativos” adequado às normas da Revista Brasileira de Zootecnia, (normas da revista em Anexo 1). Essa revista está classificada no Qualis CAPES (2017-2020) em Zootecnia e Recursos Pesqueiros: A2.

Capítulo II

PERFIL NUTRICIONAL DE LARVAS DE TENEBRIO MOLITOR EM DIFERENTES FASES DE DESENVOLVIMENTO:

Potencial para a produção de alimentos alternativos

Gislaynne Barcelos do Nascimento¹, Elba Pereira Chaves², Jose Ricardo S. Telles de Souza³, Maria Inez Fernandes Carneiro⁴

¹ Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, MA, Brasil. ² Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, MA, Brasil, ³ Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, MA, Brasil. ⁴ Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, MA, Brasil.

RESUMO -Este estudo foi realizado na Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), com objetivo de avaliar a viabilidade da farinha de *Tenebrio molitor*, derivada da larva de *T. molitor* com 2 e 3 meses de idade, como alternativa alimentar sustentável e nutritiva para monogástricos. Para isso foram avaliadas as composições bromatológica (MS, MM, PB, EE, FDN, FDA E LIG) da farinha. Através da comparação das médias foi possível observar que a MS da farinha variou pouco entre os grupos etários, com médias de 96,98% para larvas de 2 meses e 95,17% para as de 3 meses. O teor de proteína bruta (PB) foi significativamente mais baixo nas larvas de 3 meses (8,10%) comparado às de 2 meses (29,00%). Em contrapartida, o teor de lipídios, medido pelo extrato etéreo (EE), aumentou de 44,03% para 57,50% com a idade das larvas. As análises de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) revelaram um aumento substancial nas fibras estruturais nas larvas de 3 meses, com médias de 28,78% para FDN e 8,04% para FDA, em comparação com as larvas de 2 meses. O teor de lignina (LIG) também aumentou de 0,02% para 1,24% com a idade. Estes resultados destacam a variação na composição nutricional das larvas com a idade e sugerem que a qualidade proteica e o aumento das fibras estruturais devem ser considerados na formulação de dietas para monogástricos.

PALAVRAS CHAVE: Insetos, farinha de inseto, nutrição animal.

1. INTRODUÇÃO

A crescente demanda global por alimentos, aliada à necessidade de práticas mais sustentáveis na produção animal, impulsiona a busca por fonte de alimentos alternativos. A criação de insetos, como o *Tenebrio molitor*, surge como uma alternativa

promissora, com o potencial de revolucionar a indústria agroalimentar. A composição nutricional das larvas de *Tenebrio molitor*, rica em proteínas de alta qualidade, aminoácidos essenciais, lipídios e minerais (Makkar *et al.*, 2014; Babilon *et al.*, 2022), as torna uma excelente opção para substituir fontes convencionais de proteína em rações animais.

A indústria da produção animal busca constantemente por ingredientes alternativos para reduzir a dependência de recursos utilizados na alimentação humana e minimizar custos. A nutrição, segundo a EMBRAPA (2015), representa um custo significativo na produção animal, e a volatilidade dos preços de ingredientes como o farelo de soja impacta diretamente os custos de produção. A criação de insetos, por sua vez, oferece uma fonte de proteína com custos de produção mais estáveis e menor impacto ambiental.

A FAO (2015) destaca o potencial dos insetos como uma alternativa sustentável, com menor consumo de água e terra, além de menores emissões de gases do efeito estufa em comparação com a produção tradicional de proteína animal. A criação de insetos também pode contribuir para a valorização de subprodutos da agroindústria, como resíduos de alimentos, reduzindo o desperdício e promovendo a circularidade da economia.

O *Tenebrio molitor*, em particular, apresenta características que o tornam um excelente candidato para a produção em larga escala. Sua alta taxa de reprodução, ciclo de vida curto e capacidade de se adaptar a diferentes dietas facilitam sua criação em ambientes controlados. Além disso, a farinha de *Tenebrio molitor* pode ser incorporada a diversas formulações de rações, tanto para animais de produção quanto para animais de estimação, substituindo parcialmente ou totalmente ingredientes convencionais como a farinha de peixe e o farelo de soja.

Este estudo tem como objetivo avaliar a composição bromatológica de larvas de *Tenebrio molitor* em diferentes fases de desenvolvimento, visando determinar seu potencial como ingrediente em rações animais. A caracterização nutricional detalhada das larvas permitirá identificar as melhores condições de criação para conhecer o valor nutricional do produto final e avaliar a viabilidade de incluí-lo na formulações de rações.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Nutrição Animal e Bromatologia da Universidade Estadual do Maranhão - LANAB/UEMA, localizado no Município de São Luís-MA, vinculado ao curso de Zootecnia, na unidade do Campus Paulo IV.

Foram avaliadas larvas de Tenébrio de 2 e 3 meses de idade, 100g de amostra foram doadas pela Biofábrica, São Luís – MA Brasil, a empresa é especializada em criação de insetos para alimentação animal das espécies *T.molitor* e *Zophobas morio* em ambiente climatizado ($28,0\pm 3,0^{\circ}\text{C}$ e $70\pm 10\%$ de umidade relativa do ar).

Os insetos são manejados na Biofábrica da seguinte forma: alocados em bandejas plásticas sem tampa de diferentes dimensões: bandeja de baixa(60x40x7cm), bandeja de fundo telado (56x37x7,5cm) e Bandeja alta(60x40x9cm). As bandejas altas usadas para as larvas em crescimento e pupas, bandeja baixa e a de fundo telado são usadas em conjunto somente no momento em que os besouros estão reproduzindo e fazendo postura. As bandejas são alocadas em estantes de alumínio em ambiente climatizado feitas sob medida para melhor aproveitamento de espaço com capacidade de 52 bandejas, e são divididas por fase de criação e idade. Além das bandejas são utilizadas peneiras de diferentes tamanhos, e sacos para armazenar frass e exúvia, aspirador de pó, fatiadora, pincel, luvas, EPI (óculos e máscara), e material de escritório (caneta, fita, tesoura e etiquetas de papel para identificação).

A bandeja com os ovos que foram retirados da postura e foram colocados em outra estante até terminar a eclosão das larvas passam por observações periódicas para verificar a presença de fungos e ácaros. As larvas que eclodiram receberam o primeiro manejo, e a cada 7 dias (ou até o quantidade de substrato for inferior a 30% do material seco da bandeja) realizou-se a retirada de “frass” (fezes dos insetos composto de alimento não digerido e excreta metabólica coberto por uma camada de quitina) com auxílio de uma peneira com vazamento específico para tal e EPI (máscara e óculos). A cada 2 dias foi fornecido alimentação úmida com legumes ou tubérculos, quantidade da alimentação leva em consideração que todas as larvas devem ter acesso sem haver sobras. Junto a alimentação é realizado a coleta do exoesqueleto fruto ecdise das larvas com auxílio do aspirador de pó ou um pincel. Foi realizado o controle de densidade,

garantindo o desenvolvimento das larvas (separação em bandejas). Foram coletadas as larvas de 2 meses de idade, e um mês depois, as de 3 meses, que é a fase mais comum de coleta dos insetos para desidratação e comercialização da empresa.

Após a desidratação das larvas em estufa especializada onde ficam por aproximadamente 20 minutos até atingir a temperatura de 120°C que é quando atinge peso constante, em seguida as larvas desidratadas foram encaminhadas ao Laboratório de Nutrição Animal e Bromatologia - LANAB da UEMA, onde foram moídas e em seguida avaliadas para determinação dos teores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO) cinzas de acordo com metodologia descrita por Silva e Queiroz (2009), Nitrogenio total pelo método de Kjeldahl (1883), Extrato etéreo pelo método de Goldfish, e lignina e fibras pelo método de Van Soest *et al.* (1991), em autoclave. As análises foram feitas conforme as Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008) sendo sempre realizadas em triplicata.

Os dados obtidos nas análises foram tabulados e submetidos aos devidos cálculos para estimar as proporções bromatológicas presentes nas farinhas, foi utilizado o excel para calcular as médias, desvio padrão máximo e mínimo e suas comparações.

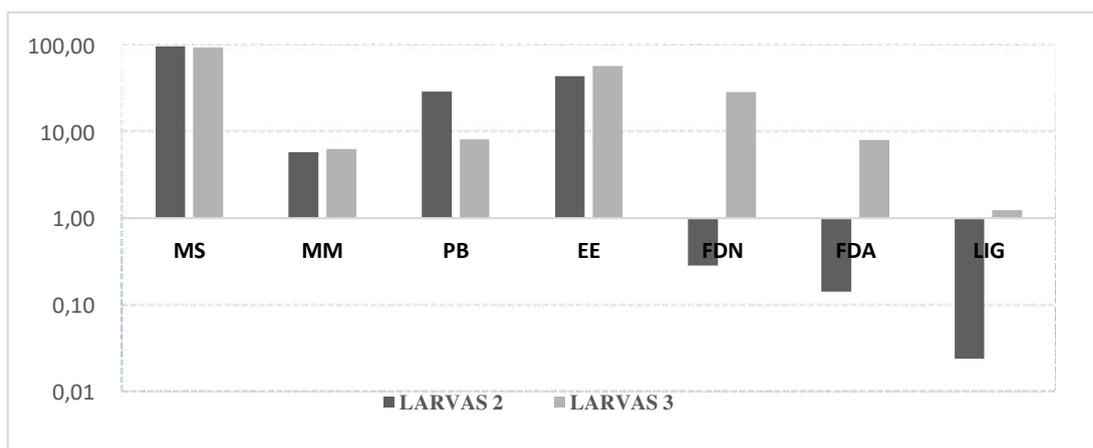
3. RESULTADOS

Na figura 2 apresentam-se os resultados obtidos na avaliação bromatológica das larvas de *Tenebrio molitor* com 2 e 3 meses. Onde a quantidade de Matéria Seca (MS) as larvas de ambas as idades apresentam uma alta proporção de matéria seca, indicando que a maior parte da massa das larvas é constituída por componentes sólidos.

Não houve diferença significativa entre as duas idades, na Matéria Mineral (MM) a proporção de matéria mineral é relativamente baixa em ambas as idades, com uma ligeira tendência de aumento nas larvas de 3 meses, Proteína Bruta (PB) o teor de proteína bruta é elevado em ambas as idades, com uma leve tendência de aumento nas larvas de 2 meses, Extrato Etéreo (EE) as larvas com 3 meses apresentam uma ligeira vantagem em termos de gordura, indicando que podem ter um pouco mais de reservas energéticas, Fibras (FDN, FDA, LIG) a proporção de fibras é baixa em ambas as idades, com uma tendência de aumento nas larvas de 3 meses e Lignina (LIG) a lignina é um

tipo de fibra, apresenta uma redução significativa nas larvas de 3 meses em comparação com as larvas de 2 meses.

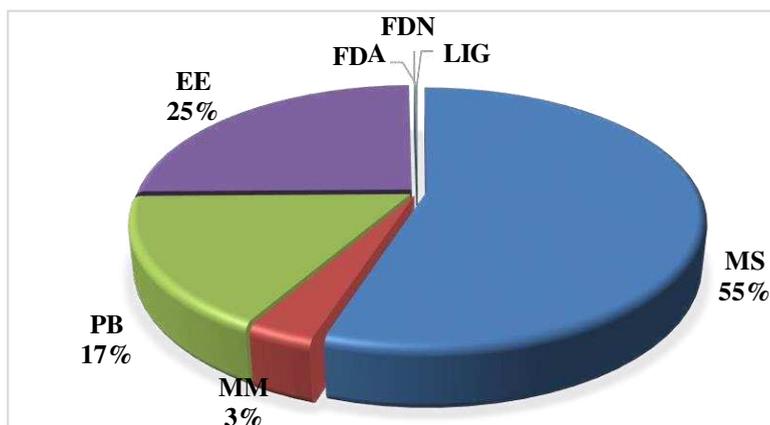
Figura 2. Médias percentuais dos componentes nutricionais presentes nas larvas larvais de 2 e 3 meses.



MS= Matéria seca; MM=Matéria mineral; PB= Proteína bruta; EE= Extrato etéreo; FDN=Fibra em detergente neutro; FDA= Fibra em detergente ácido, LIG= Lignina.

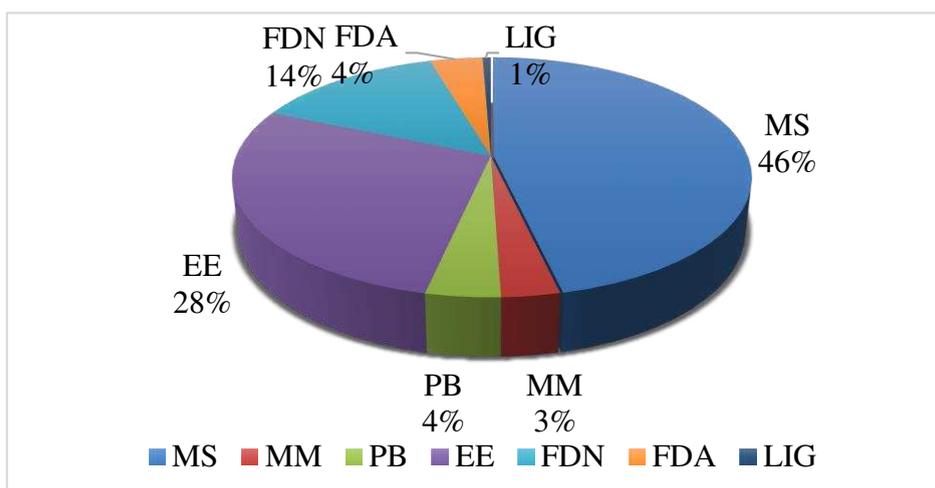
Na figura 3 pode-se observar as médias em suas proporções nas larvas de 2 meses, pode-se observar que MS (49%) é o componente mais abundante, representando quase metade do total, EE (33%) o segundo componente mais significativo, correspondendo a um terço do total, PB (15%) o terceiro maior componente, representando uma proporção considerável, MM (3%) um componente minoritário, com a menor proporção dentre os apresentados e FDN, FDA e LIG, esses componentes juntos somam uma proporção relativamente pequena.

Figura 3. Médias em proporções dos nutrientes das larvas de 2 meses



Na figura 4 as médias de Matéria Seca (MS) com 46% do total, a matéria seca é o componente mais abundante nas larvas, Extrato Etéreo (EE) com 28%, o extrato etéreo, que representa principalmente as gorduras, é o segundo componente mais significativo. Isso sugere que as larvas são uma fonte razoável de lipídios, Fibra em Detergente Neutro (FDN), a FDN representa 14% da composição a Proteína Bruta (PB) com 4%, a proteína bruta é um componente importante, embora não seja o mais abundante, Matéria Mineral (MM) a matéria mineral, com 3%, representa os minerais presentes nas larvas, Fibra em Detergente Ácido (FDA) e Lignina (LIG): Esses componentes, juntos, representam apenas 5% da composição.

Figura 4. Médias em proporções dos nutrientes das larvas de 3 meses



4. DISCUSSÃO

A análise dos resultados revelou variações significativas na composição nutricional das larvas, que refletem a complexidade e a importância de considerar tanto a idade quanto a dieta das larvas na formulação de dietas para animais.

Os resultados mostram que a matéria seca da farinha das larvas variou pouco entre os grupos etários, com médias de 96,98% para as larvas de 2 meses e 95,17% para as de 3 meses. Essa pequena variação sugere uma consistência na retenção de água das larvas durante o crescimento, o que pode influenciar a estabilidade e a conservação da farinha, mas não altera drasticamente suas propriedades nutricionais.

No entanto, o teor de proteína bruta (PB) apresentou uma discrepância marcante, com médias de 29,00% para as larvas de 2 meses e 8,10% para as de 3 meses. Essa redução substancial no conteúdo proteico com a idade é notável e sugere uma mudança significativa na composição das larvas conforme amadurecem. Estudos anteriores indicam que as larvas de *T. molitor* podem ter altos níveis de proteína, variando de 46,44% a 74,1% do peso seco, dependendo da dieta (Kröncke & Benning, 2023; Ravzanaadii *et al.*, 2012). A redução observada neste estudo pode estar relacionada com a metodologia de desidratação utilizada pela empresa, que consiste em colocar as larvas a uma temperatura muito elevada, o que segundo Costa, S.M. (2017) pode levar a desnaturação das proteínas presentes nas larvas impactando o valor nutricional da farinha como fonte de proteína para monogástricos. O que sugere que deve-se adotar outro método de desidratação e dar continuidade aos estudos possibilitando otimizar o processo de produção das larvas para comercialização.

O teor de lipídios, medido pelo extrato etéreo (EE), aumentou significativamente com a idade, apresentando médias de 44,03% para as larvas de 2 meses e 57,50% para as de 3 meses. Esses resultados estão alinhados com a literatura, que reporta níveis elevados de gordura nas larvas, geralmente superiores a 34% (Dreassi *et al.*, 2017). A elevação no conteúdo de lipídios nas larvas mais velhas pode ser vantajosa, fornecendo uma fonte densa de energia e ácidos graxos essenciais, com predominância de ácidos palmítico, oleico e linoleico (Kröncke *et al.*, 2023). Além disso, a possibilidade de ajustar o perfil de ácidos graxos das larvas por meio da manipulação da dieta (Lawal *et al.*, 2021) poderia permitir a produção de farinha com melhores proporções de ômega-3 e ômega-6, o que é relevante para a nutrição de monogástricos.

Em contraste, os teores de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) apresentaram variações drásticas, com médias de 0,28% e 28,78% para FDN, e 0,14% e 8,04% para FDA nas larvas de 2 e 3 meses,

respectivamente. Esses resultados indicam um aumento substancial na quantidade de fibras estruturais com a idade, o que pode afetar negativamente a digestibilidade e o valor nutricional da farinha. A maior concentração de lignina (LIG), que aumentou de 0,02% para 1,24%, também contribui para a menor digestibilidade da farinha, limitando seu valor como fonte nutritiva para monogástricos.

A literatura suporta a ideia de que a composição nutricional das larvas pode ser altamente influenciada pela dieta e pelo estágio de desenvolvimento (Kröncke *et al.*, 2023; Kröncke & Benning, 2023). Alguns estudos destacam uma forte correlação entre a dieta e o perfil de ácidos graxos das larvas, enquanto outros sugerem uma relação mais fraca entre o conteúdo proteico da dieta e o das larvas. A variabilidade observada nos nossos resultados pode, portanto, refletir essas complexidades e destaca a necessidade de uma formulação dietética cuidadosa para otimizar a qualidade nutricional das larvas de *T. molitor*.

Sendo assim, as larvas de *T. molitor* apresentam um potencial significativo como fonte alternativa de proteína e energia na nutrição animal. No entanto, as variações na composição nutricional com a idade e a dieta devem ser consideradas para maximizar o valor nutritivo da farinha. A capacidade de ajustar a composição das larvas através da dieta e o uso de matérias-primas de baixo custo para sua produção (Stull *et al.*, 2019) sublinham o potencial destas larvas para uma produção sustentável e econômica em contextos com recursos limitados. A formulação de dietas deve, portanto, equilibrar cuidadosamente a proteína, a gordura e as fibras para atender às necessidades específicas dos monogástricos e garantir a eficiência alimentar.

5. CONCLUSÃO

A farinha de larvas de *Tenebrio molitor* representa uma alternativa alimentar promissora e sustentável para monogástricos, especialmente por fornecer boas fontes de energia e lipídios nas larvas mais velhas. Entretanto, a significativa redução no teor de proteína e o aumento das fibras estruturais com a idade evidenciam a necessidade de avaliar a qualidade nutricional das larvas e ajustar a formulação das dietas com base no estágio de desenvolvimento das larvas.

REFERÊNCIAS:

AL.Instituto Adolfo Lutz. **Normas Analíticas: métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 2ª ed. São Paulo: IAL, 1997. 371p.BABILON, Julio Cesar Surlo.

Potencialidade do uso de insetos para alimentação na aquicultura. 2022.

ARIAS, Jorge Poveda. Nuevos abonos a partir de excrementos de insecto: el caso del gusano de la harina (Tenebrio molitor) New fertilizers from insect's excreta: the mealworm (Tenebrio molitor) case. Rev. Ingeniería y Región, Vol. 19, 2018. Disponível em:<<https://journalusco.edu.co/index.php/iregion/article/download/1840/3127?inline=1>>. Acesso em: 12 aug. 2024.

BABILON, Julio Cesar Surlo. Potencialidade do uso de insetos para alimentação na aquicultura. 2022.

DA SILVA, DANIELA MARQUES. EXUVIA DE Tenebrio molitor NO DESEMPENHO PRODUTIVO DE ALEVINOS DE TILÁPIA VERMELHA. 2019. Disponível em:<<https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/vtt-213173> >. Acesso em: 12 aug. 2024.

DO NASCIMENTO, Ariane Flávia et al. **Insetos: alimento sustentável para nutrição animal**. Sustentabilidade no agronegócio, 2020.

Dreassi, E., Botta, M., Zanfini, A., Materozzi, L., Cito, A., & Francardi, V. (2017). Dietary fatty acids influence the growth and fatty acid composition of the yellow mealworm *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Lipids*, 52(3), 285–294. <https://doi.org/10.1007/s11745-016-4220-3>

ESTEVAM, C. G. et al. **Potencial de Mitigação de gases de efeito estufa das Ações de Descarbonização da produção de soja até 2030**. Observatório de Conhecimento e Inovação em Bioeconomia. Rio de Janeiro, RJ: Fundação Getúlio Vargas, p. 1-23, 2022. FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nation. **The contribution of insects to food security, livelihoods and the environment**. 2015. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/018/i3264e/i3264e00.pdf> >. Acesso em: 20 de agosto de 2024.

FIALHO, A. T. S. et al. Composição nutricional de larvas de *Tenebrio molitor* e de grilos (*Gryllus assimilis*) com potencial de uso na alimentação animal. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 73, p. 539-542, 2021.

Kröncke, N., & Benning, R. (2023). Influence of Dietary Protein Content on the Nutritional Composition of Mealworm Larvae (*Tenebrio molitor* L.). *Insects*, 14(3), 261. <https://doi.org/10.3390/insects14030261>

Kröncke, N., Benning, R., & Neumeister, M. (2023). Near-Infrared Reflectance Spectroscopy for Quantitative Analysis of Fat and Fatty Acid Content in Living *Tenebrio*

molitor Larvae to Detect the Influence of Substrate on Larval Composition. *Insects*, 14(2), 114. <https://doi.org/10.3390/insects14020114>

Kröncke, N., Wittke, S., Steinmann, N., & Benning, R. (2023). Analysis of the Composition of Different Instars of *Tenebrio molitor* Larvae using Near-Infrared Reflectance Spectroscopy for Prediction of Amino and Fatty Acid Content. *Insects*, 14(4), 310. <https://doi.org/10.3390/insects14040310>

Lawal, K. G., Kavle, R. R., Akanbi, T. O., Miroso, M., & Agyei, D. (2021). Enrichment in specific fatty acids profile of *Tenebrio molitor* and *Hermetia illucens* larvae through feeding. *Future Foods*, 3, 100016. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2021.100016>

LUCAS, Andressa Jantzen da Silva. **INSETOS NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL: um panorama geral**. Rio Grande: [s. n.], 2021. 146 p. Disponível em: <<https://repositorio.furg.br/bitstream/handle/1/9587/INSETOS%20NA%20ALIMENTA%C3%87%C3%83O%20ANIMAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 13 aug. 2024.

MAKKAR, Harinder PS et al. Estado da arte no uso de insetos na alimentação animal. **Ciência e tecnologia da alimentação animal**, v. 197, p. 1-33, 2014.

Nutrição - Portal Embrapa. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/qualidade-da-carne/carne-de-aves/producao-de-aves/nutricao>>. Acesso em: 19 aug. 2024.

OLIVEIRA, Casé et al. Cartilha de criação de Tenébrio molitor para iniciantes. **Apostila de criação de tenébrio molitor**, [s. l.], 2021. Disponível em: <http://estaticog1.globo.com/2021/05/20/apostila_de_criao_de_tenbrio_molitor_para_globo_rural_final_1.pdf> Acesso em: 15 ago. 2024.

Ravzanaadii, N., Hong, S.-J., Kim, S.-H., Kim, N.-J., & Choi, W.-H. (2012). Nutritional Value of Mealworm, *Tenebrio molitor* as Food Source. *International Journal of Industrial Entomology*, 25(1), 93–98. <https://doi.org/10.7852/ijie.2012.25.1.093>

REZENDE, Maria Aparecida Senra; DE SÁ SILVA, Cleuber Antônio; DA ROCHA CAMPOS, André Narvaes. CAPÍTULO 11-LARVA DE *Tenebrio molitor* COMO FONTE DE PROTEÍNA NA ALIMENTAÇÃO HUMANA: POSSIBILIDADES E PERSPECTIVAS. Contribuições para a Área de Alimentos: Experiências do Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campus Rio Pomba, p. 222.

RIBEIRO, Julia Maria. Consequências do manejo nutricional e ambiental inadequados para a saúde dos animais selvagens de estimação. 2017.ROCHA, M. B.; MOLINA, F. B. Algumas observações sobre a biologia e manejo do muçua. **Aquacultura**, v. 2, p. 25-26, 1987.80, 2022.

RUMBOS, Christos I. et al. Avaliação de várias commodities para o desenvolvimento do bicho-da-farinha amarelo, *Tenebrio molitor*. **Scientific Reports** , v. 10, n. 1, p. 11224, 2020.

SÁNCHEZ-MUROS, María-José; BARROSO, Fernando G.; AGUGLIARO, Francisco Manzano. Insect meal as renewable source of food for animal feeding: a review. *Journal of Cleaner Production*, Journal of Cleaner Production, ano 2014, v. 65, p. 16-27, 2014. DOI <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.11.068>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095965261300841X>. Acesso em: 6 aug. 2024.

Stull, V. J., Kersten, M., Paskewitz, S., Patz, J. A., Bergmans, R. S., & Tomberlin, J. (2019). Crude Protein, Amino Acid, and Iron Content of *Tenebrio molitor* (Coleoptera, Tenebrionidae) Reared on an Agricultural Byproduct from Maize Production: An Exploratory Study. *Annals of the Entomological Society of America*, 112(6), 533–543. <https://doi.org/10.1093/aesa/saz024>.

VASCONCELOS, Guilherme Trindade de. **Uso de insetos na alimentação de peixes**. *Bol. Apamvet (Online)*, p. 18-21, 2021.

Vilella LDM. **Produção de insetos para uso na alimentação animal** [trabalho de conclusão de curso][Internet]. Porto Alegre: Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2018. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/180588/001072223.pdf?sequence=1>> Acesso em: 13 aug. 2024.

ANEXO I: Normas para Submissão de Artigos na Revista Brasileira de Zootecnia (RBZ)

O manuscrito submetido à RBZ deve ser em inglês, seja no estilo de escrita americano ou britânico.

Estrutura de um artigo de pesquisa completo:

O artigo está organizado em seções distintas, cada uma com títulos numerados, em negrito e alinhados à esquerda, apresentados na seguinte sequência:

- Introdução
- Material e métodos
- Resultados
- Discussão
- Conclusões

Seções subsequentes, incluindo Disponibilidade de dados, Contribuições dos autores, Conflito de interesses, Agradecimentos, Suporte financeiro e Referências, devem permanecer sem numeração. As seções Materiais e métodos, Resultados e Discussão podem conter subseções conforme determinado pelos autores. Essas subseções devem melhorar a legibilidade e fornecer clareza, precisão e concisão ao texto.

Formato do manuscrito:

O manuscrito deve ser digitado em fonte Cambria, tamanho 12 pontos, com espaçamento duplo em todo o texto principal. Exceções são para o Resumo e Tabelas, que devem ser definidos em espaçamento 1,5. As margens devem ser definidas em 2,5 cm nas partes superior, inferior e direita, e 3,5 cm no lado esquerdo.

O documento deve ser preparado e editado usando o software Microsoft Word®.

Título:

O título deve ser preciso e informativo, com no máximo 20 palavras. Deve ser digitado em negrito e centralizado.

Resumo:

O resumo deve ser escrito em inglês como um único parágrafo justificado. Ele deve conter no máximo 1.800 caracteres, incluindo espaços.

O resumo deve resumir concisamente o objetivo do estudo, materiais e métodos, principais resultados e conclusões.

espaçamento de 1,5 linhas e posicionado no início do manuscrito, com a palavra “RESUMO” em letras maiúsculas.

Resumos extensos ou aqueles com subtítulos não são aceitáveis e serão devolvidos para adequação a estas diretrizes. O resumo não deve incluir nenhum texto introdutório ou referências.

Palavras-chave:

No final do resumo, liste no mínimo três e no máximo seis palavras-chave (que não devem constar no título).

Introdução:

A introdução deve ser concisa, não excedendo 3.000 caracteres, incluindo espaços. Ela deve fornecer uma breve visão geral do contexto do tópico da pesquisa, declarar claramente a hipótese e os objetivos do estudo e justificar a pesquisa. No parágrafo final da introdução, articule explicitamente a hipótese e os objetivos específicos da pesquisa. Essa clareza ajudará a definir uma direção clara para as seções subsequentes do manuscrito.

Material e métodos:

Descrição dos procedimentos

Resultados:

Os autores devem dividir o manuscrito em seções distintas para Resultados e Discussão, a Discussão:

Na seção Discussão, os autores devem interpretar os resultados de forma clara e sucinta, enfatizando os mecanismos biológicos envolvidos e sua significância.

Conclusões:

Na seção Conclusões, é crucial ressaltar os aspectos novos da pesquisa e enfatizar as inferências mais fortes e significativas derivadas de suas descobertas.

Referências:

As referências devem ser escritas em ordem alfabética do sobrenome do(s) autor(es) e depois cronologicamente.