MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO
CAMPUS CAMPOS BELOS BACHARELADO EM ZOOTECNIA

FELIPE FRAGA BARBOSA

Composição química do resíduo da criação de *Tenebrio molitor* (L.) (Coleoptera: Tenebrionidae) alimentados com farinha de baru (*Dipteryx alata*)

CAMPOS BELOS / GO

2025

FELIPE FRAGA BARBOSA

Composição química do resíduo da criação de *Tenebrio molitor* (L.) (Coleoptera: Tenebrionidae) alimentados com farinha de baru (*Dipteryx alata*)

Trabalho de conclusão de curso apresentado aos membros avaliadores do curso de Bacharelado em Zootecnia do Instituto Federal Goiano – *Campus* Campos Belos, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Zootecnia.

Orientador(a): Dr Weder Jansen Barbosa Rocha

CAMPOS BELOS/GO

2025

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema Integrado de Bibliotecas do IF Goiano - SIBi

Fraga Barbosa, Felipe
B238 Composição química do resíduo da criação de Tenebrio molitor (L.) (Coleoptera: Tenebrionidae) alimentados com farinha de baru (Dipteryx alata) / Felipe Fraga Barbosa. Campos Belos

23f. il.

Orientador: Prof. Dr. Weder Jansen Barbosa Rocha.
Coorientador: Prof. Dr. Ítalo Cordeiro Silva Lima.
Tcc (Bacharel) - Instituto Federal Goiano, curso de 0620184 - Bacharelado em Zootecnia - Campos Belos (Campus Campos Belos).
I. Título.

SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 10/2025 - CCBZ-CBE/GE-CB/CMPCBE/IFGOIANO

ANEXO V

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO BACHARELADO EM ZOOTECNIA

Aos vinte e seis de agosto de 2025, às quatorze horas, reuniu-se os componentes da Banca Examinadora, Dr. Weder Jansen Barbosa Rocha, Dr. Iuri Moraes Neyrão, Me. Josimar Santos de Almeida, Dr. Ítalo Cordeiro Silva Lima, sob presidência do primeiro, nas dependências do Instituto Federal Goiano - Campus Campos Belos e via Meet, em sessão pública, para defesa do trabalho de conclusão de curso (TCC) intitulado: **Caracterização química do resíduo da criação de *Tenebrio molitor* (L.) (Coleoptera: Tenebrionidae) alimentados com farinha de baru (*Dipteryx alata*)**, do discente Felipe Fraga Barbosa, sob a orientação do professor Dr. Weder Jansen Barbosa Rocha do Curso Bacharelado em Zootecnia. Tendo em vista as normas que regulamentam o Trabalho de Curso e procedidas as recomendações, o estudante foi considerado **aprovado com ressalvas**, considerando-se integralmente cumprido este requisito quando o discente entregar a versão final corrigida, para fins de obtenção do título de Bacharel em Zootecnia. Nada mais havendo a tratar, eu, Weder Jansen Barbosa Rocha, lavrei a presente ata que, após lida e aprovada, segue assinada por seus integrantes.

Campos Belos, 04 de setembro de 2025.

Justificativa e comentários sobre o trabalho:

Foram apresentadas sugestões pontuais de melhoria do trabalho, as quais foram compartilhadas pelos membros da banca com o estudante. Este, por sua vez, comprometeu-se a implementá-las, ficando a conferência final a cargo do orientador.

Assinado eletronicamente via SUAP

Dr. Weder Jansen Barbosa Rocha

Orientador | Presidente Banca Examinadora

gov.br Documento assinado digitalmente
IURI MORAES NEYRAO
Data: 05/09/2025 10:21:38-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Dr. Iuri Moraes Neyrão

Examinador 01

Assinado eletronicamente via GovBr

Me. Josimar Santos de Almeida

Examinadora 02

Documento assinado digitalmente
JOSIMAR SANTOS DE ALMEIDA
Data: 05/09/2025 10:30:14-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Assinado eletronicamente via GovBr

Dr. Ítalo Cordeiro Silva Lima

Coorientador

Documento assinado digitalmente
ITALO CORDEIRO SILVA LIMA
Data: 06/09/2025 11:53:21-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Documento assinado eletronicamente por:

- **Weder Jansen Barbosa Rocha** , **PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO** , em 05/09/2025 09:34:31.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 04/09/2025. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/ e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 740837
Código de Autenticação: 35a1f954cd

INSTITUTO FEDERAL GOIANO
Campus Campos Belos
Rodovia GO-118 Qd. 1-A Lt. 1 Caixa Postal, 1, Setor Novo Horizonte, CAMPOS BELOS / GO, CEP 73.840-000
(62) 3451-3386

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO

PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

- ☐ Tese (doutorado)
- ☐ Dissertação (mestrado)
- ☐ Monografia (especialização)
- ☑ TCC (graduação)
- ☐ Artigo científico
- ☐ Capítulo de livro
- ☐ Livro
- ☐ Trabalho apresentado em evento
- ☐ Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor: Felipe Fraga Barbosa

Matrícula: 2019206201840023

Título do trabalho: Composição química do resíduo da criação de Tenebrio molitor (L.) (Coleoptera: Tenebrionidae) alimentados com farinha de baru (Dipteryx alata)

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: ☑ Não ☐ Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 09 /09 /2025

O documento está sujeito a registro de patente? ☐ Sim ☑ Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? ☐ Sim ☑ Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

• Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;

• Que obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;

• Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Campos Belos-Go — Local

09 /09 /2025 — Data

Documento assinado digitalmente
gov.br
FELIPE FRAGA BARBOSA
Data: 09/09/2025 18:01:12-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorai

Ciente e de acordo:

Documento assinado digitalmente
gov.br
WEDER JANSEN BARBOSA ROCHA
Data: 09/09/2025 17:54:11-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Assinatura do(a) orientador(a)

DEDICATORIA

Aos meus pais, pelo amor incondicional que me sustenta e pela força silenciosa com que sempre me incentivaram a acreditar nos meus sonhos. Por cada palavra de apoio, cada gesto de cuidado e cada sacrifício feito para que eu pudesse chegar até aqui. Vocês são minha base e minha inspiração diária.

Às minhas avós, que com suas histórias, conselhos e orações sempre iluminaram meu caminho. A sabedoria de vocês é um farol que me guia, e o amor que recebo me lembra que mesmo nos momentos mais difíceis existe um colo onde posso descansar.

À minha irmã, amiga de todas as horas, que esteve ao meu lado nos dias bons e nos dias turbulentos. Obrigado por cada risada partilhada, cada conversa que clareou meus pensamentos e por acreditar em mim mesmo quando eu duvidava.

Aos meus tios, que abriram as portas de casa e do coração para me acolher e tornar possível a minha jornada acadêmica. A generosidade de vocês me mostrou que família vai muito além de laços de sangue — é sobre presença, cuidado e amor constante.

À minha namorada, companheira leal, que segurou minha mão nas tempestades e celebrou comigo cada pequena vitória. Pelo incentivo nos momentos de cansaço, pela paciência nos períodos de ausência e pelo carinho que me deu forças para não desistir.

Aos amigos, que compreenderam minhas ausências, torceram por mim e me lembraram que a vida também é feita de leveza e alegria.

E a todas as pessoas que, de alguma forma direta ou indireta, contribuíram para que este trabalho ganhasse vida. Cada palavra de incentivo, cada ajuda prática, cada sorriso no momento certo foi uma peça essencial nesta construção.

Este trabalho carrega um pedaço de cada um de vocês. É, antes de tudo, um reflexo do amor, do apoio e da esperança que recebi durante todo este percurso.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela força, saúde e sabedoria concedidas durante toda esta caminhada.

Ao Prof. Dr. Antonio Clementino dos Santos, pela disponibilidade da infraestrutura do Laboratório de Solos da Universidade Federal do Norte do Tocantins (UFNT), essencial para a realização das análises deste trabalho.

Ao técnico de laboratório Lucas Siqueira Guimarães, pelo apoio e auxílio fundamentais na execução das análises.

Aos membros da banca, Prof. Iuri e Prof. Josimar, pelas contribuições valiosas para o aprimoramento deste trabalho.

Ao meu orientador, Dr. Weder Jansen Barbosa Rocha, pela orientação, paciência e direcionamento acadêmico ao longo de todo o processo.

Ao meu coorientador, Dr. Ítalo Cordeiro Silva Lima, pelo auxílio indispensável, dedicação e colaboração direta na construção deste trabalho, contribuindo significativamente para o desenvolvimento do artigo.

Ao Instituto Federal Goiano Campus Campos Belos-Go, pela concessão da bolsa de pesquisa, a qual possibilitou a execução do projeto que originou este Trabalho de Conclusão de Curso.

E, por fim, à minha família e amigos, pelo incentivo, apoio emocional e compreensão em todos os momentos desta jornada.

RESUMO: O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito dos níveis de inclusão da farinha de baru em substituição à farinha de trigo sobre a composição química do resíduo da criação de *Tenebrio molitor*. O delineamento experimental foi em blocos inteiramente casualizados, com quatro tratamentos (0, 25, 50 e 75% de inclusão de farinha de baru em substituição à farinha de trigo), e quatro repetições, utilizando 140 casais de besouros *T. molitor* por unidade experimental. As dietas consistiram em farinha de trigo, milho, farinha de baru e frações de chuchu como fonte de umidade. Após 30 dias de postura, os besouros foram removidos, e o resíduo da criação (fezes + substrato) foi coletado a cada 30 dias até o final do ciclo larval, através de uma peneira de 355 μm. As amostras foram agrupadas por repetição e submetidas à análise química. Os grupos foram comparados por ANOVA, com teste de Tukey a 5% de significância. Os resultados demonstraram que o aumento da adição de farinha de baru promoveu um incremento significativo nos teores de MO (Matéria orgânica), atingindo o maior valor na inclusão de 75%. Contudo, houve uma redução nos teores de N e K à medida que aumentou a inclusão de farinha de baru. Para o fósforo, os maiores teores foram observados nos tratamentos de 25% e 50% de inclusão. Além disso, a inclusão de 75% de farinha de baru resultou em menores valores de pH e acidez potencial (H^{+}+Al^{3+}). O teor de Ca2+ foi maior no nível de inclusão de 50%, enquanto o teor de Mg2+ foi verificado nos níveis de inclusão de 25% e 50%.

Palavras-chave: alimentação alternativa; coproduto; entomocultura; sustentabilidade**.**

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO…… 1

2. OBJETIVO……... 2

3. REFERENCIAL TEÓRICO……... 2

3.1. USO DE INSETOS NA PRODUÇÃO ANIMAL……. 2

3.2. ALIMENTAÇÃO E DESEMPENHO DO *TENÉBRIO MOLITOR*…… 3

3.3. CARACTERÍSTICAS DO BARU……. 3

3.4. POTENCIAL AGRONÔMICO E SUSTENTABILIDADE ……... 3

4. MÉTODOS……... 4

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO……. 6

6. CONCLUSÃO……. 10

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS……. 10

1 INTRODUÇÃO

A demanda global por produtos agrícolas até 2050, em especial a proteína animal continua a aumentar as taxas sem precedentes, enquanto as terras agrícolas disponíveis para a produção de grãos estão diminuindo em várias regiões do mundo (Samal et al., 2022). Neste contexto, estudar alternativas inovadoras e sustentáveis para alimentação animal é essencial para o desenvolvimento de tecnologias que possam atender às demandas futuras da indústria de nutrição animal.

Nos últimos 10 anos, a utilização de insetos na alimentação animal tem ganhado destaque mundialmente, devido às suas vantagens nutricionais associadas a um menor impacto ambiental (Lorrette e Sanchez, 2022). Algumas farinhas de insetos como de Larva de Mosca soldado-negra, larvas de *Tenébrio molitor*, podem conter entre 42,1 e 63,3% de proteína bruta e até 36% de óleo de alta qualidade (Makkar et al., 2014), sendo considerado um ingrediente promissor para substituir fontes alimentares tradicionais, como o farelo de soja.

Para tanto, dentre as diversas espécies de insetos, destaca-se o *Tenebrio molitor* por apresentar um enorme potencial como ingrediente proteico para a indústria de nutrição de não ruminantes como aves, peixes, suínos e repteis, com resultados satisfatórios (Bovera et al., 2015; Henry et al., 2015), bem como a aprovação das larvas de *T. molitor* como o primeiro inseto seguro para consumo humano na Europa (Zuk-Golaszewska et al., 2022).

Esses animais, conhecidos popularmente como “larvas de farinha”, se alimentam principalmente de materiais farináceos e, têm sua dieta padrão à base de milho e farelo de trigo (Ribeiro et al., 2018), ingredientes estes, com custo elevado. Portanto, a busca por alternativas alimentares de baixos custos de produção que possam fornecer aos insetos nutrientes de alta qualidade é essencial para o desenvolvimento sustentável da criação.

O baru (*Dipteryx alata*), espécie vegetal de ampla ocorrência no Bioma do Cerrado, gera um coproduto, a partir da extração da amêndoa, apresentando as características nutricionais: 65,01% de carboidratos, 3,3% de lipídeos, 4,39% de fibras e 4,45% de proteínas; além de ser fonte de minerais como: potássio, ferro e cobre (Alves-Santos et al., 2021), que se qualifica como ingrediente promissor para utilização na alimentação animal.

Fertilizantes orgânicos e alternativos para a nutrição de plantas têm sido estudados com o objetivo de atender às suas necessidades nutricionais e, ao mesmo tempo, reduzir o acúmulo de resíduos gerados pelas atividades agropecuárias (Raij, 2011). Assim, visando buscar uma destinação econômica e sustentável para os resíduos da produção de insetos, a produção de um substrato orgânico pode se tornar uma alternativa sustentável de reaproveitamento desses resíduos (Fontana et al., 2020).

Neste contexto, o presente estudo tem como objetivo avaliar a composição química do resíduo da criação de *T. molitor* alimentados com diferentes níveis farinha de baru em substituição do farelo de trigo.

2 OBJETIVO

Avaliar o efeito dos níveis de inclusão da farinha de baru em substituição à farinha de trigo sobre a composição química do resíduo da criação de *Tenebrio molitor*.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 O USO DE INSETOS NA PRODUÇÃO ANIMAL

O aumento da demanda mundial por alimentos e a busca por alternativas sustentáveis têm impulsionado o estudo de insetos como fontes de proteína para alimentação humana e animal (VAN HUIS, et al. 2013). Os insetos possuem elevada eficiência de conversão alimentar, baixa emissão de gases de efeito estufa (Metano, Óxidos de nitrogênio e Dióxido de carbono) e requerem menor uso de água e espaço quando comparados a animais tradicionais de produção (VAN HUIS et al., 2013). A sociedade mundial, especialmente os mercados dos países desenvolvidos, tem exercido nos últimos anos forte pressão sobre os sistemas e mercados agroalimentares, buscando opções de produção sustentável que possam lidar com os desafios modernos, como mudança climática, segurança alimentar, degradação do ecossistema (Borsellino et al., 2020).

Entre as espécies mais estudadas, destaca-se o *Tenebrio molitor*, também conhecido como “larva de farinha”, por apresentar alto valor nutricional, facilidade de manejo e grande adaptabilidade a diferentes substratos alimentares (DOBERMANN et al., 2017). Sua utilização

vem sendo explorada tanto para formulação de rações quanto para processamento de resíduos orgânicos (DOBERMANN et al., 2017).

3.2 ALIMENTAÇÃO E DESEMPENHO DO *Tenébrio molitor*

A alimentação de *T. molitor* influencia diretamente seu desenvolvimento, taxa de conversão alimentar, composição corporal e a quantidade e qualidade dos resíduos gerados durante o ciclo de criação. Diversos estudos avaliam a utilização de ingredientes alternativos, como coprodutos agrícolas e resíduos alimentares, com o objetivo de reduzir custos e promover a sustentabilidade do sistema (OONINCX et al., 2015).

Dietas à base de farelo de trigo, milho, soja, cenoura, batata, entre outros vegetais, têm demonstrado potencial no crescimento das larvas, com variações nos tempos de desenvolvimento e na composição nutricional final dos insetos (LOMBARDI et al., 2020). A escolha do substrato alimentar também afeta os resíduos produzidos, que podem apresentar diferentes teores de matéria orgânica, nitrogênio e minerais.

Assim, surge a necessidade de avaliar alimentos alternativos que possam prover para os insetos nutrientes de alta qualidade e uma relação custo/benefício adequada para a produção desses insetos (Arcanjo & Costa, 2022), verificando assim o seu impacto na capacidade reprodutiva, bem como no desempenho ponderal das larvas.

3.3 CARACTERÍSTICAS DO BARU

O baru (*Dipteryx alata*), espécie vegetal de ampla ocorrência no Bioma do Cerrado, é uma das espécies nativas utilizadas pela população local como fonte de renda familiar, devido aos seus frutos terem múltiplas finalidades e alto valor nutricional, pois são fontes de carboidratos, lipídeos e minerais (Valulo et al., 1990).

O processamento do baru, ou seja, extração da amêndoa, gera uma grande quantidade de resíduo, denominado polpa, que pode ser utilizado na alimentação animal. Porém, seu uso como ingrediente na formulação de rações ainda necessita de mais estudos, pois, foi constatado a presença de substância antinutricionais como tanino, ácido fítico e inibidor de tripsina (Sano et al., 2004).

3.4 POTENCIAL AGRÔNOMICO E SUSTENTABILIDADE

A utilização dos resíduos de insetos como fertilizante se encaixa nos princípios da economia circular, contribuindo para o reaproveitamento de nutrientes e a redução do desperdício em sistemas agroindustriais. Segundo van Huis e Oonincx (2017), o frass (Adubo orgânico feito a partir dos excrementos das larvas de tenébrios) pode apresentar eficiência semelhante à de fertilizantes orgânicos convencionais, promovendo melhorias na estrutura do solo e fornecendo nutrientes para plantas.

Além disso, o uso de resíduos de insetos pode ser uma alternativa viável em pequenos sistemas produtivos, especialmente em zonas rurais, promovendo práticas de manejo integradas e sustentáveis. Estudos mais recentes destacam que o frass (Adubo orgânico feito a partir dos excrementos das larvas de tenébrios), quando analisado quimicamente, apresenta estabilidade e potencial de uso tanto na agricultura quanto como insumo para outras cadeias produtivas (LALANDER et al., 2020).

4. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no Laboratório de Entomocultura do Instituto Federal Goiano (IFGoiano), Campus Campos Belos-Goiás localizado na região nordeste do estado de Goiás, Brasil, com coordenadas geográficas aproximadas de 13.0347° de latitude sul e 46.7683° de longitude oeste. Os besouros da espécie *Tenebrio molitor* utilizados no experimento foram provenientes da criação mantida no próprio laboratório de entomocultura do Campus.

O delineamento experimental foi em blocos inteiramente casualizados (DBC), com quatro tratamentos e quatro repetições, e cada unidade experimental consistiu em 140 casais do besouro *T. molitor*, nos quais foram testados diferentes níveis de inclusão da farinha de baru (0%, 25%, 50% e 75%) em substituição à farinha de trigo, avaliando o impacto sobre a composição mineral do resíduo da criação das larvas (fezes dos insetos + partículas do substrato com partículas < 355 µm).

As dietas experimentais foram compostas de farinha de trigo e milho, com níveis de inclusão da farinha de baru; e frações de chuchu (*Sechium edule*) que foram disponibilizados a cada 3 dias como fonte de umidade. A composição das dietas foi conforme a Tabela 1:

Tabela 1 – Composição das dietas experimentais para *T. molitor*.

Dieta	Composição
T0 (0% - Controle)	75% de farinha de trigo
	25% de milho
T1 (25% de farinha de baru)	50% de farinha de trigo
	25% de milho
	25% de farinha de baru
T2 (50% de farinha de baru)	25% de farinha de trigo
	25% de milho
	50% de farinha de baru
T3 (75% de farinha de baru)	25% de milho
	75% de farinha de baru

Para evitar a heterogeneidade nas idades dos adultos, foram utilizados besouros jovens de cor esbranquiçada com exoesqueletos macios (Ribeiro et al., 2018), oriundos do mesmo lote, população e idade. Além disso, foram mantidos besouros extras do mesmo lote de formação para possíveis substituições durante a fase de postura.

Os casais de besouros foram introduzidos em bandejas de plásticos contendo as dietas experimentais (Tabela 1), e mantidas em ambiente com circulação de ar e temperatura ambiente. Após 30 dias do início da postura, todos os besouros foram removidos dos recipientes, e o desenvolvimento das larvas foi monitorado até a formação das pupas e a eclosão. A cada 30 dias, foi realizado a separação do substrato e das fezes, sendo separados por meio de peneira de 355 µm, para obtenção do resíduo da criação de *T. molitor*.

Ao final do período de avaliação, e devido aos custos para análise, foi realizado um "pool" de cada repetição por tratamento ao longo do período experimental. As análises foram realizadas no Laboratório de Solos da Universidade Federal do Norte do Tocantins (UFNT).

Para determinação das concentrações de Ca, Mg, P e K do resíduo da criação de *T. molitor* foram submetidos à extração por digestão via seca de Ca, Mg, P e K, utilizando HCl 1mol L^{-1}, enquanto os teores de N total foi determinado pelo método de Kjeldahl (Nogueira; Souza, 2005). Em resumo, Ca e Mg foram determinados através de titulação por EDTA, K através de espectrofotometria de chamas e P pelo método de espectrofotometria UV-VIS com azul de molibdênio, cujos teores foram expressos em g kg^{-1} de MS.

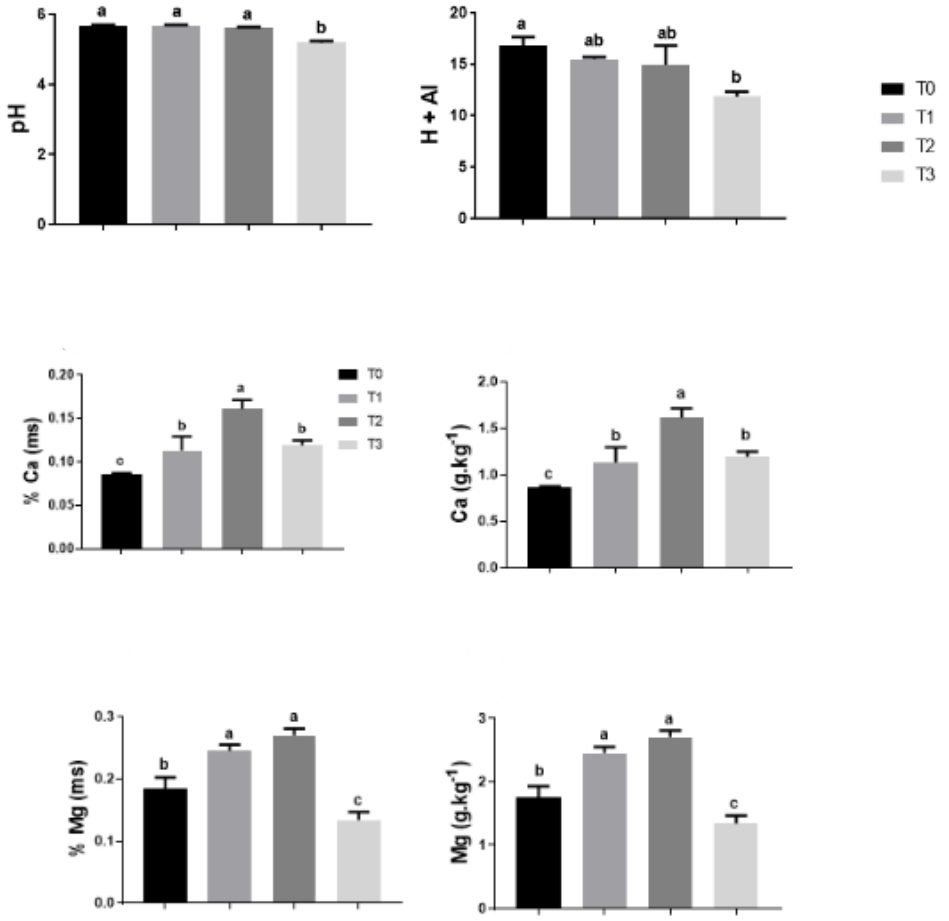
Os dados foram testados quanto à normalidade e homoscedasticidade, e quando necessários os dados foram transformados para atingir os pré-requisitos, uma vez que as

análises serão paramétricas. Os grupos foram comparados por Análise de Variância (ANOVA), obtendo como fatores níveis de inclusão da farinha de baru. Como pós-teste para comparação das médias foi utilizado o teste de Tukey, com nível de significância de 5%.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A composição química do "*frass*" (adubo orgânico feito a partir dos excrementos das larvas de tenébrios) varia de acordo com o tipo de dieta fornecida às larvas (BIANCHI et al., 2021). Portanto, avaliar essa composição permite estimar a eficiência digestiva dos insetos e identificar o potencial uso dos resíduos em práticas agrícolas. Neste contexto, houve influência da inclusão da farinha de baru sobre os valore de pH e teores de H + Al, de Ca^{2+} e de Mg^{2+} do resíduo da criação de *T. molitor* (Figura 1).

Figura 1. Concentração de Cálcio (Ca^{2+}) e de Magnésio Mg^{2+}, e valores de pH e H + Al do resíduo da criação de e *T. molitor* alimentados com diferentes níveis farinha de baru em substituição do farelo de trigo.



O pH do resíduo da criação de *T. molitor* não diferiu significativamente ($p > 0,05$) entre o controle (T0 5,69±0,02) e os tratamentos T1 (5,68±0,03) e T2 (5,62±0,02), mas significativamente ($p < 0,05$) superior ao observado no tratamento com maior inclusão de farinha de baru (5,18±0,05) (Figura 01). Considerando que a faixa ideal de pH para a maioria das culturas em solos tropicais está entre 6,0 e 7,0 (Martins, 2005). Os resultados sugerem que o uso desse resíduo pode promover acidificação do solo e, consequentemente afetar a disponibilidade dos nutrientes. Enquanto, os maiores valores de H + Al foram observados para o tratamento sem a inclusão de farinha de baru ($P < 0,05$; 16,81±0,85), em comparação com os menores valores verificados no maior nível de inclusão ($P < 0,05$; 11,86±0,48) (Figura 1). Neste contexto, tornam-se necessários estudos mais detalhados sobre a dinâmica do pH e nutrientes para verificar essa hipótese, de modo a avaliar a viabilidade agronômica do uso do resíduo de *T. molitor*.

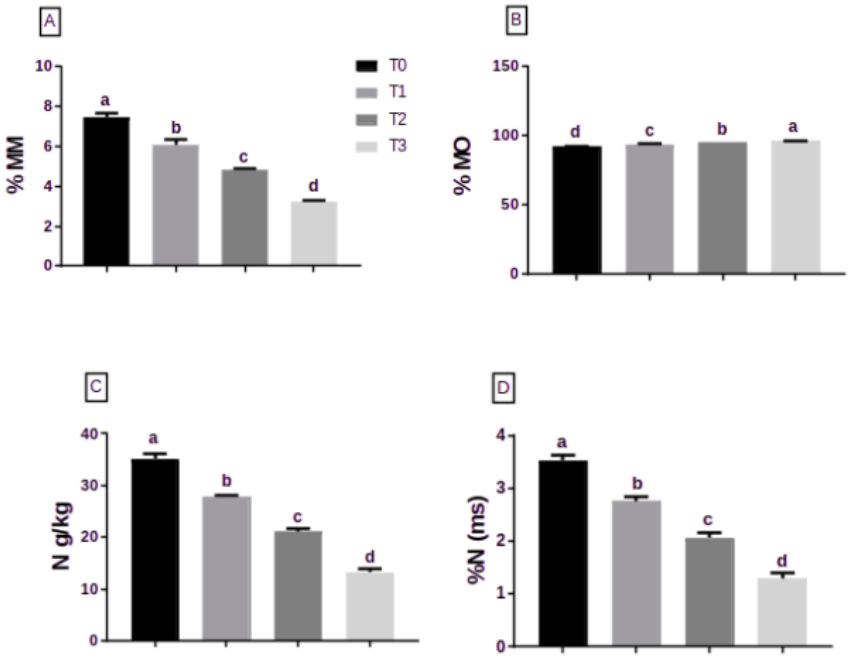
Para os teores de cálcio (Ca^{2+}, g kg^{-1}), verificou-se diferença significativa entre os tratamentos ($p < 0,05$), com o maior valor obtido no nível de inclusão de 50% de farinha de

baru (1,61±0,06), seguido pelos tratamentos com 25% (1,13±0,16) e 75% (1,19±0,06), enquanto o menor teor foi registrado no controle, (0,87±0,01) (Figura 01). O cálcio, além de ser um macronutriente essencial para integridade da parede celular e estabilidade das membranas, desempenha um importante papel como mensageiro em vias sinalização e em processos fisiológicos relacionados ao crescimento vegetal. Sua deficiência compromete o desenvolvimento de tecidos meristemáticos, podendo resultar em necrose apical e deformações em folhas e frutos. Segundo Larcher (2004), os limites de concentração de Ca na planta, em g/kg de matéria seca, devem ficar entre 0,4 – 15, indicando que, o uso desse composto orgânico pode contribuir com adubação da cultura.

Já os teores de magnésio (Mg^{2+}, g kg^{-1}), diferiram significativamente entre os tratamentos ($P < 0,05$), com os maiores valores obtidos nos níveis de 50% (2,70±0,11) e 25% (2,46±0,10) de inclusão, seguidos pelo controle (1,76±0,17), enquanto o menor teor foi verificado no tratamento com 75% de inclusão da farinha do baru (1,34±0,13) (Figura 01). O magnésio desempenha papel central no metabolismo vegetal, sendo o átomo da molécula de clorofila e, portanto, essencial para a realização da fotossíntese, além de atuar em diversas reações bioquímicas relacionados ao metabolismo de carboidratos e proteínas. A deficiência de Mg^{2+} caracteriza-se por clorose Inter nerval em folhas mais velhas, devido à sua elevada mobilidade na planta. De acordo com Larcher (2004), os limites de concentração de Mg na planta, em g/kg de matéria seca, devem ficar entre 0,7 – 9, indicando que, embora tenha ocorrido redução significativa nos tratamentos com 75% de inclusão, o uso desse composto orgânico pode contribuir com adubação da cultura.

Houve influência da inclusão da farinha de baru sobre os teores de: material mineral (%MM), matéria orgânica (%MO), nitrogênio (N), fosforo (P) e potássio (K) do resíduo da criação de *T. molitor* (Figura 2).

Figura 2. Teores de material mineral (%MM), matéria orgânica (%MO), nitrogênio (N), fosforo (P) e potássio (K) do resíduo da criação de e *T. molitor* alimentados com diferentes níveis farinha de baru em substituição do farelo de trigo.



Os teores de matéria mineral (MM) e de nitrogênio (N, g kg^{-1}) diferiram significativamente entre os tratamentos ($p < 0,05$), com redução significativa com o aumento da inclusão da farinha de baru (Figura 2). Em contrapartida, a matéria orgânica (MO) apresentou comportamento inverso, com aumento significativo nos tratamentos com maiores níveis de inclusão (Farinha 2). O nitrogênio é o macronutriente mais exigido pelas plantas, sendo o elemento químico estrutural de aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos e clorofila, sendo determinante para o crescimento e desenvolvimento vegetativo e a produtividade (MALAVOLTA, 2006). A deficiência de nitrogênio resulta em clorose, redução do crescimento e, consequentemente perda de produtividade das culturas. De acordo com Larcher (2004), os limites de concentração de N na planta, em g/kg de matéria seca, devem ficar entre 12– 75, indicando que, embora tenha ocorrido redução significativa com a inclusão da farinha de baru, o uso desse composto orgânico pode contribuir com adubação nitrogenada da cultura.

A matéria orgânica do solo é fundamental para a sustentabilidade agrícola, melhorando a estrutura, a retenção de água, a capacidade de troca catiônica e servindo como reserva de nutrientes. Níveis acima de 3% são considerados bons para solos tropicais, enquanto valores inferiores a 2% indicam necessidade de manejo para aumento da MO, como adição de resíduos orgânicos, adubos verdes e compostos (RAIJ et al., 2011).

Para o teor de fósforo (P^{+}, g kg^{-1}), foi observado diferenças significativas entre os tratamentos ($p < 0,05$), com o maior valor obtido no nível de 25% de inclusão de farinha de

baru (5,19±0,14), seguido pelos tratamentos com 50% (4,74±0,1) e pelo controle (3,98±0,39), enquanto o menor teor foi registrado no tratamento com maior inclusão de farinha do baru (1,94±0,15) (Figura 02). O fósforo é um nutriente essencial, pois ele atua na transferência de energia (ATP/ADP), no desenvolvimento radicular e no processo de maturação das culturas (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997). Sua deficiência provoca coloração arroxeadas nas folhas e atraso no crescimento. De acordo com Larcher (2004), os limites de concentração de P na planta, em g/kg de matéria seca, deve ficar entre 0,1– 10, indicando que, embora tenha ocorrido redução significativa com a inclusão da farinha de baru, o uso desse composto orgânico pode contribuir com adubação fosfatada da cultura.

Já os teores de potássio (K^+, g kg^{-1}), também foram observadas diferenças significativas ($p < 0,05$), cuja maior teor foi obtido no tratamento controle (1,52±0,03), seguido pelos tratamentos com 25% (1,29±0,06) e 50% (1,29±0,03) de inclusão, enquanto o menor teor foi registrado no maior nível de inclusão da farinha do baru (1,12±0,01) (Figura 02). O potássio desempenha funções importantes na regulação osmótica, no transporte de açúcares, na ativação de diversas enzimas e na capacidade de tolerar a estresses bióticos e abióticos (MARSCHNER, 2012). A deficiência de K causa clorose marginal e necrose em folhas mais velhas. De acordo com Larcher (2004), os limites de concentração de K na planta, em g/kg de matéria seca, deve ficar entre 1 70, indicando que, embora tenha ocorrido redução significativa com a inclusão da farinha de baru, o uso desse composto orgânico pode contribuir com adubação potássica da cultura.

6 CONCLUSÃO

Os resultados evidenciam que a inclusão da farinha de baru no resíduo da criação de *Tenebrio molitor* promoveu alterações significativas nos atributos químicos relacionados à fertilidade do solo. De modo geral, verificou-se aumento nos teores de matéria orgânica e de fósforo e magnésio, em níveis de inclusão de 25 e 50%, o que sugere potencial para melhoria da qualidade nutricional do material aplicado ao solo.

Por outro lado, o aumento da proporção de farinha resultou em redução expressiva dos teores de nitrogênio, potássio e cálcio, além de tendência à acidificação do resíduo, especialmente no nível de 75% de inclusão.

A realização de estudos adicionais em condições de campo, avaliando a dinâmica dos nutrientes ao longo do tempo, seu efeito na dinâmica do pH e sua interação com a microbiota edáfica e os efeitos na produtividade das culturas, de forma a validar a aplicabilidade do resíduo orgânico como alternativa sustentável na agricultura.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES-SANTOS, F. et al. Composição química e potencial de uso da farinha de baru (*Dipteryx alata*). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 43, n. 2, p. 1-10, 2021.

ARCANJO, R. A.; COSTA, L. M. Desempenho de *Tenebrio molitor* alimentado com dietas alternativas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 51, p. 1-9, 2022.

BIANCHI, M. L. et al. Composição do frass de *Tenebrio molitor* e seu potencial como fertilizante orgânico. **Ciência Rural**, v. 51, n. 8, p. 1-9, 2021.

BORSELLINO, V.; SCHIMMENTI, E.; EL BILALI, H. Agri-food markets towards sustainable patterns. **Sustainability**, v. 12, n. 6, p. 1-25, 2020.

BOVERA, F. et al. Use of *Tenebrio molitor* larvae meal as protein source in broiler diet. **Journal of Animal Science**, v. 94, n. 2, p. 639-647, 2015.

DOBERMANN, D.; SWAINE, H.; VAN HUIS, A. Insects as food and feed: from production to consumption. **Annual Review of Entomology**, v. 62, p. 15-36, 2017.

FONTANA, A. J. et al. Resíduos de insetos na agricultura: potencial de uso como biofertilizante. **Agricultural Systems**, v. 182, p. 1-9, 2020.

HENRY, M. et al. Inclusion of insects in poultry feed: A review. **Animal Feed Science and Technology**, v. 208, p. 1-20, 2015.

LALANDER, C. et al. Feeding urban organic waste to insects: Bioconversion and impact on the environment. **Waste Management**, v. 117, p. 212-226, 2020.

LARCHER, W. Ecofisiologia vegetal. São Carlos: Rima, 2004. 531 p.

LOMBARDO, G. et al. Substrates for rearing mealworms: effects on growth performance. **Animals**, v. 10, n. 11, p. 1-13, 2020.

LORRETTE, M.; SANCHEZ, M. Insects in animal nutrition: opportunities and challenges. **Animal Frontiers**, v. 12, n. 3, p. 45-52, 2022.

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, 2014.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. Piracicaba: Potafos, 1997.

MALAVOLTA, E. *Manual de nutrição mineral de plantas*. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006.

MARTINS, C. S. Fertilidade do solo e nutrição de plantas. Viçosa: UFV, 2005. 214 p.

MARSCHNER, H. *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants*. 3. ed. London: Academic Press, 2012.

NOGUEIRA, A. R. A.; SOUZA, G. B. Manual de laboratórios: solo, água, nutrição vegetal, nutrição animal e alimentos. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2005. 313 p.

OONINCX, D. G. A. B. et al. Environmental impact of insect production for food and feed. **PLOS ONE**, v. 10, n. 12, p. 1-11, 2015.

RAIJ, B. van. Fertilidade do solo e adubação. Piracicaba: Ceres, 2011. 343 p.

RIBEIRO, J. C. et al. Substratos na criação de *Tenebrio molitor*. **Boletim de Indústria Animal**, v. 75, n. 1, p. 1-8, 2018.

SAMAL, S. et al. Global demand for food and protein by 2050: challenges and opportunities. **Food Security**, v. 14, p. 1-15, 2022.

SANO, S. M. et al. Nutritional potential of baru (*Dipteryx alata*). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 6, p. 583-588, 2004.

VALULO, F. et al. Características nutricionais do baru (*Dipteryx alata*). **Revista de Alimentos e Nutrição**, v. 1, n. 2, p. 1-6, 1990.

VAN HUIS, A. et al. Edible insects: future prospects for food and feed security. Rome: FAO, 2013. 187 p.

VAN HUIS, A.; OONINCX, D. G. A. B. The environmental sustainability of insects as food and feed. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 37, n. 43, p. 1-21, 2017.

ZUK-GOLASZEWSKA, K. et al. *Tenebrio molitor* larvae as a novel food: safety assessment in the EU. **EFSA Journal**, v. 20, n. 1, p. 1-15, 2022.