

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
CAMPUS DE BOTUCATU

USO DE FARINHA DE INSETOS NA ALIMENTAÇÃO DE LEITÕES RECÉM-
DESMAMADOS SOBRE A DIGESTIBILIDADE E DESEMPENHO

JULIANA CAROLINA PEREIRA

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Zootecnia como parte
das exigências para obtenção do título de
Mestre em Zootecnia

BOTUCATU – SP
Junho de 2024

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
CAMPUS DE BOTUCATU

USO DE FARINHA DE INSETOS NA ALIMENTAÇÃO DE LEITÕES RECÉM-
DESMAMADOS SOBRE A DIGESTIBILIDADE E DESEMPENHO

JULIANA CAROLINA PEREIRA

Orientador: Prof. Dr. Marcos Lívio Panhoza Tse

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Zootecnia como parte
das exigências para obtenção do título de
Mestre em Zootecnia

BOTUCATU – SP
Junho de 2024

P436u	Pereira, Juliana Carolina Uso de farinha de insetos na alimentação de leitões recém - desmamados sobre a digestibilidade e desempenho / Juliana Carolina Pereira. -- Botucatu, 2024 65 p. : tabs. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu Orientador: Marcos Livio Panhoza Tse 1. Desempenho. 2. Digestibilidade. 3. Fonte de proteína. 4. Suínos. I. Título.
-------	---

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Botucatu



ATESTADO DE APROVAÇÃO - DEFESA

Atestamos que **JULIANA CAROLINA PEREIRA**, RA nº: ZNP220108, RG nº 52.309.636-7, expedido pela SSP/SP, defendeu, no dia 10/06/2024, a dissertação intitulada **USO DE FARINHA DE INSETOS NA ALIMENTAÇÃO DE LEITÕES RECÉM-DESMAMADOS SOBRE A DIGESTIBILIDADE E DESEMPENHO.**, junto ao Programa de Pós Graduação em Zootecnia, Curso de Mestrado Acadêmico, tendo sido 'APROVADA'.

Atestamos ainda que a obtenção do título dependerá de homologação pelo Órgão Colegiado competente.

Botucatu, 10 de junho de 2024

Claudia Cristina Menezes

Claudia Cristina Menezes
Assistente Administrativa
Coordenação de Pós-Graduação / FMVZ

BIOGRAFIA DO AUTOR

Juliana Carolina Pereira, nascida na cidade de São Manuel/SP, em 10 de Junho de 1997, filha de Celina Recuchi Pereira e Paulo Sérgio Pereira. Ingressou na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - UNESP - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Campus de Botucatu, no curso de Zootecnia no início do ano de 2016, onde no terceiro ano de graduação foi bolsista CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) de Iniciação Científica e graduou-se em dezembro de 2020. De Janeiro de 2021 a Janeiro de 2022 trabalhou em granja comercial de suínos e em Agosto de 2022 ingressou no Curso de Mestrado em Zootecnia, pelo Programa de Pós Graduação da FMVZ – UNESP também no Campus de Botucatu, sob orientação do Prof. Ass. Dr. Marcos Livio Tse, onde foi bolsista pela CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), atuando na área de nutrição e produção de suínos.

DEDICATÓRIA

Dedico esta dissertação primeiramente à Deus e Nossa Senhora Aparecida por guiar meus passos até aqui.

Dedico aos meus pais Paulo Sérgio Pereira e Celina Recuchi Pereira e irmão Paulo Vitor Pereira por todo apoio, ajuda e nunca me desamparar.

Dedico ao meu esposo Gustavo Teodoro por toda ajuda, paciência e amor.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus e a Nossa Senhora Aparecida que nunca me desamparou, sempre me guiou e me concedeu saúde e sabedoria para correr atrás dos meus sonhos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoa de Nível Superior (CAPES) pela bolsa concedida que me permitiu executar o projeto durante dois anos.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela concessão do auxílio financeiro (2019/16802-5).

Ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia pela oportunidade concedida.

Ao meu orientador Prof. Dr. Marcos Lívio Panhoza Tse por ter me concedido a oportunidade de realizar o mestrado com sua equipe, por toda paciência e aprendizado durante esse período.

À secretária da seção de Pós-graduação Cláudia Cristina Moreci por toda atenção e paciência nas frequentes dúvidas esclarecidas.

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Zootecnia pelos ensinamentos passados nas matérias do curso.

À minha equipe Mariane Zabotto, Alan Alves, Bernardette Rossiti, Eduardo Rodrigues e Letícia Garbin por toda ajuda nos experimentos.

Aos meus pais Paulo Sérgio Pereira e Celina Recuchi Pereira por todo carinho, incentivo, por acreditarem em mim e por fazerem o impossível para que eu realizasse meus objetivos.

Ao meu marido Gustavo Teodoro por todo companheirismo, carinho e por estar sempre disposto a me ajudar.

Ao meu tio João Anderson Fulan por ser minha inspiração e apoio para alcançar meu sonhos.

Aos meus amigos do dia a dia por todo o incentivo quando a insegurança e o cansaço tomavam conta, tornando o processo mais leve.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

EPÍGRAFE

*“Não fui eu que ordenei a você? Seja forte e corajoso!
Não se apavore, nem desanime, pois o Senhor o seu Deus,
estará com você por onde você andar.”*

Josué 1:9

RESUMO GERAL

O uso da farinha de insetos como alternativa das fontes tradicionalmente conhecidas para o fornecimento de proteína, tem obtido resultados positivos sobre a produção de suínos. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a inclusão de farinha de larva de insetos (*Tenebrio molitor*) sobre a digestibilidade total aparente de matéria seca (MS), energia bruta (EB), extrato etéreo (EE), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro e ácido (FDN e FDA) e as digestibilidades aparente e ileal estandardizada dos aminoácidos (Exp.1) e avaliar a inclusão de farinha de inseto com e sem a suplementação de ferro e manganês sobre o desempenho produtivo e concentração sérica de hemoglobina com coleta de sangue de todos os animais no início (dia zero), no 14º e 32º dias de experimento (Exp.2). No exp. 1, foram utilizados 12 leitões machos castrados, com idade média de 45 dias de idade e peso vivo inicial de 14,58 kg $\pm$ 1,23 (Exp.1) distribuídos em delineamento de blocos casualizados (por peso) com dois tratamentos (dieta isenta de nitrogênio – NF à base de amido e dieta teste com farinha de inseto), seis repetições e um animal por unidade experimental. A dieta NF foi utilizada para determinar as perdas endógenas de aminoácidos e a dieta teste continha 30% do ingrediente como única fonte de aminoácidos e proteína. Foi utilizado 0,5% de dióxido de titânio nas dietas como marcador indigestível. No segundo experimento (Exp.2), foram utilizados 32 leitões (machos castrados e fêmeas), com idade média de 21 dias de idade e peso médio inicial de 7,878 $\pm$ 0,974 (Exp.2) para avaliação da farinha de insetos em substituição ao farelo de soja, com quatro tratamentos, oito repetições e três animais por unidade experimental, a saber: DB – Dieta basal à base de milho e farelo de soja; FI – DB com inclusão de 6% de farinha de inseto na dieta; FIFe - DB com inclusão de 6% de farinha de inseto enriquecida com ferro na dieta; FIMn – DB com inclusão de 6% de farinha de inseto enriquecida com manganês na dieta. Os valores de digestibilidade ileal estandardizada dos aminoácidos e da proteína bruta se mostraram similares aos encontrados para o farelo de soja (Exp. 1) e não houve diferença de desempenho para nenhuma das variáveis analisadas ($P>0,05$) em nenhum dos períodos ($P>0,05$). Para os valores de hemoglobina sérica, não houve interação ($P>0,05$) entre os tratamentos utilizados e os dias de coleta, entretanto, os valores de hemoglobina aumentaram ($P<0,05$) em cada momento de coleta. Conclui-se, portanto, que a farinha de insetos para suínos pode ser considerada um alimento alternativo ao farelo de soja, como fonte de proteína e aminoácidos na nutrição de leitões recém-desmamados devido seu excelente valor nutricional, em função da sua alta digestibilidade dos aminoácidos e do alto valor de energia metabolizável, sem interferir no desempenho dos animais.

Palavras-chave: desempenho; digestibilidade; fonte de proteína; suínos.

ABSTRACT

The use of insect meal as an alternative to the traditional sources of protein has produced positive results in pig production. The aim of this study was to evaluate the inclusion of insect larvae meal (*Tenebrio molitor*) on the apparent total digestibility of dry matter (DM), gross energy (BE), ether extract (EE), crude protein (CP), neutral and acid detergent fiber (NDF and FDA) and the apparent and standardized ileal digestibility of amino acids (Exp.1) and to evaluate the inclusion of insect meal with and without iron and manganese supplementation on production performance and serum hemoglobin concentration by collecting blood from all animals at the beginning (day zero), on the 14th and 32nd days of the experiment (Exp.2). In Exp. 1, twelve castrated male piglets were used, with an average age of 45 days and an initial live weight of 14.58 kg+ 1.23 (Exp.1) distributed in a randomized block design (by weight) with two treatments (nitrogen-free diet - NF based on starch and test diet with insect meal), six repetitions and one animal per experimental unit. The NF diet was used to determine endogenous amino acid losses and the test diet contained 30% of the ingredient as the only source of amino acids and protein. Was used 0.5% titanium dioxide in the diets as an indigestible marker. In the second experiment (Exp.2), 32 piglets (castrated males and females) with an average age of 21 days and an average initial weight of 7.878+0.974 (Exp.2) were used to evaluate insect meal as a substitute to the soybean meal, with four treatments, eight replications and three animals per experimental unit: DB - corn-soybean meal basal diet; FI - DB with the inclusion of 6% insect meal; FIFe - DB with the inclusion of 6% insect meal enriched with iron; FIMn - DB with the inclusion of 6% insect meal enriched with manganese. The standardized ileal digestibility values for amino acids and crude protein were similar to those found for soybean meal (Exp. 1) and there was no difference in performance for any of the variables analyzed ($P>0.05$) in any of the periods ($P>0.05$). For serum hemoglobin values, there was no interaction ($P>0.05$) between the treatments used and the collection days, however, hemoglobin values increased ($P<0.05$) at each collection time. It can therefore be concluded that insect meal for pigs can be considered an alternative ingredient to soybean meal, as a source of protein and amino acids in the nutrition of weaned piglets due to its excellent nutritional value, as a result of its high digestibility of amino acids and high metabolizable energy value, without interfering in growth performance.

Keywords: performance; digestibility; protein source; pigs.

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

Tabela 1. Composição analisada de nutrientes do amido e da farinha de larvas de insetos (ingrediente teste) na matéria natural.....	35
Tabela 2. Composição de ingredientes e valores nutricionais analisados das dietas experimentais (matéria natural).....	36
Tabela 3. Composição percentual das dietas experimentais (Exp. 2).....	39
Tabela 4. Valores nutricionais calculados das dietas experimentais (Exp.2).....	39
Tabela 5. Valores de coeficiente de digestibilidade ileal aparente (DIA) e digestibilidade ileal standardizada (DIE) da proteína bruta e dos aminoácidos (%) da farinha de inseto fornecida para leitões na fase de creche.....	41
Tabela 6. Valores de digestibilidade total aparente da MS, PB e valores energia digestível e metabolizável da farinha de inseto para leitões na fase de creche (método de coleta total).....	42
Tabela 7. Médias de peso final em cada fase, consumo diário de ração (CDR), ganho diário de peso (GDP) e conversão alimentar (CA) dos leitões durante o período experimental (32 dias).....	42
Tabela 8. Médias dos valores de hemoglobina dos leitões nos três momentos de coleta.....	43

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

AA	Aminoácidos
CA	Conversão alimentar
CDR	Consumo diário de ração
CEUA	Comissão de Ética no Uso de Animais
Cm	Centímetros
DB	Dieta basal
EB	Energia bruta
EE	Extrato etéreo
EM	Energia metabolizável
FDA	Fibra em detergente ácido
FDN	Fibra em detergente neutro
Fe ₂ O ₃	Óxido férrico
FI	Farinha de insetos
FI – DB	Dieta basal com inclusão de farinha de insetos
FIFe – DB	Dieta basal com inclusão de farinha de insetos + ferro
FIMn – DB	Dieta basal com inclusão de farinha de insetos + manganês
FMVZ	Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia
GDP	Ganho diário de peso
g/dL	Grama por decilitro
g/100g	Grama a cada 100 gramas
HCl	Ácido clorídrico
HCN	Ácido cianídrico
Kg	Quilos
kcal/g	Quilocalorias por grama
kcal/kg	Quilocalorias por quilo
mm	Milímetros
MS	Matéria seca
NF	Nitrogênio Free
NH ₃	Gás amoníaco
NRC	National Research Council
PB	Proteína bruta

PNA	Pentosanas
PV	Peso vivo
P>	Significância
SP	São Paulo
TiO ₂	Dióxido de titânio
µg/g	Micrograma por grama
X	Veze
W	Watts
%	Porcentagem
°	Graus
°C	Graus Celsius

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1.....	1
Considerações Iniciais.....	2
1. Revisão de Literatura.....	4
1.1 Desmame precoce.....	4
1.2 Farelo de soja na dieta de leitões.....	5
1.3 Aproveitamento e digestibilidade dos nutrientes em leitões.....	6
1.4 Alimentos alternativos utilizados na nutrição de suínos.....	8
1.5 Farinha de insetos na nutrição animal.....	10
1.6 Digestibilidade e desempenho dos animais utilizando farinha de insetos.....	12
1.7 Ferro e Manganês como fontes de minerais na dieta.....	14
Referências.....	16
 CAPÍTULO 2. “Farinha de inseto (<i>Tenebrio molitor</i>) possui alta digestibilidade dos nutrientes para leitões recém-desmamados”	30
Resumo.....	32
1. Introdução.....	33
2. Materiais e Métodos.....	34
2.1 Experimento 1 – Digestibilidade.....	34
2.1.1 Instalação, animais e dietas experimentais.....	34
2.1.2 Coleta de amostras.....	35
2.1.3 Análises químicas.....	37
2.1.4 Cálculos de digestibilidade.....	37
2.1.5 Análise estatística.....	38
2.2 Experimento 2 – Desempenho.....	38
2.2.1 Instalação, animais e dietas experimentais.....	38

2.2.2 Avaliação de desempenho e concentração sérica de hemoglobina.....	40
2.2.3 Análise estatística.....	40
3. Resultados.....	41
3.1 Digestibilidade (Exp. 1).....	41
3.2 Desempenho e hemoglobina sérica (Exp. 2).....	42
4. Discussão.....	43
4.1 Digestibilidade (Exp. 1).....	43
4.2 Desempenho e hemoglobina sérica (Exp. 2).....	44
5. Conclusões.....	46
Referências.....	47
 IMPLICAÇÕES	 51

CAPÍTULO 1
Revisão de literatura

1 **Considerações Iniciais**

2 A fase do desmame é considerada a mais crítica para os leitões, que passam por
3 mudanças estressantes como a separação da mãe, mudança de ambiente, reagrupamento e nova
4 formação social, mudança da dieta que podem levar à queda da imunidade, diminuição do
5 consumo, redução do crescimento e desempenho, e mudanças fisiológicas e funcionais do
6 intestino (Bertol, 2000; Fraser *et al.*, 1995; Xu *et al.*, 2015).

7 Os leitões em fase de desmame apresentam o trato digestório imaturo, onde há baixa
8 produção de ácido clorídrico no estômago e baixa atividade das enzimas pancreáticas e
9 intestinais, interferindo na eficiência para digerir alimentos de origem vegetal, resultando na
10 piora da digestibilidade dos nutrientes, principalmente dos aminoácidos (Quadros *et al.*, 2002).

11 O farelo de soja é a principal fonte de proteína utilizada na ração de suínos por ser rica
12 em lisina, porém, possui vários fatores antinutricionais como os inibidores de tripsina, que
13 dificultam o aproveitamento da dieta (Hancock *et al.*, 1990) e a presença das proteínas
14 antigênicas glicina e β -conglícinina, que causam hipersensibilidade na mucosa intestinal e
15 enterites por *Escherichia coli* (Miller *et al.*, 1984). Esses fatores antinutricionais refletem
16 diretamente na diminuição de digestão e absorção do intestino, interferindo no aproveitamento
17 do alimento, reduzindo a taxa de crescimento e desempenho dos leitões recém-desmamados (Li
18 *et al.*, 1991).

19 Como os gastos com a alimentação dos suínos podem chegar a 80% (Costa Júnior *et al.*,
20 2015), a oscilação de preço dos ingredientes usados na ração animal, como o farelo de trigo,
21 farelo de soja e o milho, impulsiona o uso de ingredientes alternativos (Khan *et al.*, 2016). A
22 busca por novos ingredientes na alimentação animal é crescente, fazendo com que o mercado
23 do milho e da soja perca vantagem no seu uso devido a oscilação constantes dos preços (Giroto
24 *et al.*, 2003) .

25 Por serem animais onívoros, os suínos podem aproveitar várias fontes de alimentos,
26 podendo incluir subprodutos e resíduos do processamento industrial, culturas agrícolas e
27 forragens naturais ou conservadas (Gomes *et al.*, 2008; Rocha *et al.*, 2016). De acordo com
28 Bellaver & Ludke (2004), os alimentos alternativos para suínos, podem ser divididos em:
29 energéticos (raiz da mandioca, caldo de cana); energéticos idênticos ao milho (sorgo, milheto);
30 fornecedores de energia com nível de proteína mais elevado do que o milho (farelo de arroz
31 integral, semente de girassol); fornecedores de proteína (farelo de algodão, farelo de girassol)
32 e fornecedores de proteína com baixa energia (feno da leucena, feno da folha de mandioca).

33 Os insetos têm sido considerados alimentos alternativos para alimentação humana e
34 animal (Fao, 2017). Com uma estimativa de 9,7 bilhões de habitantes até 2050, haverá aumento

na produção de alimentos e rações, resultando em uma pressão ainda maior sobre o meio ambiente. Os sistemas de produção trarão escassez de recursos naturais, por isso a preocupação em sustentabilidade desses sistemas, afim de produzir alimentos com baixas emissões de gases do efeito estufa, uso eficiente de matérias – primas e redução dos resíduos. Cerca de 33% das terras cultivadas são usadas para produção de ração animal e a alimentação dos animais representa de 40 a 70% dos custos de produção. Já os insetos podem ser criados em terras não produtivas, demandam pouca energia e água para sua produção, não competem por recursos na alimentação humana e são capazes de transformar de forma eficiente resíduos orgânicos de baixa qualidade em biomassa de alto valor nutricional (Nascimento *et al.*, 2020).

Desta forma, a farinha de insetos tem sido bastante atraente para a indústria que visa buscar alternativas sustentáveis como fontes de proteínas e aminoácidos (Van Huis *et al.*, 2013; Van Huis, 2020). A farinha de inseto possui alto valor nutricional, com elevado teor de proteína (50% a 70%) e lipídeos (10% a 50%), além de apresentarem grandes quantidades de potássio, cálcio, ferro, magnésio e selênio, podendo suprir as necessidades requeridas pelos suínos (Lucas *et al.*, 2020; Sosa, 2017).

Na União Europeia, a larva do *Tenebrio molitor* foi aprovada como primeiro inseto comestível, segundo a EFSA – Agência Europeia de Segurança Alimentar, que reconheceu a larva como alimento (Neves, 2021). E devido ao seu baixo teor de umidade, favorece a produção de uma farinha de inseto de alta qualidade (Reis & Dias, 2020). O *Tenebrio molitor* é um besouro da família Tenebrionidae, que possui alto valor nutricional e vem sendo muito utilizado na ração de suínos, devido sua alta digestibilidade dos nutrientes, baixos fatores antinutricionais e um ótimo perfil de aminoácidos, principalmente quando comparado com a farinha de peixe que é muito utilizada nas rações (Ao *et al.*, 2020; Gallo *et al.*, 2002).

Alguns trabalhos mostraram que farinha de insetos (*Tenebrio molitor*) pode ser usada como alimento alternativo na dieta de suínos (Jin *et al.*, 2016; Yu *et al.*, 2020), entretanto, pouco se sabe sobre os valores de digestibilidade ileal estandardizada de nutrientes e energia desse ingrediente.

Assim, o objetivo desse trabalho foi o de avaliar a digestibilidade de nutrientes e energia da farinha de larvas de insetos *Tenebrio molitor* e seu uso como fonte proteica em substituição do farelo de soja na dieta de leitões recém-desmamados sobre o desempenho e concentração sérica de hemoglobina.

1. Revisão de literatura

1.1 Desmame Precoce

O processo de desmame natural de um suíno pode levar de 11 a 17 semanas (Widowski *et al.*, 2008). Porém nos sistemas intensivos de produção no Brasil, podemos observar que o desmame ocorre em média de 21 a 28 dias de idade, na intenção de aumentar o número de leitões/porca/ano, sendo considerado desmame precoce (Santos, 2020).

Os primeiros dias após o desmame é caracterizado pela diminuição no desempenho dos leitões, pois, além da separação da mãe e mudança da dieta, há mudanças comportamentais, nutricionais, morfológicas e fisiológicas (Mahan, 1991; Martin, 1984). No desmame, suas principais fontes de energia e proteína são modificadas, em que a energia do leite e da lactose passam a ser fornecidas pelo amido e óleo vegetal, e a proteína da caseína passa a ser fornecida por fontes menos digestíveis (Quadros *et al.*, 2002).

Nas duas primeiras semanas pós desmame, que é considerado o período mais crítico, observa-se queda no consumo de ração e baixa digestibilidade, esse fato se dá devido a adaptação enfrentada pelos leitões, pois, nessa fase o sistema digestório dos leitões ainda é imaturo e está adaptado ao leite da porca e não produz ácido clorídrico e enzimas digestivas suficientes para receber alimentos sólidos, o que pode causar baixo aproveitamento das dietas, levando a deficiência de nutrientes, perda de peso e distúrbios gastrintestinais (Ferreira *et al.*, 1988; Weary *et al.*, 1999).

Mesmo que haja bom consumo de alimentos pelos leitões, a absorção e digestão dos nutrientes é baixa, devido a insuficiência de produção de enzimas digestivas, ácido clorídrico, bicarbonato e muco, além de mudanças na histologia e na bioquímica do intestino delgado, como atrofia das vilosidades e hiperplasia das criptas, reduzindo a capacidade de absorção do intestino (Molly, 2001; Pluske *et al.*, 1997).

Com 21 dias de idade, os leitões apresentam o sistema digestivo em desenvolvimento, nessa fase o nível de lactose diminui gradativamente e aumentam os níveis das demais enzimas digestivas, que com 42 dias de idade chegam ao nível de atividade satisfatório (Lindemann *et al.*, 1986).

A lactose é uma fonte de energia importante para os leitões, devido as baixas reservas de gordura e capacidade de reter calor ao nascerem, a maior parte da glicose absorvida é metabolizada pelo fígado e utilizada como fonte de energia para tecidos como o cérebro e após o desmame, ela tem o mesmo princípio, de fornecer energia para os leitões que perdem parte

da reserva de gordura, devido o baixo consumo de alimentos e o estresse, acelerando o metabolismo e trazendo maior conforto neste período (Bertol *et al.*, 2000; Bird & Hartmann, 1994).

Nas primeiras semanas pós-desmame, dietas contendo leite em pó como fonte de lactose são mais digestíveis e palatáveis quando comparadas a dietas contendo carboidratos e proteínas de origem animal (Teodoro *et al.*, 1998).

A inclusão na ração de altos níveis de soro de leite melhora a conversão alimentar (Hauptli *et al.*, 2005). Sendo assim, para leitões de desmame precoce, é necessário a inclusão de fontes de carboidratos que estão mais aptos a ingerir, sendo a lactose a principal (Vega *et al.*, 1992).

Apesar das mudanças na histologia e morfologia intestinal dos leitões tornarem a digestão comprometida, o fornecimento de dietas contendo lactose e proteínas de origem animal fazem com que esses animais se recuperem rapidamente, devido os processos naturais de maturação e indução de produção de enzimas, reduzindo assim, os prejuízos nutricionais causados pelo desmame precoce (Cline, 1992).

1.2 Farelo de soja na dieta de leitões

O farelo de soja é um ingrediente muito utilizado na alimentação animal devido a sua alta concentração de proteína (44,5% a 48%), níveis elevados de aminoácidos digestíveis como a lisina, treonina e o triptofano e seu alto valor energético (Lima, 1999; Rostagno *et al.*, 2024).

Na dieta dos suínos a soja aparece como principal fonte proteica na forma de farelo de soja. A proteína presente no farelo é altamente digestível, atendendo as exigências de aminoácidos de lisina, triptofano, isoleucina, valina e treonina, porém é deficiente em metionina (Zardo & Lima, 1999).

Entretanto, a soja *in natura* possui alguns fatores antinutricionais que inibem o aproveitamento das proteínas e demais nutrientes pelos animais, são eles: hemaglutininas, as saponinas, as lectinas e os inibidores de tripsina, porém esses fatores são eliminados pelos processamentos térmicos sofridos pela soja (Araba & Dale, 1990).

Além dos fatores antinutricionais, mesmo quando processados corretamente, o farelo de soja, possui fatores alergênicos com frações proteicas (glicinina e β -conglucina), que causam hipersensibilidade nos leitões, afetando a integridade da mucosa intestinal (Grant, 1989). Sohn *et al.* (1994), observaram que o processamento da soja integral permitiu aos leitões desmamados desempenho semelhante em relação aos leitões alimentados com produtos lácteos. Entretanto,

a substituição da proteína láctea pelo farelo de soja ocasionou efeitos negativos no trato digestivo e no desempenho de leitões desmamados (Li *et al.*, 1990).

Abreu (1994), relatou que o aumento da porcentagem de farelo de soja na dieta de leitões, alterou a mucosa intestinal, reduzindo a altura das vilosidades e alterando a relação vilosidade:cripta e que a redução do tamanho das vilosidades causou perda da atividade das enzimas digestivas e redução da área de absorção do intestino, que são importantes para o processo digestivo. Resultado parecido foi encontrado por Cera *et al.* (1988), que encontraram redução na altura das vilosidades e a superfície das vilosidades do jejuno foram modificadas entre o 7º e 14º dia após o desmame.

1.3 Aproveitamento e digestibilidade dos nutrientes em leitões

De acordo com (Rostagno *et al.*, 2024), para leitões de 21 a 35 dias de idade de alto potencial genético e peso de 6,2 a 8,4 kg têm exigência de 3.450 kcal/kg de energia metabolizável, 22,94% de proteína bruta total e lisina digestível de 1,446%.

Segundo Rostagno *et al.* (2007), a energia metabolizável é a melhor opção para se expressar a energia disponível nos alimentos, podendo ser determinada de forma direta e indireta, em que pela forma direta, buscando-se o valor nutricional e energético do alimento por meio de ensaios biológicos. A energia metabolizável (EM) representa a diferença entre a energia bruta (EB) do alimento e a energia bruta (EB) das fezes, urina e dos gases oriundos da digestão e geralmente é expressa como energia metabolizável kcal/g (NRC 2000; NRC, 2006). A determinação da energia metabolizável na dieta é importante para controlar a ingestão de energia e nutrientes para suprir as exigências de manutenção e produção (Trindade Neto *et al.*, 2005).

A ingestão de energia dos suínos em crescimento se dá pelas formulações de rações baseadas na relação lisina:energia, sendo essa combinação o principal fator para atender as exigências de aminoácidos e deposição de proteína (Roth, 2000). A metionina e a lisina, são os dois principais aminoácidos limitantes para suínos (Moita *et al.*, 1996).

As fontes proteicas tem como finalidade fornecer aminoácidos afim de prover o balanceamento correto de nutrientes na ração, atendendo as exigências nutricionais dos suínos em cada fase do ciclo de produção (Fialho & Barbosa, 2008).

No processo de digestão, as proteínas são desdobradas em partículas menores, que dão origem aos aminoácidos e os peptídeos (Lehninger, 2006). Os aminoácidos são utilizados na síntese proteica orgânica e podem ser essenciais e não essenciais, sendo os essenciais aqueles

que não podem ser sintetizados pelo organismo, ou são sintetizados em baixa quantidade e velocidade para atender suas necessidades fisiológicas e de produção e devem ser suplementados na ração dos animais (Bertechini, 1999). Os aminoácidos considerados essenciais para os suínos são: a lisina, metionina, triptofano, valina, arginina, histidina, fenilalanina, leucina, isoleucina e treonina (Vidal *et al.*, 2010).

De acordo com Rostagno *et al.* (2007), a digestibilidade se dá pela diferença entre a quantidade consumida e a excretada pelas fezes; e a disponibilidade dos aminoácidos se dá pela quantidade absorvida pelo animal. A digestibilidade pode ser aparente ou verdadeira, sendo que a aparente não se considera as perdas endógenas (secreções endógenas, contaminação por microrganismos e descamações do epitélio), já a verdadeira descontam-se as perdas endógenas, obtendo a digestibilidade verdadeira dos alimentos (Berchielli *et al.*, 2006).

A disponibilidade e digestibilidade são formas de avaliar a utilização biológica dos mineral pelos animais (Bünzen *et al.*, 2008) Para conhecer a quantidade de aminoácidos presente nos alimentos e a biodisponibilidade para os suínos, pode ser utilizado o método de animais canulados com cânulas T simples para coleta de amostras, ou o método de análise pelo sacrifício dos animais, em que amostras são coletadas no íleo terminal que obtém resultados mais precisos, devido a eliminação dos efeitos da flora microbiana do intestino grosso, obtendo coeficientes de digestibilidade ileal verdadeira e reconhecendo melhor os aminoácidos utilizados pelos suínos (Bellaver, 1989; Laplace, 1986).

Vários trabalhos, não notaram diferença no desempenho de leitões desmamados quando utilizaram valores de energia metabolizável variando de 3.250 e 3.800 kg (Trindade Neto *et al.*, 2005, 2009). Avaliando a exigência de lisina digestível entre 1,06% e 1,46% para leitões desmamados, Nunes *et al.* (2008) identificaram que o maior nível de lisina proporcionou melhores resultados de desempenho.

Zangeronimo *et al.* (2007), avaliaram o desempenho de leitões com peso entre 9 e 25 quilos, utilizando diferentes níveis de lisina digestível (0,7%, 0,9%, 1,1% e 1,3%) com ração a base de milho, soja e leite em pó modificado e concluíram que utilizando 1,05% de lisina digestível nas dietas proporcionou melhor desempenho nos leitões.

1.4 Alimentos alternativos utilizados na nutrição de suínos

Os principais ingredientes utilizados na ração de suínos são o milho e o farelo de soja, porém, com constante oscilação dos preços desses ingredientes no mercado. Assim, se faz necessário o conhecimento de alimentos alternativos para inclusão na dieta dos suínos,

conhecendo seu real valor nutricional, tornam-se aliados positivos para o fornecimento de fonte de energia e proteína na ração (Bastos *et al.*, 2002).

Os alimentos alternativos são aqueles que, estão disponíveis em uma determinada região, tem boa aceitabilidade, possuam um bom perfil nutricional, possuem um baixo preço comparado com os ingredientes tradicionais e que não prejudique a saúde, bem estar e a produção animal (Santos, 2017).

Alguns produtores ainda tem receio sobre a introdução de novos alimentos na produção animal, devido à falta de informações e por esses ingredientes possuírem fatores limitantes e antinutricionais, podendo trazer danos à saúde dos animais, sendo assim, no Brasil seu uso ainda é baixo e limitado (Macie *et al.*, 2017).

O uso de alimentos não tradicionais é uma alternativa para reduzir o custo com a dieta, porém, deve-se atentar à composição nutricional desses alimentos, para que atenda as exigências nutricionais dos animais e não haja um desbalanceamento da dieta podendo acarretar em distúrbios nutricionais (Valentim *et al.*, 2021).

O sorgo é utilizado na dieta de suínos como substituto do milho, parcialmente ou totalmente, possuindo em torno de 8% à 9% de proteína bruta (Ribeiro *et al.*, 2010). Tem como fator limitante o teor de tanino, composto fenólico que se complexa com as proteínas, afetando a digestibilidade e a palatabilidade (Magalhães & Durães, 2003).

A mandioca é utilizada na nutrição de suínos em substituição ao milho por possuir alto teor de carboidratos e ser rica em energia, resultando em alta digestibilidade, porém é pobre em proteína e possui o ácido cianídrico (HCN), fatores limitantes responsáveis por ter que introduzir fonte proteica na dieta e causar intoxicações, respectivamente (Carvalho, 1986; Fialho, 2009).

Para utilização do trigo na alimentação animal são utilizados os grãos de baixa qualidade ou subprodutos do processamento industrial, em que o preço e a composição nutricional fazem deste ingrediente atrativo (Zardo & Lima, 1999). Dentre os fatores antinutricionais presentes no farelo de trigo, estão as pentosanas (PNA) e inibidores de tripsina e quimotripsina, que afetam o desempenho dos animais pelo baixo aproveitamento dos nutrientes da ração (Ribeiro *et al.*, 2010).

De acordo com Bellaver & Ludke (2004), em substituição ao farelo de soja que é o principal ingrediente proteico utilizado nas dietas animais, podem ser usados: farelo de algodão, de amendoim, de girassol, de canola; leveduras de destilarias, farinhas de carne e ossos, de carne, de peixes, de penas hidrolisadas, de vísceras, de sangue.

O farelo de algodão é um dos ingredientes utilizados como alternativa de fonte proteica na dieta de suínos, porém, possui altos teores de fibra, fornecendo baixa energia digestível para os monogástricos (Chiba, 2000; Tanksley Jr., 1992). Outros fatores antinutricionais são o gossipol, composto polifenólico, que pode causar queda no desempenho e problemas de reprodução (Blanco, 2008).

O farelo de girassol é um alimento alternativo em substituição ao farelo de soja na nutrição de suínos, devido à alta quantidade de proteína presente, podendo variar de 20% a 53% (Hegedus & Fekete, 1994; Minardi, 1969). Entretanto, o principal fator limitante no uso do farelo de girassol para suínos é o seu alto teor de fibra, que prejudica diretamente a quantidade de energia digestível, fazendo com que seja necessário utilizar mais óleo na ração para não faltar energia e isso acarreta em elevação no custo de produção (Kennelly & Aherne, 1980; Silva *et al.*, 2002).

Segundo o (NRC, 2012) o farelo de amendoim é um bom alimento proteico para suínos, composto por 45,03% de proteína bruta e 1,09% de lisina digestível. Entretanto apresenta alguns fatores antinutricionais como os inibidores de tripsina, os goitrogênios e as saponinas (Young *et al.*, 1991).

As leveduras são ricas em lisina, sendo considerado boa alternativa proteica (Carvalho *et al.*, 2015). Araújo *et al.* (2006) adicionaram levedura desidratada na dieta de suínos na fase inicial com níveis crescentes (0, 5%, 10%, 15%) e observaram que não houve prejuízo ao desempenho e nem a morfologia intestinal.

Dessa forma, a utilização de alimentos alternativos para suínos são bons substitutos para os ingredientes tradicionais como o farelo de soja e trará redução nos custos de produção, porém, ainda há dificuldades em seu uso devido à falta de informações sobre a composição nutricional, os fatores antinutricionais presentes e a sazonalidade dos ingredientes (Carvalho *et al.*, 2015).

A farinha de peixe possui alta digestibilidade, alto teor de aminoácidos, vitaminas e minerais, porém, sua qualidade depende da espécie de peixe, frescura e processamento da farinha (Kim & Easter, 2001; Mason & Weidner, 1964). A farinha de peixes provinda dos resíduos das indústrias de conservas apresenta baixo teor proteico e excesso de minerais, que reduzem seu valor nutricional (Sampaio *et al.*, 2008). A farinha de peixes com 54% de proteína bruta possui 2,57% de lisina digestível para suínos e 41,7% de proteína digestível, enquanto a farinha de peixes com 62% de proteína bruta possui 4,09% de lisina digestível e 55,6% de proteína digestível, destacando o alto teor de aminoácidos como lisina, arginina, leucina e valina (Rostagno *et al.*, 2024).

A farinha de vísceras é um subproduto da indústria do abate de aves, considerada um alimento alternativo ao farelo de soja em rações para monogástricos devido seu alto valor proteico (Pereira, 1993; Tucci *et al.*, 2003). Pozza *et al.* (2005; 2008) utilizando cinco farinhas de vísceras na dieta de suínos em crescimento, verificaram valores de 63,40 a 74,01% no coeficiente de digestibilidade ileal aparente da lisina e de 64,38 a 74,88% no coeficiente de digestibilidade ileal verdadeiro, com valores de proteína bruta entre 52,77 e 62,47% e de energia digestível entre 3.281 a 4.567 kcal/kg.

1.5 Farinha de insetos na nutrição animal

A criação de insetos tem sido atrativa, pois, não necessita de grandes áreas de terra para serem implementadas, tem baixo consumo de água e recursos alimentares, já que se alimentam de subprodutos do campo e da indústria, transformando resíduos poluentes em alimentos de alto valor nutricional, sendo considerada uma criação sustentável trazendo benefícios econômicos e ambientais (Sánchez-Muros *et al.*, 2014).

Existem cerca de 80 milhões de espécies de insetos mundialmente, em que seus perfis de aminoácidos e estágios de desenvolvimento são diferentes e dentro destas, cerca de 1.900 insetos são utilizados na alimentação humana e animal (Van Huis *et al.*, 2013). Seguindo a ordem de maior consumo temos os besouros (31%), lagartas (18%), abelhas, vespas e formigas (14%), gafanhotos e grilos (13%), cigarras, cigarrinhas, bichos-folha e insetos verdadeiros (10%), cupins (3%), libélulas (3%) e moscas (2%) (Vilella, 2018).

Segundo a FAO/WUR (2013), a produção de insetos para alimentação humana e animal é altamente sustentável, pois, emitem menos gases do efeito estufa, possuem rápida reprodução, convertem resíduos orgânicos em proteína de qualidade e não necessitam de grande consumo de água, alimentos, terra e energia para sua criação.

Os insetos são uma opção alternativa e sustentável como fonte de proteína na produção animal (Veldkamp *et al.*, 2012). A concentração de proteína presente nesses insetos pode variar de 46% a 65%, sendo superior aos teores encontrados em feijões (23,5%), lentilhas (26,7%) e na soja (41,1%) (Ramos-Elorduy *et al.*, 2002).

Ao contrário da criação convencional de animais de produção, como frangos, bovinos e suínos que demora meses e anos para atingirem o crescimento e maturidade desejada, os insetos os atingem em dias, produzindo milhares de descendentes em menos tempo, sendo de 12 a 15 vezes mais eficientes em escala de produção (Grassi, 2014; Gravel & Doyen, 2020).

As espécies de insetos comestíveis são divididos em 80% nas ordens Coleoptera (besouros), Hymenoptera (formigas e abelhas), Orthoptera (gafanhotos e grilos) e Lepidoptera (lagartas) e os outros 20% ficam as ordens Hemiptera (cigarras e pulgões), Isoptera (cupins) e Diptera (moscas) (LaValette, 2013). Dentro delas, a Lepidoptera, Coleoptera e Diptera são mais consumidas na fase larval, enquanto as demais na fase adulta (Yi *et al.*, 2013). Destacando que a fase larval da *Hermetia illucens* pode apresentar melhor perfil nutricional que a fase adulta (Danieli *et al.*, 2019).

As farinhas de insetos, no geral, como fonte de proteína possuem composição de aminoácidos essenciais adequados, podendo ser igual ou superior ao do farelo de soja, podendo ser uma fonte sustentável e de qualidade, porém, em relação a histidina, lisina e triptofano, são mais baixas que as presentes na farinha de peixe e no farelo de soja (Sánchez-Muros *et al.*, 2014). Além de fornecer proteínas, fornece boa quantidade de lipídios, variando de espécie e estágio de desenvolvimento, sendo que os grilos podem chegar a fornecer 13% de lipídios e os besouros 50% (Makkar *et al.*, 2014; Ramos-Elorduy *et al.*, 1997; Rumpold *et al.*, 2015).

O *Tenebrio molitor* é um besouro pertencente à ordem Coleoptera e à família Tenebrionidae (Gallo *et al.*, 2002). Possui metamorfose completa com 4 fases: ovo, larva, pupa e adulto (besouro) e seu ciclo de vida completo se dá de 6 a 12 meses (Ramos-Elorduy *et al.*, 2002; Triplehorn & Johnson, 2011). O *Tenebrio molitor* pode ser alimentado com arroz, farelo de trigo, soja, amendoim, folhas de legumes e cascas de frutas (Li *et al.*, 2013).

Comprando-se diferentes ingredientes potencialmente usados na dieta de aves e suínos, a farinha de *Tenebrio molitor* apresentou 52,8% proteína bruta (PB) e 36,1% extrato etéreo (EE), enquanto a farinha integral de peixes apresentou 67,80% PB e 10,3% EE e o farelo de soja 45,85% PB e 1,40% EE, concluindo que a farinha de insetos é rica em lipídeos e considerada um ingrediente concentrado proteico (Makkar *et al.*, 2014), concluindo que a farinha de insetos é rica em lipídeos e considerada um ingrediente de alto concentrado proteico.

O ciclo de vida do *Tenebrio molitor* pode variar de 280 a 630 dias, sendo as fases: ovos, larva, pupa e besouro adulto (Finke, 2002). A fêmea pode ovopositar em média 500 ovos por vez e as larvas eclodem após 10 a 12 dias com cerca de 3 mm de comprimento. A larva adulta possui cerca de 2 cm a 3,5 cm de comprimento e peso de 130 a 160 mg, sendo que o período larval pode durar em torno de 3 a 4 meses. A fase de pupa dura em média de 7 a 9 dias e 1,2 a 1,8 cm de comprimento. O adulto vive cerca de 3 a 4 meses (Makkar *et al.*, 2014; Siemianowska *et al.*, 2013).

O *Tenebrio molitor* é criado em bandejas plásticas cobertas com telas para evitar fugas e manter a ventilação. A dieta é composta por levedo de cerveja (5%), farelo de trigo (60%),

aveia (25%), trigo integral (10%) e rodela de mandioca para manter a umidade do substrato. A cada 30 dias os animais já em fase adulta de besouro são retirados da caixa antiga e inseridos em uma nova caixa para produzirem novos ovos. As larvas ao atingirem a fase desejada, 80% são retiradas para o abate e 20% para repor o plantel da criação. As larvas são submetidas a uma estufa de circulação forçada à 60°C por 24 horas para secagem das mesmas. Após a secagem, são processadas em liquidificador e transformadas em farinha (Morais, 2015).

A composição da farinha proteica a base de *Tenebrio molitor* segundo Costa Neto (2011), possui teor de umidade de 4,20%, cinzas 4,45%, proteínas 54,35%, lipídios 30,66% e fibras de 6,20%. Já Moraes (2015) encontrou os valores de umidade 5,82%, cinzas 2,66%, proteínas 46,08%, lipídios 35,18% e fibras 6,02%, concluindo que esses valores podem ser variáveis de acordo com o tipo de alimento fornecido para as larvas e o processamento realizado para obtenção da farinha. No entanto, o teor de gordura presente nos insetos é bastante variável entre as espécies e fases de desenvolvimento, podendo variar de 7 a 77% na matéria seca (MS), sendo necessário o conhecimento do inseto utilizado para que a quantidade de extrato etéreo presente não se torne fator limitante na produção da farinha e inclusão na dieta (Ramos-Elorduy *et al.*, 1997).

1.6 Digestibilidade e desempenho dos animais utilizando farinha de insetos

A quantidade de proteína presente entre os insetos mais utilizados varia entre 46% a 65% (Ramos-Elorduy *et al.*, 2002), porém a quantidade de aminoácidos muda de um para o outro, em que a maior quantidade de aminoácido total foi encontrada na farinha de barata de Madagascar (*Gromphadorhina portentosa*) e a maior quantidade de aminoácidos essenciais na farinha de tenébrio gigante (*Zophobas morio*) (Oliveira, 2018). Para a escolha do inseto a se utilizar, deve-se levar em consideração a digestibilidade da proteína, ligada diretamente a quantidade de aminoácidos presentes, seguido da espécie a trabalhar e o estágio fisiológico do animal que irá receber essa farinha (Reis & Dias, 2020).

Trabalhos realizados por Jin *et al.*, (2016) mostraram efeitos positivos para os leitões que foram suplementados com 6% de farinha de larva de inseto *Tenebrio molitor*, pois não tiveram seu desempenho e a resposta imunológica afetadas. Já Yoo *et al.* (2019) mostraram efeitos positivos no desempenho e digestibilidade em suínos em crescimento quando alimentados com 10% de farinha de *Tenebrio molitor* na dieta.

O uso de farinha de larvas de *Hermetia illucens* para leitões desmamados melhorou a resposta imunológica dos parâmetros bioquímicos séricos e aumentou o peso corporal e dos órgãos em relação aos animais que receberam farinha de peixe (Yu *et al.*, 2020).

A inclusão de farinha de larvas de *Hermetia illucens* na dieta de suínos em crescimento apresenta digestibilidade de aminoácidos similar ao fornecido pela proteína bruta do farelo de soja, além de fornecer quantidade de lisina semelhante ao farelo de soja e maior que farinhas de origem animal para a maioria dos aminoácidos essenciais, demonstrando que a inclusão dessa farinha é uma alternativa proteica viável para inclusão na dieta de suínos (Crosbie *et al.*, 2020; Newton *et al.*, 1977).

Sprangers *et al.* (2018) avaliando os efeitos antimicrobianos da farinha de pré – pupas de *Hermetia illucens* integral (4% e 8%) e desengordurada (5,4%) na dieta de leitões desmamados, não relataram efeitos adversos sobre o desempenho e houve redução na diarreia, devido a redução dos estreptococos no intestino dos leitões alimentados com as dietas contendo *Hermetia illucens*, ressaltando seu efeito antimicrobiano na dieta.

Tan *et al.* (2020) testando dois tipos de farinha de mosca na dieta de suínos em crescimento, observaram que a digestibilidade de todos os aminoácidos para farinha de *Musca domestica* foi superior ao da farinha de *Hermetia illucens*.

Biasato *et al.* (2019) e Sprangers *et al.* (2018) trabalhando com a inclusão de farinha de *Hermetia illucens* (4%, 5,4%, 8% e 0%, 5%, 10%, respectivamente) em substituição ao farelo de soja e não observaram efeitos sobre a digestibilidade da dieta e desempenho dos animais. Neumann *et al.* (2018) substituíram farelo de soja por farinha de larvas de mosca soldado (*Hermetia illucens*) e não encontraram diferença nos parâmetros de crescimento e na digestibilidade dos leitões.

Dankwa *et al.* (2000) substituindo a farinha de peixes por farinha de larvas de mosca doméstica (*Musca domestica*), não encontraram diferença no crescimento dos animais. Ji *et al.* (2016), não encontraram diferenças no desempenho e na digestibilidade ileal aparente dos aminoácidos em leitões alimentados com farinha de *Musca domestica*.

Sendo assim, é possível substituir parcialmente as fontes de proteína com farinha de insetos, sem que traga efeitos negativos sobre o desempenho e padrões sanguíneos dos suínos em crescimento (Chia *et al.*, 2019).

1.7 Ferro e Manganês como fontes de minerais na dieta

O ferro está entre os minerais essenciais para suínos como elemento vital no desempenho de leitões e sua deficiência interfere negativamente no seu desenvolvimento (Lopes, 1982), tendo como principal função o transporte de oxigênio no sangue que é feito pela hemoglobina (Mateos *et al.*, 2004).

Após o nascimento, os leitões tem alta taxa de crescimento, o que faz com que a exigência de ferro seja grande, pois recebem em baixa quantidade pela placenta e pelo leite materno e em sistema de confinamento, não conseguem retirar a quantidade necessária para suprir suas exigências do ambiente (Allen, 2005).

No desmame, parte dos leitões tem anemia devido a falhas na aplicação e na dosagem de ferro na maternidade, sendo necessário a suplementação oral para repor o teor de ferro orgânico e favorecer o crescimento na fase de alta síntese metabólica (Cocato *et al.*, 2008).

O aproveitamento de ferro na dieta, varia de acordo com a idade dos animais e quanto mais jovens conseguem assimilar melhor a quantidade de ferro presente, sendo que as fases iniciais e de crescimento dos leitões, são as que mais necessitam de ferro, pois há maior síntese de mioglobina (Bertechini, 2006). Sendo em rações com fontes de ferro de origem animal há melhor absorção do ferro, devido à maior proporção de radicais heme (Morris, 1987).

A hemoglobina é responsável por 90% da proteína presente nas células e é um ótimo indicativo de absorção de ferro, sendo 10g/dL a quantidade adequada de hemoglobina presente no sangue dos leitões e valores igual ou abaixo de 7g/dL indicam quadro anêmico (Davis *et al.*, 1987; Zimmermann, 1980).

Desta forma, suplementação de ferro na dieta torna-se essencial para atingir as exigências de ferro dos animais, já que o ferro participa de várias funções vitais do organismo, como transporte de oxigênio no sangue e músculos e a transferência de elétrons no metabolismo de energia (Linder, 1991). Além de evitar a deficiência (anemia ferropriva), quando a quantidade de ferro disponível não supre as exigências para a formação da hemoglobina, afetando diversas funções devido a redução da oxigenação (Church & Pond, 1982; Mcdowell, 1992).

Já o manganês é considerado importante para o desenvolvimento ósseo e composição de enzimas envolvidas no metabolismo de proteínas, lipídios e carboidratos (Gaudré & Quiniou, 2009). É responsável por ativar a enzima superóxido dismutase, que quebra os radicais livres, reduzindo as substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico auxiliando a prevenir a descoloração nos cortes de carne suína (Furlan & Pozza, 2014).

1 A inclusão dos ingredientes em forma de farelo utilizados nas formulações, pode
2 aumentar o manganês presente na dieta, pois sua concentração é maior na camada exterior dos
3 grãos, porém, nos grãos mais utilizados como o milho, soja, trigo e na farinha de peixes, o
4 manganês é considerado indisponível para os suínos (Baker, 2001; Suttle, 2010). Devido sua
5 baixa biodisponibilidade nos alimentos, o manganês possui baixa absorção e alta excreção nas
6 fezes (Furlan & Pozza, 2014; Leeson & Summers, 2001).

7 Alguns estudos mostraram que a suplementação de manganês para leitões pode
8 melhorar o desempenho produtivo incluindo 8mg Mn (Kerkaert *et al.*, 2021) ou 16mg Mn/kg
9 de dieta (Pallauf *et al.*, 2012).

10 Níveis muito altos de manganês na dieta podem causar redução no consumo de ração,
11 ganho de peso e dificuldade de locomoção e quando em deficiência, há aumento da deposição
12 de gordura na carne (Furlan & Pozza, 2014; Sobestiansky *et al.*, 2012) sendo o ideal 4,11mg/Kg
13 de ração (NRC, 2012).

14 Desta maneira, objetivo desse trabalho foi avaliar a inclusão de farinha de larva de
15 insetos (*Tenebrio molitor*) sobre a digestibilidade total aparente de matéria seca (MS), energia
16 bruta (EB), extrato etéreo (EE), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro e ácido (FDN
17 e FDA) e as digestibilidades aparente e ileal standardizada dos aminoácidos (Exp.1) e avaliar
18 a inclusão de farinha de inseto com e sem a suplementação de ferro e manganês sobre o
19 desempenho produtivo e concentração sérica de hemoglobina com coleta de sangue dos todos
20 os animais no início (dia zero), no 14º e 32º dias de experimento (Exp.2).

21 No Capítulo 2 encontra-se o trabalho intitulado: “Uso de farinha de insetos na
22 alimentação de leitões desmamados fornece fonte de aminoácidos e alta digestibilidade, o qual
23 foi redigido segundo as normas **Livestock Science**.

Referências Bibliográficas

- 1 ABREU, M. L. T. **Efeito da proteína do farelo de soja sobre o desempenho e ocorrência de**
- 2 **alterações digestivas em leitões desmamados aos 21 dias de idade.** 1994. 1994.
- 3 ALLEN, L. H. Multiple micronutrients in pregnancy and lactation: an overview. **The American**
- 4 **Journal of Clinical Nutrition**, v. 81, n. 5, p. 1206S-1212S, maio 2005. Disponível em:
- 5 <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0002916523282106>>.
- 6 AO, X.; YOO, J. S.; WU, Z. L.; KIM, I. H. Can dried mealworm (*Tenebrio molitor*) larvae
- 7 replace fish meal in weaned pigs? **Livestock Science**, v. 239, p. 104103, set. 2020. Disponível
- 8 em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1871141319317445>>.
- 9 ARABA, M.; DALE, N. M. Evaluation of Protein Solubility as an Indicator of Overprocessing
- 10 Soybean Meal. **Poultry Science**, v. 69, n. 1, p. 76–83, jan. 1990. Disponível em:
- 11 <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0032579119326628>>.
- 12 ARAÚJO, L. F.; JUNQUEIRA, O. M.; LOPES, L. E. Utilização de levedura desidratada
- 13 (*Saccharomyces cerevisiae*) para leitões na fase inicial. **Ciência Rural**, v. 36, p. 1576–1581,
- 14 2006.
- 15 BAKER, D. H. Bioavailability of minerals and vitamins. **Swine Nutrition**, p. 357–379, 2001.
- 16 BASTOS, A. O.; LANDELL FILHO, L. de C.; PASSIPIERI, M.; BASTOS, J. F. P. Diferentes
- 17 Níveis de Grão de Milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown) na Alimentação de Suínos.
- 18 **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 4, p. 1753–1760, jul. 2002. Disponível em:
- 19 <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982002000700018&lng=pt&tlng=pt)
- 20 [35982002000700018&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982002000700018&lng=pt&tlng=pt)>.
- 21 BELLAVER C.; LUDKE J. Considerações sobre os alimentos alternativos para dietas de
- 22 suínos. In: In: ENCONTRO INTERNACIONAL DOS NEGÓCIOS DA PECUÁRIA, 2004,
- 23 [...]. 2004.
- 24 BELLAVER, C. **Estimation of amino acid digestibility and its usefulness in swine feed**
- 25 **formulation.** 1989. University of Illinois, 1989.
- 26 BERCHIELLI, T. T.; GARCIA, A. V.; OLIVEIRA, S. G. Principais técnicas de avaliação
- 27 aplicadas em estudos de nutrição. **Nutrição de ruminantes**, p. 397–418, 2006.
- 28 BERTECHINI, A. G. **Nutrição de monogástricos.** 1. ed. [s.l: s.n.]273 p.
- 29 BERTECHINI, A. G. **Nutrição mineral de leitões.** [s.l: s.n.]373 p.
- 30 BERTOL, T. M. **Nutrição e alimentação dos leitões desmamados em programas**
- 31 **convencionais e no desmame precoce.** [s.l: s.n.]44 p.

- BERTOL, T. M.; SANTOS FILHO, J. I. dos; LUDKE, J. V. Níveis de suplementação com lactose na dieta de leitões desmamados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 5, p. 1387–1393, out. 2000. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982000000500017&lng=pt&tlng=pt>.
- BIASATO, I.; RENNA, M.; GAI, F.; DABBOU, S.; MENEGUZ, M.; PERONA, G.; MARTINEZ, S.; LAJUSTICIA, A. C. B.; BERGAGNA, S.; SARDI, L.; CAPUCCHIO, M. T.; BRESSAN, E.; DAMA, A.; SCHIAVONE, A.; GASCO, L. Partially defatted black soldier fly larva meal inclusion in piglet diets: effects on the growth performance, nutrient digestibility, blood profile, gut morphology and histological features. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v. 10, n. 1, p. 12, 19 dez. 2019. Disponível em: <<https://jasbsci.biomedcentral.com/articles/10.1186/s40104-019-0325-x>>.
- BIR, P. H.; HARTMANN, P. E. The response in the blood of piglets to oral doses of galactose and glucose and intravenous administration of galactose. **British Journal of Nutrition**, v. 71, n. 4, p. 553–561, 9 abr. 1994. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/product/identifier/S0007114594000619/type/journal_article>.
- BLANCO, B. S. Gossipol e fatores antinutricionais da soja. In: **Toxicologia Aplicada à Medicina Veterinária**. [s.l.: s.n.]p. 531–545.
- BÜNZEN, S.; ROSTAGNO, H. S.; LOPES, D. C.; HASHIMOTO, F. A. M.; GOMES, P. C.; APOLÔNIO, L. R. Digestibilidade do fósforo de alimentos de origem vegetal determinada em suínos em crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 7, p. 1236–1242, jul. 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982008000700014&lng=pt&tlng=pt>.
- CARVALHO, P. L. O.; PASQUETTI, T. J.; PERONDI, D.; CARVALHO, S. T. Alimentos Alternativos para suínos. In: **Alimentos Alternativos para Suínos**. [s.l.: s.n.]p. 280–303.
- CARVALHO, J. L. H. A mandioca: raiz, parte aérea e subprodutos da indústria na alimentação animal. In: **Curso Intensivo Nacional de Mandioca - CNPMF**. [s.l.: s.n.]p. 93.
- CERA, K. R.; MAHAN, D. C.; CROSS, R. F.; REINHART, G. A.; WHITMOYER, R. E. Effect of Age, Weaning and Postweaning Diet on Small Intestinal Growth and Jejunal Morphology in Young Swine. **Journal of Animal Science**, v. 66, n. 2, p. 574, 1988. Disponível em: <<https://academic.oup.com/jas/article/66/2/574-584/4695704>>.
- CHIA; TANGA; OSUGA; ALARU; MWANGI; GITHINJI; SUBRAMANIAN; FIABOE;

- 1 EKESI; VAN LOON; DICKE. Effect of Dietary Replacement of Fishmeal by Insect Meal on
- 2 Growth Performance, Blood Profiles and Economics of Growing Pigs in Kenya. **Animals**, v.
- 3 9, n. 10, p. 705, 20 set. 2019. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2076-2615/9/10/705>>.
- 4 CHIBA, L. I. Protein supplement. *In: Swine Nutrition*. [s.l: s.n.]p. 803–837.
- 5 CHURCH, D. C.; POND, W. G. **Basic animal nutrition and feeding**. [s.l: s.n.]403 p.
- 6 CLINE, T. R. Development of the digestive physiology of baby pigs and the use of
- 7 supplemental enzymes in their diets. **Anais**, p. 149–161, 1992.
- 8 COCATO, M. L.; TRINDADE NETO, M. A. da; BERTO, D. A.; RÉ, M. I.; COLLI, C.
- 9 Biodisponibilidade de ferro em diferentes compostos para leitões desmamados aos 21 dias de
- 10 idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 12, p. 2129–2135, dez. 2008. Disponível em:
- 11 <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982008001200008&lng=pt&tlng=pt)
- 12 [35982008001200008&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982008001200008&lng=pt&tlng=pt)>.
- 13 COSTA JÚNIOR, M. B. da; AROUCA, C. L. C.; MACIEL, M. P.; AIURA, F. S.; FONTES,
- 14 D. de O.; ROSA, B. O.; LIMA, C. de A.; FERNANDES, I. S. Torta da polpa da macaúba para
- 15 suínos em terminação. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 16, n. 2, p. 325–
- 16 336, jun. 2015. Disponível em:
- 17 <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-99402015000200008&lng=pt&tlng=pt)
- 18 [99402015000200008&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-99402015000200008&lng=pt&tlng=pt)>.
- 19 COSTA NETO, E. M. **Antropoentomofagia Insetos na Alimentação Humana**. [s.l: s.n.]
- 20 CROSBIE, M.; ZHU, C.; SHOVELLER, A. K.; HUBER, L.-A. Standardized ileal digestible
- 21 amino acids and net energy contents in full fat and defatted black soldier fly larvae meals
- 22 (*Hermetia illucens*) fed to growing pigs. **Translational Animal Science**, v. 4, n. 3, 1 jul. 2020.
- 23 Disponível em: <<https://academic.oup.com/tas/article/doi/10.1093/tas/txaa104/5864423>>.
- 24 DANIELI; LUSSIANA; GASCO; AMICI; RONCHI. The Effects of Diet Formulation on the
- 25 Yield, Proximate Composition, and Fatty Acid Profile of the Black Soldier Fly (*Hermetia*
- 26 *illucens* L.) Prepupae Intended for Animal Feed. **Animals**, v. 9, n. 4, p. 178, 19 abr. 2019.
- 27 Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2076-2615/9/4/178>>.
- 28 DANKWA, D.; ODDOYE, E. O. K.; MZAMO, K. B. Preliminary studies on the complete
- 29 replacement of fishmeal by house-fly-larvae-meal in weaner pig diets: effects on growth rate,
- 30 carcass characteristics, and some blood constituents. **Ghana Journal of Agriculture Science**,
- 31 v. 33, p. 223–227, 2000.
- 32 DAVIS, G. K.; MERTZ, W. . **Trace elements in human and animal nutrition**. [s.l: s.n.]480
- 33 p.
- 34 FAO/WUR. Edible insects - future prospects for food and feed security. *In: FAO Forestry*

1 **paper.** [s.l: s.n.]p. 171–187.

2 **FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nation.** Disponível em:
3 <<http://www.fao.org/3/a-i6583e.pdf>>. Acesso em: 4 out. 2023.

4 FERREIRA, A. S.; COSTA, P. M. A.; GOMES, J. C. et al. Desaparecimento da ingesta, pH
5 estomacal e duodenal e formação de coágulos de leites de porca e de vaca e de extrato de soja
6 no estômago e intestino delgado de leitões. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 17, p. 308–
7 316, 1988.

8 FIALHO, E. T.; BARBOSA, H. P. **Alimentos alternativos para suínos.** [s.l: s.n.]

9 FIALHO, E. T. **Alimentos alternativos para suínos.** [s.l: s.n.]232 p.

10 FINKE, M. D. Complete nutrient composition of commercially raised invertebrates used as
11 food for insectivores. **Zoo Biology**, v. 21, n. 3, p. 269–285, 27 jan. 2002. Disponível em:
12 <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/zoo.10031>>.

13 FRASER, D.; KRAMER, D. L.; PAJOR, E. A.; WEARY, D. M. Conflict and cooperation:
14 sociobiological principles and the behaviour of pigs. **Applied Animal Behaviour Science**, v.
15 44, n. 2–4, p. 139–157, set. 1995. Disponível em:
16 <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0168159195006105>>.

17 FURLAN, A. C.; POZZA, P. C. Exigências de minerais para suínos. *In: Nutrição de Não*
18 **Ruminantes.** [s.l: s.n.]

19 GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; BATISTA, G. C.;
20 BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIN, J. D.;
21 MARCHINI, L. C.; LOPES, J. R. S.; OMOTO, C. **Entomologia agrícola.** [s.l: s.n.]920 p.

22 GAUDRÉ, D.; QUINIOU, N. What mineral and vitamin levels to recommend in swine diets?
23 **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. spe, p. 190–200, jul. 2009. Disponível em:
24 <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982009001300019&lng=en&tlng=en)
25 [35982009001300019&lng=en&tlng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982009001300019&lng=en&tlng=en)>.

26 GIROTTI, A. F.; GUSTAVO, J. M. M.; BELLAYER, C. Invista em ingredientes alternativos.
27 *In: Revista Escala Rural.* [s.l: s.n.]

28 GOMES, J. D. F.; MARQUES, P. S.; TOSI, M. M.; SOBRAL, P.; FUKUSHIMA, R. S.
29 Desempenho e Características de Carcaça de Suínos Alimentados com Dieta com Feno de
30 Tifton (*Cynodon Dactylon*). **Ciência Animal Brasileira**, v.9, p.59-67, 2008. **Ciência Animal**
31 **Brasileira**, v. 9, p. 59–67, 2008.

32 GRANT, G. Anti-nutritional effects of soyabean: a review. **Progress in food & nutrition**
33 **science**, v. 13, n. 3–4, p. 317–48, 1989. Disponível em:
34 <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2699045>>.

- 1 GRASSI, M. K. **Let's Eat Bugs! A Thought-Provoking Introduction to Edible Insects for**
- 2 **Adventurous Teens and Adults (2nd Edition).** [s.l: s.n.]493 p.
- 3 GRAVEL, A.; DOYEN, A. The use of edible insect proteins in food: Challenges and issues
- 4 related to their functional properties. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v.
- 5 59, p. 102272, jan. 2020. Disponível em:
- 6 <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1466856419313062>>.
- 7 HANCOCK, J. D.; PEO, E. R.; LEWIS, A. J.; CRENSHAW, J. D. Effects of ethanol extraction
- 8 and duration of heat treatment of soybean flakes on the utilization of soybean protein by
- 9 growing rats and pigs. **Journal of Animal Science**, v. 68, n. 10, p. 3233, 1990. Disponível em:
- 10 <<https://academic.oup.com/jas/article/68/10/3233-3243/4705269>>.
- 11 HAUPTLI, L.; LOVATTO, P. A.; SILVA, J. H. S. da; GARCIA, G. G.; BRUM JÚNIOR, B.
- 12 de S.; OLIVEIRA, J. L. S. de. Níveis de soro de leite integral na dieta de leitões na creche.
- 13 **Ciência Rural**, v. 35, n. 5, p. 1161–1165, out. 2005. Disponível em:
- 14 <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782005000500027&lng=pt&tlng=pt)
- 15 [84782005000500027&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782005000500027&lng=pt&tlng=pt)>.
- 16 HEGEDUS, M.; FEKETE, S. Nutritional and animal health aspects of the substitution of
- 17 soyabean meal with sunflower meal. **Magyar – Allatorvosok**, v. 49, p. 597–604, 1994.
- 18 JANTZEN DA SILVA LUCAS, A.; MENEGON DE OLIVEIRA, L.; DA ROCHA, M.;
- 19 PRENTICE, C. Edible insects: An alternative of nutritional, functional and bioactive
- 20 compounds. **Food Chemistry**, v. 311, p. 126022, maio 2020. Disponível em:
- 21 <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S030881461932165X>>.
- 22 JI, Y. J.; LIU, H. N.; KONG, X. F.; BLACHIER, F.; GENG, M. M.; LIU, Y. Y.; YIN, Y. L.
- 23 Use of insect powder as a source of dietary protein in early-weaned piglets1. **Journal of Animal**
- 24 **Science**, v. 94, n. suppl_3, p. 111–116, 1 set. 2016. Disponível em:
- 25 <https://academic.oup.com/jas/article/94/suppl_3/111/4731341>.
- 26 JIN, X. H.; HEO, P. S.; HONG, J. S.; KIM, N. J.; KIM, Y. Y. Supplementation of Dried
- 27 Mealworm (*Tenebrio molitor* larva) on Growth Performance, Nutrient Digestibility and Blood
- 28 Profiles in Weaning Pigs. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 29, n. 7, p.
- 29 979–986, 6 jun. 2016. Disponível em:
- 30 <<http://ajas.info/journal/view.php?doi=10.5713/ajas.15.0535>>.
- 31 KENNELLY, J. J.; AHERNE, F. X. THE EFFECT OF FIBER IN DIETS FORMULATED TO
- 32 CONTAIN DIFFERENT LEVELS OF ENERGY AND PROTEIN ON DIGESTIBILITY
- 33 COEFFICIENTS IN SWINE. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 60, n. 3, p. 717–726,
- 34 1 set. 1980. Disponível em: <<http://www.nrcresearchpress.com/doi/10.4141/cjas80-083>>.

- KERKAERT, H. R.; WOODWORTH, J. C.; DEROUCHÉY, J. M.; DRITZ, S. S.; TOKACH, M. D.; GOODBAND, R. D.; MANZKE, N. E. Determining the effects of manganese source and level on growth performance and carcass characteristics of growing–finishing pigs. **Translational Animal Science**, v. 5, n. 2, 1 abr. 2021. Disponível em: <<https://academic.oup.com/tas/article/doi/10.1093/tas/txab067/6224401>>.
- KHAN, S.; NAZ, S.; SULTAN, A.; ALHIDARY, I. A.; ABDELRAHMAN, M. M.; KHAN, R. U.; KHAN, N. A.; KHAN, M. A.; AHMAD, S. Worm meal: a potential source of alternative protein in poultry feed. **World's Poultry Science Journal**, v. 72, n. 1, p. 93–102, 1 mar. 2016. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1017/S0043933915002627>>.
- KIM, S. W.; EASTER, R. A. Nutritional value of fish meals in the diet for young pigs. **Journal of Animal Science**, v. 79, n. 7, p. 1829, 2001. Disponível em: <<https://academic.oup.com/jas/article/79/7/1829-1839/4683074>>.
- LAPLACE, J. P. Amino acid availability in pig feeding. In: **WORLD CONGRESS OF ANIMAL FEEDING**. [s.l: s.n.].p. 109–128.
- LAVALLETTE, M. **Les insectes: une nouvelle ressource en protéines pour l'alimentation humaine**. 2013. Université de Lorraine, 2013.
- LEESON, S.; SUMMERS, J. D. Nutrition of chicken. In: **Guelph University Books**. [s.l: s.n.].p. 415.
- LEHNINGER, N. D. L. **Princípios de bioquímica**. [s.l: s.n.]
- LI, D. F.; NELSEN, J. L.; REDDY, P. G.; BLECHA, F.; HANCOCK, J. D.; ALLEE, G. L.; GOODBAND, R. D.; KLEMM, R. D. Transient hypersensitivity to soybean meal in the early-weaned pig. **Journal of Animal Science**, v. 68, n. 6, p. 1790, 1990. Disponível em: <<https://academic.oup.com/jas/article/68/6/1790-1799/4704812>>.
- LI, D. F.; NELSEN, J. L.; REDDY, P. G.; BLECHA, F.; KLEMM, R.; GOODBAND, R. D. Interrelationship between hypersensitivity to soybean proteins and growth performance in early-weaned pigs. **Journal of Animal Science**, v. 69, n. 10, p. 4062–4069, 1 out. 1991. Disponível em: <<https://academic.oup.com/jas/article/69/10/4062-4069/4704969>>.
- LI, L.; ZHAO, Z.; LIU, H. Feasibility of feeding yellow mealworm (*Tenebrio molitor* L.) in bioregenerative life support systems as a source of animal protein for humans. **Acta Astronautica**, v. 92, n. 1, p. 103–109, nov. 2013. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0094576512000847>>.
- LIMA, G. J. M. M. Importância e qualidade nutricional da soja e de seus subprodutos no mercado de rações: situação atual e perspectivas futuras. Fórum sobre uso da soja na alimentação animal e qualidade do grão para a indústria. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE

- SOJA., 1999, [...]. 1999.
- LINDEMANN, M. D.; CORNELIUS, S. G.; EL KANDELGY, S. M.; MOSER, R. L.; PETTIGREW, J. E. Effect of Age, Weaning and Diet on Digestive Enzyme Levels in the Piglet. **Journal of Animal Science**, v. 62, n. 5, p. 1298–1307, 1 maio 1986. Disponível em: <<https://academic.oup.com/jas/article/62/5/1298-1307/4658695>>.
- LINDER, M. C. Nutrition and Metabolism of the trace elements. In: *Nutritional Biochemistry and Metabolism with clinical applications*. Elsevier Science Publishing Company, p. 215–276, 1991.
- LOPES, E. L. **Efeito do emprego de terra com diferentes níveis de ferro sobre o desempenho e prevenção de anemia de leitões**. [s.l: s.n.].
- MACIE, V. A.; NASCIMENTO, K. M. R. S.; KIEFER, C.; JULIANO, R. S.; SILVA, L. A. R.; SILVA, T. R.; COPAT, L. L. P.; FREITAS, H. B. **ALIMENTOS ENERGÉTICOS ALTERNATIVOS NA NUTRIÇÃO DE FRANGO DE CORTE TIPO CAIPIRA**. [s.l.] Anais, 2017. 1–7 p.
- MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M. Tanino no grão de Sorgo. In: *Comunicado Técnico*, Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo., 2003, [...]. 2003.
- MAHAN, D. C. Efficacy of initial postweaning diet and supplemental coconut oil or soybean oil for weanling swine. **Journal of Animal Science**, v. 69, n. 4, p. 1397, 1991. Disponível em: <<https://academic.oup.com/jas/article/69/4/1397-1402/4631869>>.
- MAKKAR, H. P. S.; TRAN, G.; HEUZÉ, V.; ANKERS, P. State-of-the-art on use of insects as animal feed. **Animal Feed Science and Technology**, v. 197, p. 1–33, nov. 2014. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0377840114002326>>.
- MARTIN, P. The meaning of weaning. **Animal Behaviour**, v. 32, n. 4, p. 1257–1259, nov. 1984. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0003347284802456>>.
- MASON, V. C.; WEIDNER, K. The effect of heat on the amino acid, fatty acid and Bvitamin composition of fish meal. **Acta Agriculturae Scandinavica**, v. 14, p. 87–95, 1964.
- MATEOS, G. G.; VALENCIA, D. G.; MORENO, E. J. Microminerales em alimentación de monogástricos. In: *Aspectos técnicos y consideraciones legales*. In: curso de especialización, 2004, [...]. 2004. p. 275–323.
- MCDOWELL, L. R. Minerals in animal and human nutrition. In: **San Diego: Academic Press Inc.** [s.l: s.n.]p. 176–202.
- MILLER, B. G.; NEWBY, T. J.; STOKES, C. R.; BOURNE, F. J. Influence of diet on postweaning malabsorption and diarrhoea in the pig. **Research in veterinary science**, v. 36, n. 2, p. 187–93, mar. 1984. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/6371958>>.

- MINARDI, I. **Estudo sobre a composição bromatológica e coeficiente de digestibilidade do farelo e da torta de girassol**. 1969. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1969.
- MOITA, A. M. S.; COSTA, P. M. A.; DONZELE, J. L. Exigências de metionina + cistina, por leitões de 12 a 28 dias de idade. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 25, p. 494–500, 1996.
- MOLLY, K. MOLLY, K. Formulating to solve the intestinal puzzle. **Pig Progress**, v. 17, p. 20–22, 2001.
- MORAIS, M. C. **Desenvolvimento e caracterização físico-química de farinha a base de tenébrio (*Tenebrio molitor* L.)**. 2015. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso, 2015.
- MORRIS, E. R. **Trace elements in human and animal nutrition**. 5. ed. [s.l.: s.n.]480 p.
- NASCIMENTO, A. F.; NATEL, A. S.; CORSINI, F. S.; MADUREIRA, E. R.; COSTA, D. V. Insetos: alimentação sustentável para nutrição animal. In: **Sustentabilidade no agronegócio**. [s.l.: s.n.]p. 159–200.
- NEUMANN, C.; VELTEN, S.; LIEBERT, F. N Balance Studies Emphasize the Superior Protein Quality of Pig Diets at High Inclusion Level of Algae Meal (*Spirulina platensis*) or Insect Meal (*Hermetia illucens*) when Adequate Amino Acid Supplementation Is Ensured. **Animals**, v. 8, n. 10, p. 172, 3 out. 2018. Disponível em: <<http://www.mdpi.com/2076-2615/8/10/172>>.
- NEVES, G. **Larva se torna o primeiro inseto aprovado como comida na União Europeia**. Disponível em: <<https://www.midiamax.com.br/mundo/2021/larva-se-torna-o-primeiro-inseto-aprovado-como-comida-na-uniao-europeia>>. Acesso em: 17 abr. 2024.
- NEWTON, G. L.; BOORAM, C. V.; BARKER, R. W.; HALE, O. M. Dried *Hermetia Illucens* Larvae Meal as a Supplement for Swine. **Journal of Animal Science**, v. 44, n. 3, p. 395–400, 1 mar. 1977. Disponível em: <<https://academic.oup.com/jas/article/44/3/395-400/4698064>>.
- NUNES, C. G. V.; OLIVEIRA, R. F. M. de; DONZELE, J. L.; SIQUEIRA, J. C. de; PEREIRA, A. A.; SILVA, B. A. N. Níveis de lisina digestível para leitões dos 6 aos 15 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 1, p. 84–88, jan. 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982008000100012&lng=pt&tlng=pt>.
- Nutrient Requirements of Beef Cattle**. Washington, D.C.: National Academies Press, 2000.
- Nutrient Requirements of Dogs and Cats**. Washington, D.C.: National Academies Press, 2006.
- Nutrient Requirements of Swine**. Washington, D.C.: National Academies Press, 2012.

- 1 OLIVEIRA, M. R. D. **Perfil e digestibilidade de farinhas de insetos avaliadas com galos**
- 2 **cecectomizados**. 2018. Universidade Federal de Lavras, 2018.
- 3 PALLAUF, J.; KAUER, C.; MOST, E.; HABICHT, S. D.; MOCH, J. Impact of dietary
- 4 manganese concentration on status criteria to determine manganese requirement in piglets.
- 5 **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 96, n. 6, p. 993–1002, 23 dez. 2012.
- 6 Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1439-0396.2011.01213.x>>.
- 7 PEREIRA, L. E. T. **Farinha de vísceras de aves em substituição ao farelo de soja na**
- 8 **alimentação de suínos em crescimento e terminação**. 1993. Universidade Federal de Viçosa,
- 9 1993.
- 10 PLUSKE, J. R.; HAMPSON, D. J.; WILLIAMS, I. H. Factors influencing the structure and
- 11 function of the small intestine in the weaned pig: a review. **Livestock Production Science**, v.
- 12 51, n. 1–3, p. 215–236, nov. 1997. Disponível em:
- 13 <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0301622697000572>>.
- 14 POZZA, P. C.; GOMES, P. C.; DONZELE, J. L.; ROSTAGNO, H. S.; POZZA, M. S. S.;
- 15 RODRIGUEIRO, R. J. B.; NUNES, R. V. Determinação e predição dos valores de energia
- 16 digestível e metabolizável da farinha de vísceras para suínos. **Revista Brasileira Saúde e**
- 17 **Produção Animal**, v. 9, p. 734–742, 2008.
- 18 POZZA, P. C.; GOMES, P. C.; DONZELE, J. L.; ROSTAGNO, H. S.; POZZA, M. S. dos S.;
- 19 LOPES, D. C. Digestibilidades ileal aparente e verdadeira dos aminoácidos de farinhas de
- 20 vísceras para suínos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 6 suppl, p. 2327–2334, dez.
- 21 2005. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982005000700019&lng=pt&tlng=pt)
- 22 [35982005000700019&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982005000700019&lng=pt&tlng=pt)>.
- 23 QUADROS, A. R. B.; KIEFER, C.; HENN, J. D. et al. Dietas simples e complexa sobre o
- 24 desempenho de leitões na fase de creche. **Ciência Rural**, v. 32, p. 109–114, 2002.
- 25 RAMOS-ELORDUY, J.; GONZÁLEZ, E. A.; HERNÁNDEZ, A. R.; PINO, J. M. Use of
- 26 *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) to Recycle Organic Wastes and as Feed for
- 27 Broiler Chickens. **Journal of Economic Entomology**, v. 95, n. 1, p. 214–220, 1 fev. 2002.
- 28 Disponível em: <[https://academic.oup.com/jee/article-lookup/doi/10.1603/0022-0493-](https://academic.oup.com/jee/article-lookup/doi/10.1603/0022-0493-95.1.214)
- 29 [95.1.214](https://academic.oup.com/jee/article-lookup/doi/10.1603/0022-0493-95.1.214)>.
- 30 RAMOS-ELORDUY, J.; MORENO, J. M. P.; PRADO, E. E.; PEREZ, M. A.; OTERO, J. L.;
- 31 DE GUEVARA, O. L. Nutritional Value of Edible Insects from the State of Oaxaca, Mexico.
- 32 **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 10, n. 2, p. 142–157, jun. 1997. Disponível
- 33 em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0889157597905305>>.
- 34 REIS, T. L.; DIAS, A. C. C. FARINHA DE INSETOS NA NUTRIÇÃO DE

- MONOGÁSTRICOS. **Veterinária e Zootecnia**, v. 27, p. 1–16, 6 maio 2020. Disponível em: <<https://rvz.emnuvens.com.br/rvz/article/view/428>>.
- RIBEIRO, A. M. L.; HENN, J. D.; SILVA, G. L. Alimentos alternativos para suínos em crescimento e terminação. **Acta Scientiae Veterinariae**, v. 38, p. 61–71, 2010.
- ROCHA, L. O. da; DE OLIVEIRA, R. M.; HELLMEISTER FILHO, P.; GOMES, N. A.; CARNEIRO, M. D. F.; SILVA, O. M. da; FERNANDES, L. C. Diagnóstico Participativo/Rural aplicado à criação de aves e suínos caipiras em regiões periurbanas no município de Senador Canedo (GO). **Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science**, v. 5, n. 2, p. 135, 12 dez. 2016. Disponível em: <<http://revistas.unievangelica.edu.br/index.php/fronteiras/article/view/2035>>.
- ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T. 2024. **Tabelas brasileiras para aves e suínos**. 5. ed. 531 p.
- ROSTAGNO, H. S.; BÜNZEN, S.; SAKOMURA, N. K.; ALBINO, L. F. T. Avanços metodológicos na avaliação de alimentos e de exigências nutricionais para aves e suínos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. suppl, p. 295–304, jul. 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982007001000027&lng=pt&tlng=pt>.
- ROTH, F. X. Effect of apparent ileal digestible lysine to energy ratio on performance of growing pigs at different dietary metabolizable energy levels. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 83, n. 4–5, p. 181, jun. 2000. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1046/j.1439-0396.2000.00261.x>>.
- RUMPOLD, B. A.; SCHLÜTER, O. K. Insect-based protein sources and their potential for human consumption: Nutritional composition and processing. n. 5 (2):20–4, 2015.
- SAMPAIO, F. G.; HISANO, H.; YAMAKI, R. A.; KLEEMANN, G. K.; PEZZATO, L. E.; BARROS, M. M. Digestibilidade aparente das farinhas de peixe nacional e importada e das farinhas de sangue tostada e spray-dried, pela tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (L.). **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 23, p. 891, 9 maio 2008. Disponível em: <<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAnimSci/article/view/2642>>.
- SÁNCHEZ-MUROS, M.-J.; BARROSO, F. G.; MANZANO-AGUGLIARO, F. Insect meal as renewable source of food for animal feeding: a review. **Journal of Cleaner Production**, v. 65, p. 16–27, fev. 2014. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S095965261300841X>>.
- SANTOS, G. A. **Impacto do tipo de desmame sobre os leitões: revisão de literatura**. 2020. Universidade Federal de Sergipe, 2020. Disponível em:

<<https://ri.ufs.br/jspui/handle/riufs/12765>>.

SANTOS, H. N. **Concentração plasmática de N Ureico e glicose e excreção de ureia em vacas leiteiras alimentadas com farelo de amendoim em substituição ao farelo de soja da dieta.** 2017. Universidade Federal da Paraíba, 2017. Disponível em: <<https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/1600>>.

SIEMIANOWSKA, E.; KOSEWSKA, A.; ALJEWICZ, M.; SKIBNIEWSKA, K. A.; POLAK-JUSZCZAK, L.; JAROCKI, A.; JĘDRAS, M. Larvae of mealworm (<i>Tenebrio molitor</i> L.) as European novel food. **Agricultural Sciences**, v. 04, n. 06, p. 287–291, 2013. Disponível em: <<http://www.scirp.org/journal/doi.aspx?DOI=10.4236/as.2013.46041>>.

SILVA, C. A. da; PINHEIRO, J. W.; FONSECA, N. A. N.; CABRERA, L.; NOVO, V. C. C.; SILVA, M. A. A. da; CANTERI, R. C.; HOSHI, E. H. Farelo de girassol na alimentação de suínos em crescimento e terminação: digestibilidade, desempenho e efeitos na qualidade de carcaça. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 2 suppl, p. 982–990, abr. 2002. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982002000400022&lng=pt&tlng=pt>.

SOBESTIANSKY, J. et al. Intoxicações por minerais, produtos químicos, plantas e gases. *In: Doenças dos Suínos*. [s.l.: s.n.]p. 551–580.

SOHN, K. S.; MAXWELL, C. V.; SOUTHERN, L. L.; BUCHANAN, D. S. Improved soybean protein sources for early-weaned pigs: II. Effects on ileal amino acid digestibility. **Journal of Animal Science**, v. 72, n. 3, p. 631–637, 1 mar. 1994. Disponível em: <<https://academic.oup.com/jas/article/72/3/631-637/4632570>>.

SOSA, D. A. T.; FOGLIANO, V. Potential of Insect-Derived Ingredients for Food Applications. *In: Insect Physiology and Ecology*. [s.l.] InTech, 2017.

SPRANGHERS, T.; MICHIELS, J.; VRANCX, J.; OVYN, A.; EECKHOUT, M.; DE CLERCQ, P.; DE SMET, S. Gut antimicrobial effects and nutritional value of black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) prepupae for weaned piglets. **Animal Feed Science and Technology**, v. 235, p. 33–42, jan. 2018. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0377840117307721>>.

SUTTLE, N. F. **Mineral nutrition of livestock**. [s.l.: s.n.]587 p.

TAN, X.; YANG, H. S.; WANG, M.; YI, Z. F.; JI, F. J.; LI, J. Z.; YIN, Y. L. Amino acid digestibility in housefly and black soldier fly prepupae by growing pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v. 263, p. 114446, maio 2020. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0377840117315936>>.

- TANKSLEY JR., T. D. Cottonseed meal. *In: Nontraditional feed sources for use in swine production*. [s.l: s.n.]p. 139–151.
- TEODORO, M.T.; BERTO, D.A.; PAI, V.D.; PADOVANI, C. R. Desempenho de leitões lactentes e desmamados precocemente, alimentados com dietas farelada ou extrusada seca e úmida. *In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, Anais...* Botucatu: SBZ, 1998, [...]. 1998. p. 91–100.
- TRINDADE NETO, M. A. da; BERTO, D. A.; ALBUQUERQUE, R. de; SCHAMMASS, E. A. Relação lisina digestível e energia metabolizável para leitões em fase pré-inicial de creche. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 7, p. 1291–1300, jul. 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982009000700019&lng=pt&tlng=pt>.
- TRINDADE NETO, M. A. da; MOREIRA, J. A.; BERTO, D. A.; ALBUQUERQUE, R.; SCHAMMASS, E. A. Energia metabolizável e lisina digestível para suínos na fase de crescimento, criados em condições de segregação sanitária. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 6, p. 1980–1989, dez. 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982005000600023&lng=pt&tlng=pt>.
- TRIPLEHORN, C. A.; JOHNSON, N. F. **Estudo dos insetos: tradução da 7ª edição de Borror and Delong's introduction to the study of insects**. [s.l: s.n.]809 p.
- TUCCI, F. M.; LAURENTIZ, A. C.; SANTOS, E. A.; RABELLO, C. B.V.; LONGO, F. A.; SAKOMURA, N. K. Determinação da composição química e dos valores energéticos de alguns alimentos para aves. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 25, p. 85–89, 2003.
- VALENTIM, J. K.; D'ÁVILA LIMA, H. J.; MARQUES BITTENCOURT, T.; MATOS E SILVA, N. E.; DE CASTRO BURBARELLI, M. F.; GARÓFALLO GARCIA, R.; DE CARVALHO PANTOJA, J.; BARBOSA, D. K. Grãos Secos de Destilaria na Alimentação de Frangos de Corte. **Ensaio e Ciência C Biológicas Agrárias e da Saúde**, v. 25, n. 1, p. 44–49, 29 mar. 2021. Disponível em: <<https://seer.pgskroton.com/index.php/ensaioeciencia/article/view/9001>>.
- VAN HUIS, A.; VAN ITTERBEECK, J.; KLUNDER, H.; MERTENS, E.; HALLORAN, A.; MUIR, G.; VANTOMME, P. **Edible Insects. Future Prospects for Food and Feed Security**. [s.l: s.n.]201 p.
- VAN HUIS, A. Insects as food and feed, a new emerging agricultural sector: a review. **Journal of Insects as Food and Feed**, v. 6, n. 1, p. 27–44, 6 fev. 2020. Disponível em: <https://brill.com/view/journals/jiff/6/1/article-p27_27.xml>.

- VEGA, Y. M.; PUCHAL, A. A.; BUDDINGTON, R. K. Intestinal Amino Acid and Monosaccharide Transport in Suckling Pigs Fed Milk Replacers with Different Sources of Carbohydrate. **The Journal of Nutrition**, v. 122, n. 12, p. 2430–2439, dez. 1992. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022316623048186>>.
- VELDKAMP, T.; VAN DUINKERKEN, G.; VAN HUIS, A.; LAKEMON, C. M. M.; OTTEVANGER, E.; BOSCH, G.; VAN BOEKEL, T. **Insects as a Sustainable Feed Ingredient in Pig and Poultry Diets: a Feasibility Study= Insecten als duurzame diervoedergrondstof in varkens-en pluimveevoeders: een haalbaarheidsstudie**. [s.l.: s.n.]
- VIDAL, T. Z. B.; FONTES, D. O.; SILVA, F. C. O.; VASCONCELLOS, C. H. F.; SILVA, M. A.; KILL, J. L.; SOUZA, L. P. O. Efeito da redução da proteína bruta e da suplementação de aminoácidos para suínos machos castrados, dos 70 aos 100kg. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 62, n. 4, p. 914–920, ago. 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-09352010000400022&lng=pt&tlng=pt>.
- VILELLA, L. D. M. **Produção de insetos para uso na alimentação animal**. 2018. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2018.
- WEARY, D. M.; APPLEBY, M. C.; FRASER, D. Responses of piglets to early separation from the sow. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 63, n. 4, p. 289–300, abr. 1999. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0168159199000210>>.
- WIDOWSKI, T. M.; TORREY, S.; BENCH, C. J.; GONYOU, H. W. Development of ingestive behaviour and the relationship to belly nosing in early-weaned piglets. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 110, n. 1–2, p. 109–127, mar. 2008. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0168159107001256>>.
- XU, L.; CAO, Y.; YIN, J.; ZHANG, H.; WANG, C. Research on destructive heating test of high moisture corn stored in constant temperature. **Chin. J. Grain Process.**, v. 40, p. 54–55, 2015.
- YI, L.; LAKEMON, C. M. M.; SAGIS, L. M. C.; EISNER-SCHADLER, V.; VAN HUIS, A.; VAN BOEKEL, M. A. J. S. Extraction and characterisation of protein fractions from five insect species. **Food Chemistry**, v. 141, n. 4, p. 3341–3348, dez. 2013. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814613007218>>.
- YOO, J. S.; CHO, K. H.; HONG, J. S.; JANG, H. S.; CHUNG, Y. H.; KWON, G. T.; SHIN, D. G.; KIM, Y. Y. Nutrient ileal digestibility evaluation of dried mealworm (*Tenebrio molitor*) larvae compared to three animal protein by-products in growing pigs. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 32, n. 3, p. 387–394, 1 mar. 2019. Disponível em:

- 1 <<http://ajas.info/journal/view.php?doi=10.5713/ajas.18.0647>>.
- 2 YOUNG, N. M.; JOHNSTON, R. A. Z.; WATSON, D. C. The amino acid sequence of peanut
- 3 agglutinin. **European Journal Biochemistry**, v. 196, p. 631–637, 1991.
- 4 YU, M.; LI, Z.; CHEN, W.; RONG, T.; WANG, G.; WANG, F.; MA, X. Evaluation of full-fat
- 5 *Hermetia illucens* larvae meal as a fishmeal replacement for weanling piglets: Effects on the
- 6 growth performance, apparent nutrient digestibility, blood parameters and gut morphology.
- 7 **Animal Feed Science and Technology**, v. 264, p. 114431, jun. 2020. Disponível em:
- 8 <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0377840119311423>>.
- 9 ZANGERONIMO, M. G.; FIALHO, E. T.; MURGAS, L. D. S.; FREITAS, R. T. F. de;
- 10 RODRIGUES, P. B. Desempenho e excreção de nitrogênio de leitões dos 9 aos 25 kg
- 11 alimentados com dietas com diferentes níveis de lisina digestível e proteína bruta. **Revista**
- 12 **Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 5, p. 1382–1387, out. 2007. Disponível em:
- 13 <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982007000600022&lng=pt&tlng=pt)
- 14 [35982007000600022&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982007000600022&lng=pt&tlng=pt)>.
- 15 ZARDO, A. O.; LIMA, G. J. M. M. **Alimentos para suínos**. [s.l.: s.n.]71 p.
- 16 ZIMMERMANN, D. R. Iron in swine nutrition. *In*: **National feed ingredient association**
- 17 **literature review on iron in animal and poultry nutrition**. [s.l.: s.n.]p. 70–76.

CAPÍTULO 2

Farinha de inseto (*Tenebrio molitor*) possui alta digestibilidade dos nutrientes para leitões recém-desmamados

J. C. Pereira*; A. R. A. Silva*; B. C. O. Rossiti*; E. R. Silva*; L. G. R. da Silva*; M. Z. Evangelista*; U. S. Ruiz*; M. L. P. Tse*.

*UNESP, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu, 18618-687, São Paulo, Brasil.

FARINHA DE INSETO (*Tenebrio Molitor*) POSSUI ALTA DIGESTIBILIDADE DOS NUTRIENTES PARA LEITÕES RECÉM-DESMAMADOS

Resumo

O uso da farinha de insetos como alternativa das fontes tradicionalmente conhecidas para o fornecimento de proteína, tem obtido resultados positivos sobre a produção de suínos. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a inclusão de farinha de larva de insetos (*Tenebrio molitor*) sobre a digestibilidade total aparente de matéria seca, energia bruta, extrato etéreo, proteína bruta, fibra em detergente neutro e ácido e as digestibilidades aparente e ileal estandardizada dos aminoácidos (Exp.1) e avaliar a inclusão de farinha de inseto com e sem a suplementação de ferro e manganês sobre o desempenho produtivo e concentração sérica de hemoglobina com coleta de sangue de todos os animais (Exp.2). No exp. 1, foram utilizados doze leitões machos castrados, com idade média de 45 dias de idade e peso vivo inicial de 14,58 kg $\pm$ 1,23 (Exp.1) com dois tratamentos (dieta isenta de nitrogênio – NF à base de amido e dieta teste com farinha de inseto), seis repetições e um animal por unidade experimental. A dieta NF foi utilizada para determinar as perdas endógenas de aminoácidos e a dieta teste continha 30% do ingrediente como única fonte de aminoácidos e proteína. Foi utilizado 0,5% de dióxido de titânio nas dietas como marcador indigestível. No segundo experimento (Exp.2), foram utilizados 32 leitões (machos castrados e fêmeas), com idade média de 21 dias de idade e peso médio inicial de 7,878 $\pm$ 0,974 (Exp.2) para avaliação da farinha de insetos em substituição ao farelo de soja, com quatro tratamentos, oito repetições e três animais por unidade experimental, a saber: DB – Dieta basal à base de milho e farelo de soja; FI – DB com inclusão de 6% de farinha de inseto na dieta; FIFe - DB com inclusão de 6% de farinha de inseto enriquecida com ferro na dieta; FIMn – DB com inclusão de 6% de farinha de inseto enriquecida com manganês na dieta. Os valores de digestibilidade ileal estandardizada dos aminoácidos da farinha de inseto variaram de 91 a 98% e da proteína bruta foi de 91,4% se mostrando similares aos encontrados para o farelo de soja, que foram de 87 a 94% para os aminoácidos e 90,2% para a proteína (Exp. 1) e não houve diferença de desempenho para nenhuma das variáveis analisadas ($P>0,05$) em nenhum dos períodos ($P>0,05$). Para os valores de hemoglobina sérica, não houve interação ($P>0,05$) entre os tratamentos utilizados e os dias de coleta, entretanto, os valores de hemoglobina aumentaram ($P<0,05$) em cada momento de coleta. Conclui-se, portanto, que a farinha de insetos para suínos pode ser considerada um alimento alternativo ao farelo de soja, como fonte de proteína e aminoácidos na nutrição de leitões recém-desmamados.

Palavras-chave: fonte de proteína; digestibilidade; desempenho; suínos.

1. Introdução

A oscilação de preço dos ingredientes usados na ração animal, como o farelo de trigo, farelo de soja e o milho, impulsiona o uso de ingredientes alternativos (Khan et al., 2016).

O farelo de soja é fonte de proteína para os suínos e possui em média 89,5% de matéria seca (MS) e 46% de proteína bruta (PB) (Rostagno et al., 2024). Apesar de ser a principal fonte de proteína utilizada na ração de suínos por ser rica em lisina, contém alguns fatores antinutricionais como as hemaglutininas, as saponinas, as lectinas e os inibidores de tripsinas, que inibem o aproveitamento das proteínas e demais nutrientes pelo animal (Araba & Dale, 1990; Hancock et al., 1990). Assim, farinhas de origem animal podem ser usadas como ingrediente alternativo aos farelos proteicos de origem vegetal como o farelo de soja, pela ausência de muitos fatores antinutricionais, comumente encontrados nos ingredientes de origem vegetal (Li et al., 1990).

Várias pesquisas tem demonstrado melhor desempenho de leitões quando alimentados com produtos de origem animal, como plasma (Coffey & Cromwell, 2001), farinha de peixe (Kim & Easter, 2001) ou farinha de vísceras (Udedibie & Esonu, 2021). Por sua vez, as farinhas de insetos podem ser usadas como fonte proteica e de aminoácidos em substituição ao farelo de soja, pois possuem quantidade de aminoácidos igual ou superior ao farelo de soja, sendo uma fonte sustentável e de qualidade (Sánchez-Muros et al., 2014). Dentre as farinhas de insetos, a farinha de *Tenebrio molitor* apresenta cerca de 52,8% de PB e 36,1% de extrato etéreo (EE) e o farelo de soja 45,85% PB e 1,40% EE (Makkar et al., 2014). Além da fração proteica, a farinha de inseto pode ser usada como fonte de energia pela alta concentração de lipídeos, com concentração variando entre 25% (Siemianowska et al., 2013), 32,95% (Jin et al., 2016) ou 35% de lipídeos (Makkar et al., 2014).

O ferro, importante mineral que participa diretamente na constituição da hemoglobina, mioglobina, transporte de oxigênio no sangue e na mineralização do tecido ósseo (Spencer & Palmer, 2012) e quando suplementado na dieta melhora o desempenho de leitões recém-desmamados (Rincker et al., 2004). Em rações com fontes de ferro de origem animal há melhor absorção do ferro, devido à maior proporção de radicais heme (Morris, 1987).

O manganês, por sua vez, participa no crescimento ósseo, na manutenção do tecido conjuntivo e no metabolismo de carboidratos e lipídios e a deficiência desse mineral causa prejuízos no crescimento e desenvolvimento dos leitões (Apple et al., 2005; Kiefer, 2005). Sua suplementação na dieta de leitões se mostrou eficiente na melhora no desempenho produtivo (Kerkaert et al., 2021). A inclusão dos ingredientes em forma de farelo utilizados nas formulações, pode aumentar o manganês presente na dieta, pois sua concentração é maior na

camada exterior dos grãos, porém, nos grãos mais utilizados como o milho, soja, trigo e na farinha de peixes, o manganês é considerado indisponível para os suínos (Baker, 2001; Suttle, 2010). Devido sua baixa biodisponibilidade nos alimentos, o manganês possui baixa absorção e alta excreção nas fezes (Leeson & Summers, 2001).

Entretanto, em função do processamento e do grande número de espécies utilizadas para a fabricação das farinhas, pode haver variação na composição química e na digestibilidade desses ingredientes. Além disso, o enriquecimento da farinha de inseto com ferro e manganês pode ser vantajoso para suplementar esses minerais de maneira mais disponível. Porém, pouco se sabe sobre a digestibilidade da farinha de inseto e seus efeitos na substituição ao farelo de soja na dieta de leitões, enriquecidos com minerais.

Assim o presente estudo teve como objetivo avaliar a digestibilidade de nutrientes e energia da farinha de larvas de insetos *Tenebrio molitor* e seu uso como fonte proteica enriquecida com minerais em substituição do farelo de soja na dieta de leitões recém-desmamados sobre o desempenho e concentração sérica de hemoglobina.

1. Materiais e Métodos

Foram realizados dois experimentos (Exp. 1 – digestibilidade e Exp. 2 – desempenho), no Laboratório de Ensino Pesquisa e Extensão de Suínos da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia (UNESP – FMVZ – Botucatu/SP). Todos os procedimentos experimentais foram previamente aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da UNESP/FMVZ/Botucatu, protocolo número 0176/2022.

1.1 Experimento 1 – Digestibilidade

1.1.1 Instalação, animais e dietas experimentais

No experimento 1 foram utilizados 12 leitões machos castrados de genética comercial TOPIGS com peso vivo inicial de $14,58 \text{ kg} \pm 1,23$, com idade média de 45 dias, que foram alojados em gaiolas de metabolismo semelhante às descritas por Pekas (1968), com largura de 0,55 m, comprimento de 1,30 m e 1,60m de altura, com apenas um compartimento para comedouro e bebedouro, sendo que antes de serem alimentados, a água era retirada e após a alimentação recolocada à vontade. Os animais alojados em um delineamento em blocos ao acaso (por peso), com seis repetições, um animal por parcela e dois tratamentos, sendo: **NF** =

dieta semi-purificada, sem inclusão de nitrogênio, à base de amido, açúcar, óleo, lignocelulose, além de fontes de minerais e vitaminas, com o objetivo de calcular as perdas endógenas de nitrogênio e **FI** = dieta teste formulada com as mesmas proporções da NF, porém, com a inclusão de 30% de farinha de inseto como a única fonte de proteína e aminoácidos (Tabelas 1 e 2). O período experimental foi de 12 dias, sendo 5 dias de adaptação dos animais às gaiolas e às dietas experimentais e 7 dias de coleta e consumo de água à vontade. A dieta NF foi utilizada para determinar as perdas endógenas de aminoácidos e a dieta teste continha 30% do ingrediente como única fonte de aminoácidos e proteína.

1.1.2 Coleta de amostras

Para determinação do início e término do período de coleta das fezes e urina, as rações foram marcadas com 2% de óxido férrico (Fe_2O_3). Também, desde o início do experimento, foi adicionado às dietas experimentais, 0,5% de dióxido de titânio (TiO_2) como marcador indigestível, para a determinação da digestibilidade ileal estandardizada dos aminoácidos.

A quantidade de ração estimada diariamente foi calculada em 3% do peso vivo (PV) e fornecida duas vezes ao dia (7h e 17h). As amostras de fezes e urina foram coletadas duas vezes ao dia, pesadas, identificadas individualmente e imediatamente congeladas em freezer em temperatura de -20° . As amostras de urina foram coletadas em recipientes plásticos, contendo 20mL de HCl para evitar perdas de NH_3 e uma alíquota de 10% do total de urina foi armazenada.

Ao final da fase de coleta, no 12º dia de experimento, 6h após a última refeição, os animais foram insensibilizados por eletronarcole com posterior sangria e imediatamente após o abate, uma porção de aproximadamente 1m da porção terminal do íleo foi isolada e coletadas as amostras de digesta ileal em recipientes plásticos contendo ácido fórmico, as quais foram identificadas e armazenadas em freezer em temperatura de -20°C .

Tabela 1. Composição analisada de nutrientes do amido e da farinha de larvas de insetos (ingrediente teste) na matéria natural.

<i>Composição (%)</i>	<i>Amido</i>	<i>Farinha de Insetos</i>
<i>Matéria seca</i>	86,700	94,520
<i>Proteína bruta total</i>	0,3500	49,07
<i>Energia bruta (kcal/kg)</i>	3.530	6.315
<i>Fibra em detergente neutro (FDN)</i>	-	9,59
<i>Fibra em detergente ácido (FDA)</i>	-	6,36
<i>Gorduras totais (g/100g)</i>	-	35,48
<i>Ferro ($\mu\text{g/g}$)</i>	-	33,5
<i>Mangans ($\mu\text{g/g}$)</i>	-	8,10

Ácido Aspártico	-	4,15
Ácido Glutâmico	-	5,72
Serina	-	2,28
Glicina	-	3,13
Histidina	-	1,50
Arginina	-	2,81
Treonina	-	2,04
Alanina	-	3,59
Prolina	-	2,85
Tirosina	-	3,79
Valina	-	3,24
Metionina	-	0,80
Cistina	-	0,29
Isoleucina	-	2,20
Leucina	-	3,68
Fenilalanina	-	1,93
Lisina	-	2,71
Triptofano	-	0,22
Soma dos aminoácidos totais	-	46,93

1

2 **Tabela 2.** Composição de ingredientes e valores nutricionais analisados das dietas
3 experimentais (matéria natural)¹

Ingredientes (%)	NF	FI
Amido	57,610	39,365
Farinha de Inseto		30,000
Açúcar	30,000	20,465
Óleo de soja	3,000	2,050
Lignocelulose	4,000	2,730
Calcário	0,450	0,450
Fosfato Bicálcico	2,600	2,600
Sal	0,700	0,700
Cloreto de potássio	0,520	0,520
Cloreto de colina	0,070	0,070
Óxido de magnésio	0,070	0,070
Mistura mineral ²	0,100	0,100
Mistura vitamínica ³	0,150	0,150
Palatabilizante	0,030	0,030
Óxido de Zinco	0,200	0,200
Dióxido de titânio	0,500	0,500
TOTAL	100,000	100,000
Valores nutricional analisados (matéria natural)		
Matéria seca (%)	92,44	93,30
Proteína total (%)	0,56	15,69
Energia bruta (kcal/kg)	3.386	4.307
Fibra em detergente neutro (FDN) (%)	3,47	10,35
Fibra em detergente ácido (FDA) (%)	3,26	4,11
Gorduras totais (g/100g)	2,69	10,45
Ácido Aspártico (%)	-	1,23

Ácido Glutâmico (%)	-	1,80
Serina (%)	-	0,69
Glicina (%)	-	0,85
Histidina (%)	-	0,47
Arginina (%)	-	0,81
Treonina (%)	-	0,66
Alanina (%)	-	1,21
Prolina (%)	-	0,82
Tirosina (%)	-	1,16
Valina (%)	-	0,99
Metionina (%)	-	0,20
Cistina (%)	-	0,13
Isoleucina (%)	-	0,68
Leucina (%)	-	1,15
Fenilalanina (%)	-	0,59
Lisina (%)	-	0,85
Triptofano (%)	-	0,26
Soma dos aminoácidos totais (%)	-	14,54

¹NF (Dieta basal, sem nitrogênio); FI (dieta teste com farinha de insetos); ²Premix mineral fornecendo por kg de ração: 100mg Fe, 10mg Cu, 0,45mg Se, 40mg Mn, 80mg Zn, 1mg Co, 1,5mg I, 79,70mg S, 0,30mg Mg; ³Premix vitamínico fornecendo por kg de ração: 9000 UI vit. A, 2700 UI vit. D3, 48 UI vit. E, 2,5mg vit. K, 2,03mg vit. B1, 6mg vit. B2, 3mg vit. B6, 0,03mg vit. B12, 0,9mg ácido fólico, 14,03mg ácido pantotênico, 30mg niacina, 0,12mg biotina.

1.1.3 Análises químicas

No final do período de coleta, as amostras de fezes foram homogeneizadas e secas em estufa de circulação forçada a 55°C por 72h. As fezes secas, dietas e ingrediente teste foram moídos em peneira de 1 mm e analisadas para matéria seca (MS; Método 930.15, AOAC, 2005), extrato etéreo (EE; 2003.06, AOAC, 2005) e nitrogênio (N) para estimativa de proteína bruta (PB, Nx6,25; método 990.03, AOAC, 2006), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) (Van Soest et al., 1991) e energia bruta (EB, Bomba Calorimétrica marca IKA modelo 5000) e titânio (fezes e dietas, Myers et al., 2004).

As amostras de digesta ileal foram descongeladas e liofilizadas para análise de aminoácidos (AA, método 994.12, AOAC, 2005), MS, PB e titânio. As amostras de urina foram descongeladas e secas para análise de matéria seca (MS; Método 930.15,), nitrogênio (N) para estimativa da proteína bruta (PB, Nx6,25; método 990.03, AOAC, 2006) e energia bruta (EB; Bomba Calorimétrica marca IKA modelo 5000).

1.1.4 Cálculos de digestibilidade

As digestibilidades ileais aparente e estandardizada da PB e AA foram calculadas pelo método de marcador indigestível (Kong & Adeola, 2014) e a digestibilidade aparente fecal da

MS, PB, EB e valores de energia digestível (ED) e metabolizável (EM) do ingrediente teste foi calculada pelo método de coleta total, segundo método proposto por Zhang & Adeola, (2017), considerando a contribuição do ingrediente teste na dieta teste, conforme fórmula abaixo:

Digestibilidade Ileal Aparente (DIA)

$$DIA = 100 - 100 \times (\% \text{ marcador dieta} \times \% \text{ nutriente digesta} / \text{marcador da digesta} \times \% \text{ nutriente da dieta})$$

Digestibilidade Ileal Estandarizada (SID)

$$SID = DIA + (\% \text{ nutriente digesta} \times (\% \text{ marcador dieta NF} / \% \text{ marcador digesta NF}) \times 100 / \text{nutriente (MS) ração teste})$$

1.2 Experimento 2 – Desempenho

1.2.1 Instalação, animais e dietas experimentais

Os animais foram alojados individualmente em galpão de creche (pé-direito de 3,5m) com paredes laterais de 1,80m, com possibilidade de fechamento total por cortinas e o galpão possui ainda, um ventilador com nebulizador. As baias de creche, com piso anterior concretado e posterior em estrado plástico, medem 1,0 x 1,70m e são equipadas com bebedouro tipo chupeta, comedouro e campânula com resistência elétrica de 300W.

Foram utilizados 32 leitões (machos castrados e fêmeas da genética comercial TOPIGS) desmamados, com idade média de 21 dias de idade e peso médio inicial de $7,878 \pm 0,974$, num delineamento em blocos casualizados, alojados individualmente em baias de creche suspensas até a idade média de 53 dias (período experimental de 32 dias), com um animal por parcela, oito repetições e quatro tratamentos:

DB – Dieta basal à base de milho e farelo de soja;

FI – DB com a inclusão de 6,00% de farinha de inseto na dieta;

FIFe - DB com a inclusão de 6,00% de farinha de inseto enriquecida com ferro na dieta (371mg Fe/kg farinha de inseto);

FIMn - DB com a inclusão de 6,00% de farinha de inseto enriquecida com manganês na dieta (579mg Mn/kg farinha de inseto)

Durante o experimento os leitões receberam três tipos de rações, de acordo com o sistema de alimentação por fases, sendo: Fase 1 - ração Pré-Inicial 1 nos primeiros 14 dias (0 a 14 dias); Fase 2 - ração Pré-Inicial 2 nos 14 dias seguintes (15 aos 28 dias) e Fase 3 - ração Inicial (29 aos 32 dias). Em cada uma das fases, todas as rações foram formuladas de modo a atender as exigências nutricionais mínimas em aminoácidos essenciais dos animais, de acordo

com NRC (2012) (Tabelas 3 e 4). Todos os animais receberam ração e água à vontade. A formulação das dietas foi feita com base nos valores de digestibilidade dos aminoácidos e energia metabolizável encontrados no Experimento 1.

Tabela 3. Composição percentual das dietas experimentais (Exp. 2)¹

Ingredientes	Pré-Inicial 1		Pré-Inicial 2		Inicial	
	DB	FI	DB	FI	DB	FI
Milho, Grão	51,310	53,588	57,516	59,783	55,490	57,643
Farelo de soja	19,500	13,500	24,000	18,000	32,000	26,000
Plasma Sanguíneo	5,000	5,000	2,500	2,500	-	-
Farinha de insetos	-	6,000	-	6,000	-	6,000
Soro de leite seco	10,500	10,500	3,500	3,500	-	-
Açúcar	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000
Óleo de soja	3,610	1,310	2,780	0,500	3,050	0,800
Calcário	0,220	0,220	0,105	0,120	0,040	0,050
Fosfato Bicálcico	2,050	2,140	2,200	2,250	2,310	2,400
Sal	0,130	0,130	0,470	0,470	0,680	0,680
L-Lisina HCl	0,690	0,690	0,540	0,550	0,465	0,472
DL-Metionina	0,195	0,185	0,140	0,130	0,120	0,110
L-Treonina	0,225	0,207	0,155	0,132	0,130	0,110
L-Triptofano	0,030	0,055	0,009	0,040	-	0,020
L-Valina	0,135	0,070	0,060	-	-	-
Óxido de Zinco	0,330	0,330	0,200	0,200	0,140	0,140
Cloreto de colina (60%)	0,090	0,090	0,090	0,090	0,090	0,090
Adsorvente	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
Sílica	0,500	0,500	0,250	0,250	-	-
Palatabilizante	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
Mistura mineral ²	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Mistura vitamínica ³	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150
Halquinol	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
TOTAL	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000

¹DB: Dieta basal (tratamento controle, sem a inclusão de farinha de insetos); FI: tratamento com a inclusão de 6,00 de farinha de insetos (as farinhas de inseto contendo manganês ou ferro foram incluídas nos respectivos tratamentos). ²Premix mineral fornecendo por kg de ração: 100mg Fe, 10mg Cu, 0,45mg Se, 40mg Mn, 80mg Zn, 1mg Co, 1,5mg I, 79,70mg S, 0,30mg Mg; ³Premix vitamínico fornecendo por kg de ração: 9000 UI vit. A, 2700 UI vit. D3, 48 UI vit. E, 2,5mg vit. K, 2,03mg vit. B1, 6mg vit. B2, 3mg vit. B6, 0,03mg vit. B12, 0,9mg ácido fólico, 14,03mg ácido pantotênico, 30mg niacina, 0,12mg biotina.

Tabela 4. Valores nutricionais calculados das dietas experimentais (Exp.2)

Nutrientes	Pré-Inicial 1		Pré-Inicial 2		Inicial	
	DB	FI	DB	FI	DB	FI
EM (kcal/kg)	3.357	3.376	3.307	3.328	3.305	3.324
Proteína Bruta (%)	17,28	17,66	17,10	17,48	18,37	18,74

Cálcio (%)	0,749	0,750	0,700	0,700	0,700	0,710
Fósforo disponível (%)	0,450	0,460	0,426	0,430	0,422	0,430
Lisina DIE (%)	1,510	1,514	1,300	1,310	1,260	1,265
Metionina DIE (%)	0,430	0,460	0,370	0,307	0,365	0,370
Treonina DIE (%)	0,890	0,900	0,760	0,777	0,733	0,744
Triptofano DIE (%)	0,237	0,240	0,214	0,204	0,205	0,204
Lactose (%)	12,060	12,060	7,020	7,020	4,500	4,500
Sódio (%)	0,300	0,299	0,302	0,302	0,280	0,280

¹DB: Dieta basal (tratamento controle, sem a inclusão de farinha de insetos); FI: tratamento com a inclusão de 6,00 de farinha de insetos (as farinhas de inseto contendo manganês ou ferro foram incluídas nos respectivos tratamentos). ²EM: Energia metabolizável em quilocalorias por quilo. ³DIE: Digestibilidade ileal estandardizada: quantidade do aminoácido digestível de forma padronizada.

1.2.2 Avaliação de desempenho e concentração sérica de hemoglobina

Para a avaliação de desempenho, os animais, a ração fornecida e as sobras de ração foram pesados a cada 7 dias, para determinar o ganho diário de peso, o consumo diário de ração e conversão alimentar. A pesagem final foi realizada no 32º dia de experimento, quando os animais atingiram peso médio aproximado de 25 kg.

Para a análise de hemoglobina sérica, foi coletado sangue dos animais no início (dia zero), no 14º e 32º dias de experimento, em tubos de coleta apropriados contendo EDTA como solução anticoagulante, por punção da veia cava usando agulhas 25 x 8 mm pelo sistema a vácuo. As amostras foram mantidas sob refrigeração, sem agitação e imediatamente enviadas ao laboratório para determinação de hemoglobina por volumetria por impedância (sft), realizado em analisador automático usando o kit hematoclin 2.8 vet (Bioclin®).

1.2.3 Análise estatística

Foram verificados os dados discrepantes, homogeneidade de variância e normalidade dos resíduos usando o procedimento univariate do SAS. Os dados de desempenho foram submetidos à análise de variância utilizando-se o procedimento GLM do SAS. Para a análise de hemoglobina, utilizou-se o procedimento MIXED do SAS (SAS Inst. Inc., Cary, NC, USA), com análise de variância multivariada para o modelo de medidas repetidas em grupos independentes e as médias comparadas pelo teste de Tukey e consideradas significativas quando $P < 0,05$.

2. Resultados

2.1 Digestibilidade (Exp.1)

Os coeficientes de digestibilidade ileal aparente e estandardizada encontrados para farinha de inseto utilizada nesse experimento apresentaram valores maiores aos observados pela literatura de digestibilidade para PB e aminoácidos em relação ao farelo de soja (Tabela 5).

Tabela 5. Valores de coeficiente de digestibilidade ileal aparente (DIA) e digestibilidade ileal estandardizada (DIE) da proteína bruta e dos aminoácidos (%) da farinha de inseto fornecida para leitões na fase de creche.

Item	DIA		DIE	
	Coeficiente de digestibilidade (%)	Valores digestíveis (%)	Coeficiente de digestibilidade (%)	Valores digestíveis (%)
Proteína bruta (%)	91,00	44,65	91,40	44,85
<i>Aminoácidos essenciais (%)</i>				
Arginina	95,70	2,69	98,81	2,78
Histidina	89,81	1,35	91,78	1,38
Isoleucina	94,72	2,08	96,63	2,13
Leucina	94,69	3,48	96,91	3,57
Lisina	93,88	2,54	96,25	2,61
Metionina	96,10	0,77	97,96	0,78
Fenilalanina	94,17	1,82	96,67	1,87
Treonina	92,70	1,89	96,61	1,97
Triptofano	91,89	0,20	97,02	0,21
Valina	94,47	3,06	96,34	3,12
<i>Aminoácidos não essenciais (%)</i>				
Alanina	95,00	3,41	97,08	3,48
Ácido aspártico	95,47	3,96	96,64	4,01
Ácido glutâmico	95,06	5,4	96,79	5,54
Cisteína	91,88	0,27	96,49	0,28
Glicina	83,70	2,68	92,84	2,91
Prolina	85,67	2,44	-	-
Serina	91,43	2,08	96,09	2,19
Tirosina	96,33	3,65	97,32	3,69

Tabela 6. Valores de digestibilidade total aparente da MS, PB e valores energia digestível e metabolizável da farinha de inseto para leitões na fase de creche (método de coleta total).

<i>Item</i>	<i>Farinha de Insetos</i>
<i>Digestibilidade total aparente</i>	
Matéria seca (%)	84,02
Proteína bruta (%)	85,55
Coeficiente de digestibilidade da energia (%)	91,17
Coeficiente de metabolizabilidade da energia (%)	85,76
<i>Valores de energia</i>	
Energia digestível (kcal/kg)	5.757
Energia metabolizável (kcal/kg)	5.415

2.2 Desempenho e hemoglobina sérica (Exp.2)

Não houve diferença de desempenho para nenhuma das variáveis analisadas ($P>0,05$) em nenhum dos períodos ($P>0,05$) (Tabela 8). Com relação aos valores de hemoglobina sérica, não houve interação ($P>0,05$) entre os tratamentos e os momentos das coletas e não houve diferença entre os tratamentos ($P>0,05$). Entretanto, os valores de hemoglobina aumentaram ($P<0,05$) entre os momentos das coletas (Tabela 9).

Tabela 7. Médias de peso final em cada fase, consumo diário de ração (CDR), ganho diário de peso (GDP) e conversão alimentar (CA) dos leitões durante o período experimental (32 dias)¹

	DB	FI	FIFe	FIMn		
	<i>0 a 7 dias</i>				<i>CV (%)²</i>	<i>Valor de P</i>
Pfinal 7d	8,989	9,133	9,170	8,877	5,4312	0,6381
CDR (g)	0,257	0,299	0,298	0,253	35,6520	0,3427
GDP (g)	0,147	0,189	0,185	0,148	25,9023	0,4325
CA	1,748	1,580	1,610	1,71	28,9734	0,9657
	<i>0 a 14 dias</i>					
Pfinal 14d	12,089	12,418	12,882	11,761	7,3403	0,1379
CDR (g)	0,387	0,426	0,421	0,369	18,7440	0,0805
GPD (g)	0,295	0,329	0,358	0,280	21,6951	0,5243
CA	1,311	1,295	1,176	1,318	11,6711	0,1184
	<i>0 a 28 dias</i>					
Pfinal 28 d	21,138	21,475	22,502	19,650	9,2727	0,0739
CDR (g)	0,632	0,659	0,699	0,590	14,8479	0,0722
GPD (g)	0,471	0,488	0,522	0,422	18,0948	0,3566
CA	1,342	1,350	1,339	1,398	8,6396	0,4591
	<i>0 a 32 dias</i>					
Pfinal 32 d	25,163	25,250	26,519	23,488	9,0419	0,1160
CDR (g)	1,470	1,415	1,614	1,427	14,6939	0,7726
GPD (g)	1,006	0,944	1,004	0,959	13,3100	0,2395
CA	1,462	1,499	1,607	1,488	10,0413	0,2359

¹DB – Dieta basal à base de milho e farelo de soja; FI – DB com a inclusão de 6% de farinha de inseto na dieta; FIFe – DB com a inclusão de 6% de farinha de inseto enriquecida com ferro na dieta; FIMn – DB com a inclusão de 6% de farinha de inseto enriquecida com manganês na dieta. ²Coeficiente de variação

Tabela 8. Médias dos valores de hemoglobina dos leitões nos três momentos de coleta^{1,2}

Tratamentos ¹							
Variável	Momento	DB	FI	FIFe	FIMn	Média ²	Valor de P da interação
Hemoglobina, g/dL*	Início (Dia 0)	11,80	9,95	10,68	11,82	11,06a	0,1135
	Meio (14º dia)	12,02	11,97	11,71	12,02	11,93a	
	Final (32º dia)	11,86	12,21	12,48	12,18	12,18b	
	<i>Média</i>	11,89	11,38	11,62	12,01		

¹DB – Dieta basal à base de milho e farelo de soja; FI – DB com a inclusão de 6% de farinha de inseto em substituição ao farelo de soja; FIFe – DB com a inclusão de 6% de farinha de inseto enriquecida com ferro, em substituição ao farelo de soja; FIMn – DB com a inclusão de 6% de farinha de inseto enriquecida com manganês, em substituição ao farelo de soja. ²Diferem entre os momentos de coleta (P=0,0015); letras distintas na linha diferem pelo teste de Tukey (P<0,05).

3. Discussão

3.1 Digestibilidade (Exp.1)

Nesse experimento, os valores de digestibilidade de aminoácidos e proteína bruta se mostraram similares aos encontrados em outros ingredientes de origem animal, como a farinha de peixes (Kim & Easter, 2001), plasma (Coffey & Cromwell, 2001) e farinha de vísceras (Udedibie & Esonu, 2021).

Sprangers et al. (2018), utilizando diferentes níveis de farinha de larvas de *Hermetia illucens* na dieta de leitões não observaram efeitos na digestibilidade que comprometessem a absorção dos aminoácidos presentes na dieta, se assemelhando ao observado no nosso trabalho. Os valores de digestibilidade dos aminoácidos e proteína da farinha de insetos encontrados no nosso trabalho se mostraram superiores em comparação aos valores médios encontrados para o farelo de soja (Rojas & Stein, 2013), indicando alto valor biológico desse ingrediente para suínos. As concentrações de FDN e FDA encontradas por Biasato et al. (2019) na farinha de mosca soldado negro (*Hermetia illucens*) foram de 192,3 g/kg e 87,0 g/kg, respectivamente, enquanto na nossa foi de 95,9 g/kg de FDN e 63,6 g/kg de FDA, mostrando que as frações de fibra presente na farinha de insetos depende da espécie utilizada e seus componentes químicos que pode influenciar na digestibilidade.

Jin et al. (2016), encontraram aumento linear na digestibilidade da matéria seca (MS) e da proteína bruta (PB) em leitões alimentados com níveis crescentes de farinha de *Tenebrio molitor*, que pode ser explicado pela maior disponibilidade dos aminoácidos presente da farinha em relação as fontes de proteína de origem vegetal. Tan et al. (2020) observaram que a digestibilidade de todos os aminoácidos da farinha de *Musca domestica* foi maior que da farinha de *Hermetia illucens* mostrando que os dois insetos diferem na quantidade de gordura bruta e

na concentração de proteína bruta e aminoácidos, resultando na maior digestibilidade na farinha de *Musca domestica*.

A superioridade no valor nutricional da farinha de insetos pode estar relacionada ao fato de apresentar digestibilidade de aminoácidos similar ao fornecido pela proteína bruta do farelo de soja, além de fornecer quantidade de lisina semelhante ao farelo de soja e maior que farinhas de origem animal para a maioria dos aminoácidos essenciais, além de não possuir fatores antinutricionais comumente encontrados em produtos de origem vegetal, demonstrando que a inclusão dessa farinha é uma alternativa proteica viável para inclusão na dieta de suínos (Crosbie et al., 2020; Li et al., 1990; Newton et al., 1977).

O valor de energia metabolizável encontrado nesse trabalho foi superior ao sugerido por Jin et al. (2016) que foi de 5.258 kcal/kg. Já Crosbie et al. (2020) encontraram valores menores de energia digestível (4.927 kcal/kg) e metabolizável (4.569 kcal/kg) para a farinha de larvas de *Hermetia illucens*. Entretanto, considerando a relação de energia bruta e suas frações digestíveis, o presente experimento encontrou valores de 90% para energia digestível (5.757/6.315) e 94% para energia metabolizável (5.415/5.757), valores estes, muito próximos aos encontrados por Crosbie et al. (2020), que foi de 86% e 93% para energia digestível e energia metabolizável, respectivamente. Os valores encontrados no nosso trabalho e nos autores para as farinhas de insetos citados acima foram maiores que os descritos por (Rostagno et al., 2024) para o farelo de soja, que foi de 3.471 kcal/kg para energia digestível e 3.209 kcal/kg para energia metabolizável.

3.2 Desempenho e hemoglobina sérica (Exp.2)

O mesmo resultado de desempenho foi observado por Dankwa et al. (2000) e Neumann et al. (2018) que ao substituírem farinha de peixe por farinha de larvas de mosca doméstica (*Musca domestica*) e farelo de soja por farinha de larvas de mosca soldado (*Hermetia illucens*), respectivamente, não encontraram diferença no desempenho dos animais. Segundo Jin et al. (2016), a introdução de 6% de farinha de insetos em substituição ao farelo de soja semelhante ao nosso trabalho, melhorou o desempenho de crescimento e a absorção de nutrientes sem qualquer efeito prejudicial aos animais sobre as respostas imunes que de acordo com o autor, isso ocorreu devido a boa palatabilidade da farinha levando ao aumento do consumo de ração e a maior disponibilidade dos nutrientes encontrado na fontes de proteína de origem animal comparado com as fontes de origem vegetal. Chen (2012), utilizando até 6% de inclusão de farinha de larvas de *Tenebrio molitor* para leitões desmamados, atribuiu o melhor ganho de

1 peso dos animais alimentados com farinha de inseto à palatabilidade da farinha, entretanto no
2 nosso trabalho não foi observado efeito no ganho de peso, o que pode ser explicado pelo fato
3 do consumo de ração ter sido similar entre os tratamentos devido a nossa dieta ser complexa e
4 com ingredientes altamente palatáveis. Yoo et al. (2019) também obteve efeitos positivos na
5 digestibilidade ileal dos aminoácidos em suínos em crescimento quando alimentados com 10%
6 de farinha de *Tenebrio molitor* na dieta, concluindo que a farinha de insetos tem alta
7 digestibilidade de proteína, podendo ser utilizada como fonte de proteína alternativa para leitões
8 em crescimento. Isso também ocorreu no nosso trabalho, sendo explicado que 6% da inclusão
9 da farinha de larvas de *Tenebrio molitor* fornece uma quantidade alta de aminoácidos
10 aumentando a digestibilidade dos nutrientes.

11 Newton et al. (1977) não observaram diferenças no consumo diário de ração com farinha
12 de larva de *Hermetia illucens* em relação a dietas com farelo de soja, concluindo que as duas
13 dietas são palatáveis. Os valores de FDN e FDA encontrados para a farinha de larvas de
14 *Tenebrio molitor* no nosso trabalho foi de 95,9 g/kg de FDN e 63,6 g/kg de FDA,
15 respectivamente, enquanto a média descrita por (Rostagno et al., 2024) para o farelo de soja é
16 de 104 g/kg de FDN e 60,4 g/kg de FDA, concluindo que a menor quantidade de FDN e FDA
17 presente na farinha de insetos, melhorou a digestibilidade dos nutrientes, o que pode ter
18 contribuindo para a manutenção do desempenho dos leitões. Biasato et al. (2019) utilizando
19 farinha de larvas de *Hermetia illucens* na dieta de leitões observou que o peso final dos animais
20 foi semelhante ao peso utilizando dietas comerciais, não afetando o desempenho de crescimento
21 e a digestibilidade dos nutrientes, o que se assemelha com os resultados obtidos nesse trabalho,
22 mostrando que a inclusão de farinhas de origem animal, podem trazer benefícios para a
23 alimentação dos suínos, melhorando a digestibilidade, semelhante ao farelo de soja, sem causar
24 prejuízos ao desempenho dos animais.

25 De acordo com Rostagno et al. (2024) a recomendação de ferro para suínos em
26 crescimento na fase Pré-inicial é de 116,3 mg/kg de ração. Rincker et al. (2004) suplementaram
27 níveis crescentes de ferro na dieta de leitões desmamados (0, 25, 50, 100 e 150 mg Fe/kg) para
28 determinar desempenho e parâmetros sanguíneos dos leitões e resultou em um aumento linear
29 nas variáveis hematológicas para hemoglobina, hematócrito e transferrina, sem redução no
30 desempenho dos animais. Segundo Rostagno et al. (2024) a recomendação de manganês para
31 suínos na fase Pré-inicial é de 55,7 mg/kg de ração. Kerkaert et al. (2021) testando diferentes
32 níveis de manganês (8, 16 e 32 mg Mn/kg) sobre o desempenho de suínos, observaram melhora
33 no desempenho de crescimento dos animais suplementados à partir de 8 mg Mn/kg. O ferro em
34 excesso, superior à 200 mg (Kadis et al. 1984) e o manganês superior à 400 mg (Jenkins &

Hidiroglou, 1991) podem ser tóxicos para os leitões. Correlacionando com as quantidades utilizadas nesse trabalho, que para cada quilograma de ração, continha 122,6mg de ferro e 74,2mg de manganês e com a quantidade de ração consumida diariamente pelos leitões, as quantidades ingeridas estão dentro dos padrões desejáveis, sem causar efeito no desempenho e nos parâmetros sanguíneos.

Quanto à hemoglobina sérica, o valor dessa proteína no sangue dos leitões deve ser igual ou superior a 10 g/dL (Jain, 1993), assemelhando-se aos dados encontrados em nossa pesquisa. Yu et al., (2020), usou farinha de larvas *Hermetia illucens* para leitões desmamados e observou melhora na resposta imunológica dos parâmetros bioquímicos séricos, o que pode se assemelhar aos resultados encontrados, pois aumentou a quantidade de hemoglobina presente no sangue com o passar da idade. A farinha de insetos, nesse trabalho, não se mostrou capaz de modificar o perfil de hemoglobina no sangue dos leitões o que se assemelha com os resultados encontrados por Rincker et al. (2004), o que pode estar relacionado com a biodisponibilidade de ferro presente na farinha de insetos.

4. Conclusões

De maneira geral, a farinha de insetos pode ser considerada um alimento alternativo para fonte de proteína na nutrição de leitões recém-desmamados devido seu excelente valor nutricional, em função da sua alta digestibilidade dos aminoácidos e do alto valor de energia metabolizável, sem interferir no desempenho dos animais. Além disso, a utilização de 6% de inclusão de farinha de *Tenebrio molitor* na dieta de leitões recém-desmamados não prejudicou a digestibilidade e desempenho dos animais, sendo assim, pode ser considerada um alimento alternativo, cada vez mais presente na nutrição dos animais de produção agregando valor, viabilidade e sustentabilidade.

Referências bibliográficas

- 1 AOAC, Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 18th
2 ed. AOAC International., 2006.
- 3 AOAC, Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 18th
4 ed. AOAC International., 2005.
- 5 APPLE, J.K., ROBERTS, W.J., MAXWELL, C. V., BOGER, C.B., FRIESEN, K.G., RAKES,
6 L.K., FAKLER, T.M., 2005. INFLUENCE OF DIETARY MANGANESE SOURCE
7 AND SUPPLEMENTATION LEVEL ON PORK QUALITY DURING RETAIL
8 DISPLAY. J. Muscle Foods 16, 207–222. [https://doi.org/10.1111/j.1745-](https://doi.org/10.1111/j.1745-4573.2005.09604.x)
9 [4573.2005.09604.x](https://doi.org/10.1111/j.1745-4573.2005.09604.x)
- 10 ARABA, M., DALE, N.M., 1990. Evaluation of Protein Solubility as an Indicator of
11 Overprocessing Soybean Meal. Poult. Sci. 69, 76–83. <https://doi.org/10.3382/ps.0690076>
- 12 BAKER, D.H., 2001. Bioavailability of minerals and vitamins. Swine Nutr. 357–379.
- 13 Biasato, I., Renna, M., Gai, F., Dabbou, S., Meneguz, M., Perona, G., Martinez, S., Lajusticia,
14 A.C.B., Bergagna, S., Sardi, L., Capucchio, M.T., Bressan, E., Dama, A., Schiavone, A.,
15 Gasco, L., 2019. Partially defatted black soldier fly larva meal inclusion in piglet diets:
16 effects on the growth performance, nutrient digestibility, blood profile, gut morphology
17 and histological features. J. Anim. Sci. Biotechnol. 10, 12. [https://doi.org/10.1186/s40104-](https://doi.org/10.1186/s40104-019-0325-x)
18 [019-0325-x](https://doi.org/10.1186/s40104-019-0325-x)
- 19 CHEN, Z.B., 2012. Analysis for nutritional value of four kinds of insects and use of Tenebrio
20 molitor power in weaning pig production. Shandong Agricultural University.
- 21 Crosbie, M., Zhu, C., Shoveller, A.K., Huber, L.-A., 2020. Standardized ileal digestible amino
22 acids and net energy contents in full fat and defatted black soldier fly larvae meals
23 (*Hermetia illucens*) fed to growing pigs. Transl. Anim. Sci. 4.
24 <https://doi.org/10.1093/tas/txaa104>
- 25 DANKWA, D.; ODDOYE, E. O. K.; MZAMO, K.B., 2000. Preliminary studies on the
26 complete replacement of fishmeal by house-fly-larvae-meal in weaner pig diets: effects on
27 growth rate, carcass characteristics, and some blood constituents. Ghana J. Agric. Sci. 33,
28 223–227.
- 29 Hancock, J.D., Peo, E.R., Lewis, A.J., Crenshaw, J.D., 1990. Effects of ethanol extraction and
30 duration of heat treatment of soybean flakes on the utilization of soybean protein by
31 growing rats and pigs. J. Anim. Sci. 68, 3233. <https://doi.org/10.2527/1990.68103233x>
- 32 JAIN, N.M., 1993. Essentials of veterinary hematology.

- 1 Jenkins, K.J., Hidiroglou, M., 1991. Tolerance of the Preruminant Calf for Excess Manganese
2 or Zinc in Milk Replacer. *J. Dairy Sci.* 74, 1047–1053. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78254-4)
3 0302(91)78254-4
- 4 Jin, X.H., Heo, P.S., Hong, J.S., Kim, N.J., Kim, Y.Y., 2016. Supplementation of Dried
5 Mealworm (*Tenebrio molitor* larva) on Growth Performance, Nutrient Digestibility and
6 Blood Profiles in Weaning Pigs. *Asian-Australasian J. Anim. Sci.* 29, 979–986.
7 <https://doi.org/10.5713/ajas.15.0535>
- 8 Kadis, S., Udeze, F.A., Polanco, J., Dreesen, D.W., 1984. Relationship of iron administration
9 to susceptibility of newborn pigs to enterotoxic colibacillosis. *Am. J. Vet. Res.* 45, 255–9.
- 10 Kerkaert, H.R., Woodworth, J.C., DeRouchey, J.M., Dritz, S.S., Tokach, M.D., Goodband,
11 R.D., Manzke, N.E., 2021. Determining the effects of manganese source and level on
12 growth performance and carcass characteristics of growing–finishing pigs. *Transl. Anim.*
13 *Sci.* 5. <https://doi.org/10.1093/tas/txab067>
- 14 Khan, S., Naz, S., Sultan, A., Alhidary, I.A., Abdelrahman, M.M., Khan, R.U., Khan, N.A.,
15 Khan, M.A., Ahmad, S., 2016. Worm meal: a potential source of alternative protein in
16 poultry feed. *Worlds. Poult. Sci. J.* 72, 93–102.
17 <https://doi.org/10.1017/S0043933915002627>
- 18 KIEFER, C., 2005. Minerais quelatados na nutrição de aves e suínos. *Rev. Eletrônica Nutr.* 2,
19 206–220.
- 20 Kim, S.W., Easter, R.A., 2001. Nutritional value of fish meals in the diet for young pigs. *J.*
21 *Anim. Sci.* 79, 1829. <https://doi.org/10.2527/2001.7971829x>
- 22 LEESON, S.; SUMMERS, J.D., 2001. Nutrition of chicken., in: Guelph University Books. p.
23 415.
- 24 Li, D.F., Nelssen, J.L., Reddy, P.G., Blecha, F., Hancock, J.D., Allee, G.L., Goodband, R.D.,
25 Klemm, R.D., 1990. Transient hypersensitivity to soybean meal in the early-weaned pig.
26 *J. Anim. Sci.* 68, 1790. <https://doi.org/10.2527/1990.6861790x>
- 27 Makkar, H.P.S., Tran, G., Heuzé, V., Ankers, P., 2014. State-of-the-art on use of insects as
28 animal feed. *Anim. Feed Sci. Technol.* 197, 1–33.
29 <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.07.008>
- 30 MORRIS, E.R., 1987. Trace elements in human and animal nutrition., 5th ed.
- 31 Myers, W.D., Ludden, P.A., Nayigihugu, V., Hess, B.W., 2004. Technical Note: A procedure
32 for the preparation and quantitative analysis of samples for titanium dioxide¹. *J. Anim.*
33 *Sci.* 82, 179–183. <https://doi.org/10.2527/2004.821179x>
- 34 Neumann, C., Velten, S., Liebert, F., 2018. N Balance Studies Emphasize the Superior Protein

- Quality of Pig Diets at High Inclusion Level of Algae Meal (*Spirulina platensis*) or Insect Meal (*Hermetia illucens*) when Adequate Amino Acid Supplementation Is Ensured. *Animals* 8, 172. <https://doi.org/10.3390/ani8100172>
- Newton, G.L., Booram, C. V., Barker, R.W., Hale, O.M., 1977. Dried *Hermetia Illucens* Larvae Meal as a Supplement for Swine. *J. Anim. Sci.* 44, 395–400. <https://doi.org/10.2527/jas1977.443395x>
- PEKAS, J.C., 1968. Versatile swine laboratory apparatus for physiologic and metabolic studies. *J. Anim. Sci.* 27, 1301–1306.
- Richard D. Coffey and Gary L. Cromwell, 2001. Use of spray-dried animal plasma in diets for weanling pigs. *Pig News Inf.* 22, 39–48.
- Rincker, M.J., Hill, G.M., Link, J.E., Rowntree, J.E., 2004. Effects of dietary iron supplementation on growth performance, hematological status, and whole-body mineral concentrations of nursery pigs¹. *J. Anim. Sci.* 82, 3189–3197. <https://doi.org/10.2527/2004.82113189x>
- Rojas, O.J., Stein, H.H., 2013. Concentration of digestible, metabolizable, and net energy and digestibility of energy and nutrients in fermented soybean meal, conventional soybean meal, and fish meal fed to weanling pigs. *J. Anim. Sci.* 91, 4397–4405. <https://doi.org/10.2527/jas.2013-6409>
- Rostagno, Horacio Santiago; Albino, L.F.T., 2024. *Tabelas brasileiras para aves e suínos*, 5th ed. Viçosa.
- Sánchez-Muros, M.-J., Barroso, F.G., Manzano-Agugliaro, F., 2014. Insect meal as renewable source of food for animal feeding: a review. *J. Clean. Prod.* 65, 16–27. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.11.068>
- Siemianowska, E., Kosewska, A., Aljewicz, M., Skibniewska, K.A., Polak-Juszczak, L., Jarocki, A., Jędras, M., 2013. Larvae of mealworm (<i>Tenebrio molitor</i> L.) as European novel food. *Agric. Sci.* 04, 287–291. <https://doi.org/10.4236/as.2013.46041>
- SPENCER, P. S.; PALMER, V.S., 2012. Interrelationships of undernutrition and neurotoxicity: food for thought and research. *Neurotoxicology* 33, 605–616.
- Sprangers, T., Michiels, J., Vrancx, J., Ovyne, A., Eeckhout, M., De Clercq, P., De Smet, S., 2018. Gut antimicrobial effects and nutritional value of black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) prepupae for weaned piglets. *Anim. Feed Sci. Technol.* 235, 33–42. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.08.012>
- SUTTLE, N.F., 2010. Mineral nutrition of livestock.

- 1 Tan, X., Yang, H.S., Wang, M., Yi, Z.F., Ji, F.J., Li, J.Z., Yin, Y.L., 2020. Amino acid
2 digestibility in housefly and black soldier fly prepupae by growing pigs. *Anim. Feed Sci.*
3 *Technol.* 263, 114446. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114446>
- 4 Udedibie, A.B.O., Esonu, B.O., 2021. POULTRY OFFAL MEAL AS A PROTEIN
5 SUPPLEMENT FOR GROWER PIGS. *Niger. J. Anim. Prod.* 14, 104–111.
6 <https://doi.org/10.51791/njap.v14i.2623>
- 7 Van Soest, P.J., Robertson, J.B., Lewis, B.A., 1991. Methods for Dietary Fiber, Neutral
8 Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. *J. Dairy*
9 *Sci.* 74, 3583–3597. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)
- 10 Yoo, J.S., Cho, K.H., Hong, J.S., Jang, H.S., Chung, Y.H., Kwon, G.T., Shin, D.G., Kim, Y.Y.,
11 2019. Nutrient ileal digestibility evaluation of dried mealworm (*Tenebrio molitor*) larvae
12 compared to three animal protein by-products in growing pigs. *Asian-Australasian J.*
13 *Anim. Sci.* 32, 387–394. <https://doi.org/10.5713/ajas.18.0647>
- 14 Yu, M., Li, Z., Chen, W., Rong, T., Wang, G., Wang, F., Ma, X., 2020. Evaluation of full-fat
15 *Hermetia illucens* larvae meal as a fishmeal replacement for weanling piglets: Effects on
16 the growth performance, apparent nutrient digestibility, blood parameters and gut
17 morphology. *Anim. Feed Sci. Technol.* 264, 114431.
18 <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114431>
- 19 Zhang, F., Adeola, O., 2017. Techniques for evaluating digestibility of energy, amino acids,
20 phosphorus, and calcium in feed ingredients for pigs. *Anim. Nutr.* 3, 344–352.
21 <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2017.06.008>

IMPLICAÇÕES

O presente estudo contribuirá com produtores de suínos e pesquisadores da área de nutrição de suínos, tendo em vista que o uso de farinha de *Tenebrio molitor* mostrou resultados positivos como fonte proteica na digestibilidade e no desempenho, semelhante o farelo de soja, comumente utilizado nas dietas de suínos no Brasil, trazendo benefícios para os leitões recém-desmamados.

A instabilidade no preço da soja e seus fatores antinutricionais causam problemas para a produção suinícola, afetando a saúde dos animais e causando alto custo de produção. Dessa forma, busca-se alimentos alternativos que possam substituir o farelo de soja na dieta, sem causar perdas no desempenho.

Sendo assim, o uso de farinhas de insetos na dieta de suínos, tem demonstrado ser um substituto proteico de boa qualidade devido sua alta concentração de proteína, fornecimento de aminoácidos e lipídios, atendendo as demandas nutricionais e consequentemente, reduzindo os custos de produção.

Outros experimentos podem ser realizados utilizando a farinha de *Tenebrio molitor* e também farinhas de outras espécies de insetos, afim de conhecer mais a fundo a composição química de cada uma, seus processamentos e o que isso interfere na digestibilidade dos nutrientes, ajudando a identificar qual a melhor opção para introduzir como substituto as fontes proteicas na nutrição de suínos, melhorando o desempenho e a digestibilidade dos nutrientes para o animal.