



**PERFIL E DIGESTIBILIDADE DE FARINHAS DE INSETOS  
AVALIADAS COM GALOS CECECTOMIZADOS**

**MAIARA RODRIGUES DUARTE DE OLIVEIRA**

**LAVRAS – MG  
2018**

**MAIARA RODRIGUES DUARTE DE OLIVEIRA**

**PERFIL E DIGESTIBILIDADE DE FARINHAS DE INSETOS  
AVALIADAS COM GALOS CECECTOMIZADOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração Nutrição de Não-Ruminantes, para a obtenção do título de “Mestre”.

Prof. Dr. Antônio Gilberto Bertechini

Orientador

Prof. Dra. Flávia Maria de Oliveira Borges Saad

Coorientadora

**LAVRAS - MG**

**2018**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca  
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Oliveira, Maiara Rodrigues Duarte de.

Perfil e digestibilidade de farinhas de insetos avaliadas com galos cecectomizados / Maiara Rodrigues Duarte de Oliveira. - 2018.

67 p.

Orientador(a): Antônio Gilberto Bertechini.

Coorientador(a): Flávia Maria de Oliveira Borges Saad.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Lavras, 2018.

Bibliografia.

1. Animais de companhia. 2. Fonte de proteína. 3. Sustentabilidade. I. Bertechini, Antônio Gilberto. II. Saad, Flávia Maria de Oliveira Borges. III. Título.

**MAIARA RODRIGUES DUARTE DE OLIVEIRA**

**PERFIL E DIGESTIBILIDADE DE FARINHAS DE INSETOS AVALIADAS  
COM GALOS CECECTOMIZADOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração Nutrição de Não-Ruminantes, para a obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 29 de novembro de 2018

Prof. Dr. Antônio Gilberto Bertechini

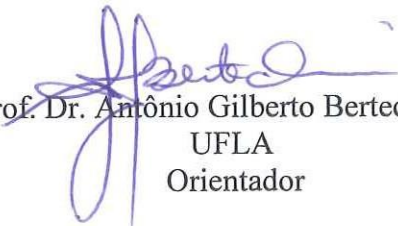
UFLA

Prof. Dra. Flávia Maria de Oliveira Borges Saad

UFLA

Prof. Dra. Maria Regina Cattai de Godoy

UIUC

  
Prof. Dr. Antônio Gilberto Bertechini  
UFLA  
Orientador

**LAVRAS - MG**

**2018**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por zelar-me diariamente, trazendo-me calma e tranquilidade, em todos os momentos durante o mestrado.

Aos meus pais, Valéria e Edgard, pelo incentivo e a compreensão em todas as situações, e o esforço para tornar possível meu sonho. Não chegaria até aqui sem seu apoio.

À Universidade Federal de Lavras, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), à Pós-graduação em Zootecnia e ao Departamento de Zootecnia pela realização do curso.

À empresa VidaProteína, pelo fornecimento das farinhas de insetos utilizadas no presente estudo. Ao laboratório *Animal Science*, da Universidade de Illinois, pelas análises realizadas.

À professora Flávia Saad, pela orientação, amizade, ensinamentos e confiança durante o curso, sendo sempre uma grande incentivadora para realizações dos meus sonhos.

Ao professor Antônio Gilberto Bertechini pela orientação e atenção quando precisei.

À professora Maria Regina Cattai de Godoy, da Universidade de Illinois – EUA, por todo o ensinamento, carinho e compreensão.

Aos demais professores do Departamento de Zootecnia, pelos ensinamentos passados durante o mestrado.

Aos meus colegas e amigos da Pós-graduação e da vida, Karen, Thaianne e Maria Alice, por toda a ajuda, paciência, amizade e por estarem sempre disponíveis em todos os momentos desta jornada, mesmo quando eu não estava com o melhor humor.

Ao meu namorado Mateus, por estar ao meu lado, dando apoio, conselhos e ajuda, mesmo nos piores dias.

Aos meus colegas e amigos do Núcleo de Estudos em Nutrição de Animais de Companhia (NENAC), pela ajuda e companheirismo sempre.

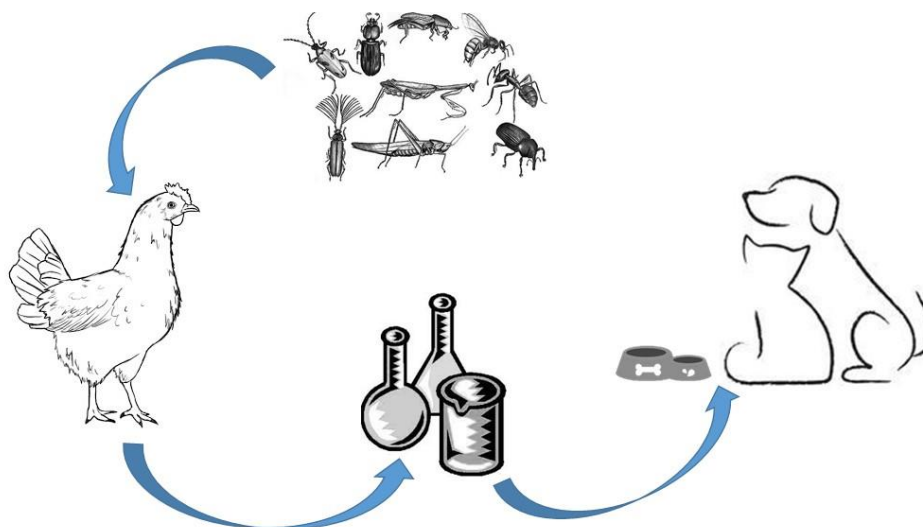
O meu MUITO OBRIGADA!

*“Tudo o que um sonho precisa para ser realizado é alguém que acredite que ele possa ser realizado”.*

Roberto Shinyashiki

## RESUMO INTERPRETATIVO

Devido ao aumento da população mundial, a demanda por proteínas aumentará e ocorrerá uma competição entre humanos, animais de estimação e animais de produção. Portanto, novas fontes de proteínas devem ser avaliadas como alternativa à produção de carne animal e cereais. Objetivou-se neste estudo avaliar a composição e a digestibilidade de aminoácidos de três farinhas de insetos para sua utilização na alimentação de cães e gatos. O experimento foi realizado no Departamento de Ciências Animais da Universidade de Illinois, em Urbana-Champaign, Estados Unidos. Foram utilizados 16 galos brancos, alimentados pelo método de alimentação forçada. As análises de composição de nutrientes foram realizadas no Laboratório de Pesquisa Animal do DZO/UFLA. A farinha de barata de Madagascar apresentou a maior quantidade total de aminoácidos. As maiores quantidades de aminoácidos essenciais foram notadas na farinha de tenébrio gigante. Para os aminoácidos não essenciais, a farinha de barata de Madagascar apresentou os maiores valores, quando comparada à farinha de tenébrio gigante. A metionina foi o único aminoácido onde não foram observadas diferenças de digestibilidade entre as farinhas. Os maiores valores de digestibilidade foram encontrados para as aves alimentadas com a farinha de tenébrio gigante. Quanto à digestibilidade da farinha, as de tenébrio gigante e de barata cinérea não apresentaram diferenças entre si, sendo maiores do que a apresentada pela farinha de barata de Madagascar. A farinha de tenébrio gigante também apresentou os maiores valores de aminoácidos digestíveis, exceto para metionina e argina. Para a alimentação de cães, a farinha de barata de Madagascar apresentou limitação para o triptofano, a farinha de tenébrio gigante para a treonina e a farinha de barata cinérea para triptofano e treonina. Já para gatos, todas as farinhas apresentaram limitação para leucina, treonina, arginina e triptofano para as farinhas de barata cinérea e barata de Madagascar. Conclui-se que entre os tratamentos, as três farinhas de insetos obtiveram bons resultados, sendo que a farinha de tenébrio gigante foi a que demonstrou os melhores rendimentos. Ainda assim, os resultados desse estudo evidenciam que as três farinhas de insetos são substitutos adequados para as fontes proteicas comumente utilizadas.



## RESUMO GERAL

Os insetos são uma potencial fonte de proteínas na substituição de ingredientes proteicos para nutrição animal e possuem potencial de mercado parecido com o da farinha de peixe, além de mais sustentável e com promissoras qualidades nutritivas. Outro aspecto favorável é que, por possuírem hábitos alimentares diferenciados, podem ser criados com subprodutos e resíduos. Assim, objetivou-se neste estudo avaliar a composição e a digestibilidade de aminoácidos, digestibilidade da matéria seca, aminoácidos digestíveis e perfil de proteína ideal de três farinhas de insetos para sua utilização na alimentação de cães e gatos. O experimento foi realizado no departamento de Ciências Animais da Universidade de Illinois, localizada em Urbana-Champaign, nos Estados Unidos. Foram utilizados 16 galos brancos cecectomizados da raça Leghorn e todas as aves foram alimentadas utilizando-se o método de alimentação forçada, descrito por Sibbald (1979). Os galos foram distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado. Com o início do experimento, os galos passaram por um jejum de 24 horas antes de serem entubados para receberem o tratamento. Cada galo recebeu 30g do tratamento correspondente e, depois de entubados, os animais eram colocados em jejum novamente. A coleta da excreta foi feita utilizando-se bandejas de plástico embaixo das gaiolas de cada ave, por 48 horas. As excretas foram liofilizadas, pesadas e moídas em uma peneira de 0,25mm. As concentrações de aminoácidos foram mensuradas em cada amostra. A excreção endógena de aminoácidos foi medida utilizando-se 4 galos que ficaram em jejum por 48 horas. A digestibilidade padronizada do aminoácido foi calculada pelo método descrito por Sibbald (1979). As análises bromatológicas das três farinhas foram realizadas no Laboratório de Pesquisa Animal do DZO/UFLA. Com relação à estatística do estudo, os dados foram analisados por ANOVA (SAS Inst. Inc.) como um delineamento inteiramente casualizado. As diferenças de tratamento foram determinadas usando o procedimento LSD, calculado a partir do SEM de ANOVA. Uma probabilidade de  $P < 0,05$  foi utilizada para declarar significância estatística. A farinha de barata de Madagascar apresentou a maior quantidade total de aminoácidos. As maiores quantidades de aminoácidos essenciais foram as apresentadas pela farinha de Tenébrio gigante, além disso, foi a única que apresentou níveis de taurina. Para os aminoácidos não essenciais, a farinha de barata de Madagascar apresentou os maiores valores quando comparada a farinha de Tenébrio gigante. A metionina foi o único aminoácido que não teve diferenças ( $P > 0,05$ ) de digestibilidade entre as farinhas. Os maiores valores de coeficiente de digestibilidade foram encontrados para as aves alimentadas com a farinha de Tenébrio gigante. Com relação a digestibilidade da matéria seca (MS), as farinhas de Tenébrio gigante e barata cinérea não apresentaram diferenças entre si ( $P > 0,05$ ), sendo essas maiores do que a apresentada pela barata de Madagascar. A farinha de Tenébrio gigante também apresentou os maiores valores de aminoácidos digestíveis, exceto para metionina e arginina. Para a alimentação de cães, a farinha de barata de Madagascar apresentou limitação para o triptofano, a farinha de Tenébrio gigante para a treonina e a farinha de barata cinérea para triptofano e treonina. Já para gatos, todas as farinhas apresentaram limitação para leucina, treonina e arginina e triptofano para as farinhas de barata cinérea e barata de Madagascar. Assim, concluiu-se que, apesar de a farinha de Tenébrio gigante ter apresentado os melhores índices, as três farinhas de insetos obtiveram bons resultados e são substitutas adequadas às fontes proteicas comumente utilizadas.

**Palavras-chave:** Animais de companhia, Fonte de proteína, Sustentabilidade.



## GENERAL ABSTRACT

Insects are a potential source for replacing protein foods and have a market potential similar to the fishmeal market, but more sustainable and with promising nutritional qualities for the future need in animal nutrition and because they have different eating habits, they can be created with by-products and residues. The objective of this study was to evaluate the composition and digestibility of amino acids, dry matter digestibility, true digestible amino acids and the profile of ideal protein of three insect meal for use in dog and cat feeding. The experiment was conducted at the Department of Animal Science at the University of Illinois, located in Urbana-Champaign, United States. Sixteen Leghorn white roosters were used and all birds were fed using the forced feeding method described by Sibbald (1979). The roosters were distributed in a completely randomized design. At the beginning of the experiment, the cecectomized roosters were fasted for 24 hours before being intubated to receive the treatment. Each rooster received 30g of the corresponding treatment and after intubation the animals were fasted again. Excreta collection was done using plastic trays under the cages of each bird, for 48 hours. The excreta were lyophilized, weighed and ground in a 0.25mm sieve. Amino acid concentrations were measured in each sample. Endogenous amino acid excretion was measured using 4 roosters fasted for 48 hours. The standardized digestibility of the amino acid was calculated by the method described by Sibbald (1979). The bromatological analyzes of the three meals were carried out at the DZO / UFLA Animal Research Laboratory. Regarding the study statistics, the data were analyzed by ANOVA (SAS Inst. Inc.) as a completely randomized design. Differences in treatment were determined using the LSD procedure calculated from the ANOVA SEM. A probability of  $P < 0.05$  was used to declare statistical significance. The Madagascar hissing cockroach meal had the highest total amount of amino acids. The largest quantities of essential amino acids were those presented by the morio worms meal and was the only one that showed levels of taurine. For the non-essential amino acids, the Madagascar hissing cockroach meal presented the highest values when compared to the morio worms. Methionine was the only amino acid where no differences ( $P > 0.05$ ) in digestibility were observed between the meals. The highest values of the digestibility were found for the birds fed the morio worms meal. Regarding the digestibility of dry matter (DM), the morio worms and the lobster cockroach meals did not present differences between them ( $P > 0.05$ ), being these larger than the one presented by Madagascar hissing cockroach. The morio worms meal also had the highest digestible amino acid values except for methionine and arginine. For dog feeding, Madagascar hissing cockroach meal presented limitation for tryptophan, the morio worms meal for threonine and the lobster cockroach meal for tryptophan and threonine. As for cats, all the meals presented limitations for leucine, threonine and arginine and tryptophan for Madagascar hissing cockroach and lobster cocoroach meals. It is concluded that among the treatments the three insect meals obtained good results, but the morio worm meal was the one that showed the best. Nevertheless, the results of this study show that the three insect meals are adequate substitutes for the commonly used protein sources.

**Keywords:** Companion animals, Protein source, Sustainability.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	11
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	12
2.1 Ingredientes proteicos utilizados na alimentação de cães e gatos .....	12
2.2 Farinha de insetos .....	15
2.3 Proteínas e aminoácidos .....	18
2.4 Importância das proteínas e aminoácidos para cães e gatos .....	20
2.5 Digestibilidade das proteínas .....	22
2.6 Sustentabilidade .....	24
<b>3 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO</b> .....	25
<b>SEGUNDA PARTE – ARTIGO</b> .....	40
<b>PERFIL E DIGESTIBILIDADE DE AMINOÁCIDOS DE TRÊS FARINHAS DE INSETOS AVALIADAS COM GALOS CECECTOMIZADOS</b> .....	40

## 1 INTRODUÇÃO

A Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) informa que será necessário aumentar a produção de alimentos em até 60% até 2050 para atender ao aumento da população mundial. Espera-se que a produção de carnes (aves, suínos e gado) dobre e a produção de produtos lácteos e de peixes triplice para que a população mundial seja alimentada (IFIF, 2017). Devido a esse aumento populacional, a demanda por proteínas aumentará e ocorrerá competição entre humanos, animais de estimação e de produção. Portanto, novas fontes de proteína devem ser avaliadas como alternativa à produção de carne animal e cereais (VAN HUIS *et al.*, 2013). Além disso, para que uma fonte de proteína seja considerada de boa qualidade, precisa ser segura, nutritiva, versátil, confiável e bem aceita pelo consumidor (DE KUIJER; WIELENGA, 1999).

Segundo a FAO (2013), os insetos são uma possível fonte de proteínas e possuem potencial de mercado parecido com o da farinha de peixe, sendo mais sustentável e com qualidades nutritivas promissoras para nutrição animal. Levando em conta que os custos com a alimentação dos animais dispendem entre 60% e 70% do custo de produção para a compra de ingredientes proteicos, a farinha de insetos apresenta-se como um importante substituto.

Apesar da atual preocupação em identificar ingredientes alternativos, pouco tem sido pesquisado sobre as oportunidades da utilização de insetos como fonte de proteína para nutrição de animais de companhia (BOSCH *et al.*, 2014). Ao contrário de outros animais de produção, os insetos produzem menos gases de efeito estufa, sua criação não precisa de grandes áreas de terras para ser expandida e as emissões de amônia produzidas são bem menores (VAN HUIS *et al.*, 2013)

Devido a esses fatores, a substituição das farinhas de origem animal por fontes alternativas de proteínas, como a farinha de insetos, representa uma importante área de pesquisa na nutrição animal. Sendo assim, objetivou-se neste estudo avaliar a composição, digestibilidade de aminoácidos e da matéria seca, aminoácidos digestíveis e perfil de proteína ideal de três farinhas de insetos para sua utilização na alimentação de cães e gatos.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Ingredientes proteicos utilizados na alimentação de cães e gatos

Cães e gatos possuem elevada necessidade de proteínas, fazendo com que a inclusão de ingredientes proteicos na formulação de seus alimentos seja muito importante (CARCIOFI, 2008). Esses ingredientes podem vir de duas fontes distintas e são classificadas como: ingredientes de origem vegetal (grãos e farelos de subprodutos de processos industriais de grãos e vegetais) e de origem animal (tecidos animais ou subprodutos da indústria de carnes de frango, bovinos, suínos, ovinos, peixes, ovos, leite etc.) (SEIXAS *et al.*, 2003 e ANFALPET, 2008).

As proteínas de origem animal possuem maior variação em sua composição química, qualidade e digestibilidade, ao contrário das proteínas de origem vegetal. Isso se deve à origem das matérias-primas, ao conteúdo de cinzas presente no ingrediente e à temperatura durante o processamento, que é capaz de reduzir a digestibilidade do alimento (CARCIOFI, 2008), onde temperaturas acima de 130°C já são suficientes para que ocorra a diminuição na biodisponibilidade dos aminoácidos (WISEMAN *et al.*, 1991; WANG & PARSONS, 1998; HENDRIKS *et al.*, 1999; SHIRLEY & PARSONS, 2000). Já as proteínas de origem vegetal podem apresentar fatores antinutricionais (inibidores de enzimas, lectinas, tanino, fitato, polissacarídeos não amiláceos, entre outros) que são deletérios, pois podem influenciar negativamente a disponibilidade de seus nutrientes e, portanto, devem ser inativados durante seu processamento, pois, os tratamentos térmicos e industriais podem diminuir, ou mesmo eliminar esses fatores (BEDNAR *et al.*, 2000; SEIXAS *et al.*, 2003 e CARCIOFI, 2008).

De acordo com Sgarbieri (1996), as fontes de origem animal possuem os ingredientes com o melhor balanceamento de aminoácidos essenciais, ao contrário das fontes de origem vegetal. Segundo o autor, o valor nutricional de uma proteína também depende de sua digestibilidade e não somente de sua composição em aminoácidos, e deve ser considerado ao se formular dietas para cães e gatos.

As principais fontes proteicas de origem animal utilizadas na alimentação de cães e gatos são farinhas de coprodutos de origem animal como, farinha de carne e ossos, farinha de vísceras de aves, farinha de vísceras de suínos, farinha de peixe, entre outros. Já as principais fontes de origem vegetal são o farelo de soja, concentrado proteico de soja, soja micronizada e glúten de milho (FÉLIX *et al.*, 2012).

Dentre os alimentos de origem animal, a farinha de peixe é uma fonte excepcional de energia digestível, possui boa fonte de minerais essenciais, elementos traços e vitaminas essenciais, é um alimento que apresenta um alto valor biológico, com um perfil adequado de aminoácidos essenciais e exibe bons níveis de cálcio, fósforo e vitaminas lipó e hidrossolúveis (LOVELL, 1989; TACON, 1993; PEZZATO, 1995), no entanto, é um produto de custo elevado (FARIA *et al.*, 2001). Já a farinha de vísceras é o produto resultante da cocção, prensagem e moagem de vísceras que, frequentemente, pode ter a inclusão de cabeça e pés. No caso da farinha de vísceras de aves, não deve ocorrer a inclusão de penas. Além disso, podem apresentar valores divergentes de composição química, conteúdo mineral e a qualidade da proteína, dependendo da fonte da matéria-prima, do tempo e do método de estocagem, da temperatura e da pressão utilizada o seu processamento (NAJAFABADI *et al.*, 2007).

A farinha de carne e ossos bovina é um ingrediente alternativo utilizado na substituição da proteína do farelo de soja, devido a sua composição e seu menor preço (POZZA *et al.*, 2004), já que, assim como a farinha de peixe, o farelo de soja é uma commodity e vem acumulando altas nos preços durante os últimos anos (ABIMORAD *et al.*, 2014). Esse ingrediente também possui grande variação em seu conteúdo proteico e composição de aminoácidos, já que seus valores de proteína bruta podem variar entre 33,53% e 52,43% e extrato etéreo entre 12,88% e 14,71% (POZZA *et al.*, 2004). De acordo com Furuya (2010), no mercado, seus valores de proteína são padronizados entre 42% e 46%, valores mais próximos da proteína bruta do farelo de soja.

As farinhas de origem animal possuem uma grande variação na sua composição, como a farinha de carne e ossos, que pode conter diferentes proporções de carne, ossos, sangue, couro e pelos, ao passo que a farinha de vísceras de frango pode ter diferentes inclusões de cabeça, pescoço, pés, dorso, sangue, intestinos e até mesmo penas (BUTOLO, 2002), podendo apresentar grandes diferenças entre lotes e fornecedores destes subprodutos, já que a qualidade proteica desses alimentos não serão as mesmas (OLIVEIRA, 2009).

Os produtos derivados da soja já vêm sendo utilizados há muitos anos pela indústria de alimentos de cães e gatos, no alimento seco ou úmido (CASE *et al.*, 2000). De acordo com Félix (2011), seus grãos apresentam um elevado teor de proteínas e energia, mas apresentam fatores antiqualitativos, como o inibidor de tripsina e os oligossacarídeos, que irão restringir seu uso na formulação de alimentos para cães. O processamento térmico do grão pode desnaturar este inibidor de tripsina, gerando o farelo de soja, a farinha desengordurada, o grão tostado e a soja micronizada. Segundo a autora, no caso dos oligossacarídeos, sua extração da soja ocorre utilizando-se solução de etanol, gerando assim os concentrados proteicos e a proteína isolada

de soja. Portanto, como há a possibilidade de se obter vários produtos derivados do grão de soja, é importante destacar que cada produto terá uma composição química diferente, de acordo com o processo que foi adotado e a etapa de beneficiamento do grão. Além disso, o grão de soja cru nunca é empregado na alimentação destes animais, já que apresentam fatores antinutricionais, isto posto, serão seus coprodutos que serão utilizados, já que passaram por processamentos (VENTURINI, 2016).

Algumas vantagens de se utilizar o farelo de soja na alimentação de cães e gatos são seu baixo custo, em comparação às farinhas de origem animal, permite seu uso em rações mais econômicas; ser um ingrediente disponível e de boa qualidade; e possuir um bom perfil de aminoácidos. Além de melhorar a textura da dieta, pode ser utilizada como a principal fonte de proteínas, apesar de apresentar fatores antinutricionais, apresentar baixas concentrações de metionina e cistina, aumentar o volume e umidade das fezes, além de reduzir a disponibilidade dos minerais por conter quantidades de fitato e fibras e aumentar a necessidade de suplementação de taurina para gatos (FAHEY, 2018).

O glúten de milho é um ingrediente que também pode ser utilizado na alimentação de cães e gatos, de acordo com Case *et al.* (2000), alguns autores consideram que este ingrediente possui qualidade proteica relativamente constante, apesar de sua digestibilidade ser menor em comparação às fontes proteicas de origem animal, o que é contrariado por Sá-Fortes (2005) e Carciofi *et al.* (2006), que encontraram em seus trabalhos maiores valores de digestibilidade da proteína para o glúten 60% em comparação às fontes de origem animal. Apesar de deficiente em alguns aminoácidos, o farelo de glúten 60% é rico em aminoácidos sulfurados, como a metionina. Tais aminoácidos são muito importantes para gatos por auxiliarem na acidificação do pH urinário (FUNABA *et al.*, 2001; 2002; 2005). Além disso, a composição química do farelo de glúten pode variar de acordo com o processamento, os diferentes tipos de milho utilizados, o tipo de moagem e peneiramento, o tipo de centrifugação e a exposição prolongada ao ar, pois este é um alimento de fácil deterioração (HONEYMAN, 1989).

De acordo com Félix (2011), ao combinar ingredientes de fontes de origem vegetal com fontes de origem animal, fornece-se os melhores níveis de proteínas e aminoácidos, pois os níveis de macrominerais (principalmente o cálcio) serão moderados, já que a relação proteína bruta: matéria mineral (7:1 a 20:1) é alta. Segundo a autora, o excesso de minerais irá diminuir a digestibilidade do alimento, pois interfere na motilidade intestinal, fazendo com que ocorra ressecamento das fezes e elevando o conteúdo de cálcio, fósforo e magnésio do alimento, e como consequência, a formulação de dietas nutricionalmente balanceadas será prejudicada. Além disso, as fontes de origem vegetal são menos palatáveis do que as de origem animal

(HOUPPT *et al.*, 1978) e possuem fatores antinutricionais, o que diminuirá seu uso nas formulações de alimentos para cães (FÉLIX, 2011).

Com relação às fontes alternativas de proteínas, é importante que os novos alimentos sejam capazes de oferecer a quantidade necessária de nutrientes para que as exigências dos animais sejam atendidas, promovendo o menor custo sem o comprometimento da qualidade alimentar (SILVA, 2003). Para a formulação de rações balanceadas, é importante que o valor nutricional e energético dos alimentos seja conhecido (TUCCI *et al.*, 2003). Desta forma, a farinha de insetos pode contribuir sendo um alimento proteico eficiente e sustentável (BOSCH *et al.*, 2014).

## 2.2 Farinha de insetos

Existem mais de 2000 espécies de insetos documentadas no mundo, sendo a maioria de países tropicais (EFSA, 2015). Eles pertencem à classe dos artrópodes e podem ser divididos em ordens como coleópteros (besouros), diptérias (moscas), hemíptera (percevejo), homóptera (cupins), himenópteros (vespas, abelhas e formigas), isoptera (térmitas), lepidópteros (borboletas e mariposas) e ortopedas (gafanhotos e grilos) (CAPINERA, 2008).

De acordo com Ramos-Elorduy *et al.* (1997), pelo menos 1386 espécies de insetos são comestíveis e consumidas, independentemente de seu estágio de desenvolvimento, ou seja, podem ser consumidos desde seus ovos, larvas, pupa e o próprio inseto adulto (De FOLIART, 1992; BUKKENS, 1997).

Os primeiros estudos que avaliaram a inclusão de insetos na alimentação animal foram realizados nas regiões da Ásia e da África, em peixes (KITSA, 1989; BANJO *et al.*, 2006), pois, de acordo com Heuzé e Tran (2013), as farinhas de peixe encontradas, eram muitas vezes de má qualidade e possuíam um teor proteico inferior à farinha de insetos. Mas o interesse no uso de insetos na alimentação animal não é restrito aos continentes asiático e africano, pois já existem produtores de insetos em alguns países europeus que estão se organizando em associações de criadores, como por exemplo a VENIK - Associação de Criadores de Insetos da Holanda, que possui o propósito de aumentar o interesse do uso de insetos na alimentação (FAO, 2013).

A farinha de insetos surgiu como uma alternativa ao uso da farinha de peixe e do farelo de soja na alimentação, pois, com o tempo, estima-se que esses alimentos terão sua disponibilidade limitada (MAKKAR *et al.*, 2014) e, atualmente, já não há uma grande

quantidade de terras disponíveis para a plantação de soja e a exploração marinha reduziu a quantidade de peixes, ocasionando a elevação dos preços dos produtos a quase o dobro, durante os últimos cinco anos (VELDKAMP e BOSCH, 2015). Como o preço da farinha de peixe continua a subir, o valor das farinhas de insetos (produzidas em grande escala), pode se tornar competitivo rapidamente (FAO, 2013; DREW *et al.*, 2014).

Além disso, os ingredientes de origem vegetal introduzidos na dieta de animais, em substituição à farinha de peixe e outras proteínas de origem animal (GATLIN *et al.*, 2007) apresentam alguns entraves nutricionais, tais como desbalanço aminoacídico (TACON, 1993), presença de fatores antinutricionais (COLLINS, 2014); adicionalmente podem apresentar potenciais problemas da inflamação do trato digestivo (MERRIFIELD *et al.*, 2011), e diminuição da palatabilidade da dieta (PAPATRYPHON; SOARES, 2001).

Os insetos são uma boa alternativa na alimentação, pois, além de serem uma boa fonte de proteínas, crescem e se reproduzem facilmente, podendo ser criados com fontes de resíduos biológicos. Além disso, por possuírem sangue frio, têm alta conversão alimentar (COLLAVO *et al.*, 2005). Ao contrário de outros animais de produção, os insetos produzem menos gases de efeito estufa, sua criação não precisa de grandes áreas de terras para ser expandida e as emissões de amônia produzidas são bem menores (VAN HUIS *et al.*, 2013). Sua criação também é mais econômica pois, 1 kg de biomassa de inseto pode ser produzido com uma média de 2 kg de biomassa alimentar (COLLAVO *et al.*, 2005) e pode ser de baixa ou alta tecnologia, dependendo da quantidade de capital aplicado (VAN HUIS *et al.*, 2013). Além disso, quando sua criação é comparada com as plantações de grãos para a formulação de rações, a produção de insetos é 50% maior do que a produção de grãos por hectare, ou seja, um hectare de grãos produz menos de uma tonelada de proteína, já um hectare de criação de insetos pode produzir cento e cinquenta toneladas de proteína (DOSSEY *et al.*, 2016).

Algumas espécies de insetos possuem atividade antifúngica e peptídeos com propriedades antimicrobianas (RAVI *et al.*, 2011) que podem aumentar a data de validade das rações contendo insetos (ZHAO *et al.*, 2010). Ressalta-se também que a quitina, polissacarídeo presente no exoesqueleto dos insetos, pode possuir função imunoestimulante e melhoradora de desempenho dos animais (GOPALAKANNAN e ARUL, 2006; LIN *et al.*, 2012).

Além do mais, os insetos não competem por recursos alimentares humanos e podem alimentar-se de partes das plantas não comestíveis pelos animais (RAMOS-ELORDUY *et al.*, 2006), transformando rapidamente resíduos orgânicos de baixa qualidade, como restos de alimentos e esterco, em biomassa de alto valor biológico (VAN HUIS *et al.*, 2013). Os insetos são capazes de reduzir a massa de resíduos nitrogenados em 30-50% e de resíduos fosforados



em 61-70% (DIENER *et al.*, 2009; VAN HUIS, 2013), contribuindo para a sustentabilidade na produção animal. Os insetos também reduzem a carga de bactérias patogênicas na microflora presente no esterco (LIU *et al.*, 2008), sendo que também possuem um alto teor de proteína bruta (42 a 63%), com alto conteúdo de aminoácidos essenciais e alta digestibilidade, bem como uma boa palatabilidade (MAKKAR *et al.*, 2014).

Além dos insetos serem uma boa fonte de proteína com alto valor biológico, também são boas fontes de gordura, minerais e fibras. Os minerais mais abundantes são cobre, ferro, magnésio, fósforo, selênio e zinco, apesar de ser preciso atentar-se para variação desses minerais nas diferentes espécies. No entanto, a quantidade de cálcio é baixa nesta farinha, exigindo a suplementação na dieta (MAKKAR *et al.*, 2014).

Em estudo realizado por Hwangbo *et al.* (2009) foi adicionado à alimentação de pintinhos 5%, 10%, 15% e 20% de larvas de mosca doméstica. Como resultado, as dietas contendo 10 e 15% de larvas promoveram melhor desempenho no crescimento e na carcaça desses animais, bem como no músculo do peito, o teor de proteína permaneceu constante e os teores de lisina e triptofano aumentaram. De acordo com os autores, isto ocorreu devido ao bom perfil de aminoácidos encontrado, ao alto teor proteico (63,99% na matéria seca) ou a alta digestibilidade das larvas (98,5%).

Em ensaios de alimentação de trutas, com substituição de 25 a 50% da farinha de peixe por mosca soldado preto, concluiu-se que, da perspectiva sensorial, os resultados eram tão bons quanto os resultados da dieta controle (100% de farinha de peixe) (SEALEY *et al.* 2011). Já em experimento realizado por Munyuli Bin Mushambanyi e Balezi (2002), ao substituir uma farinha de carnes, um ingrediente caro na avicultura, por farinha derivada de baratas (*Blatta orientalis*) e térmitas (*Kaloterme flavicollis*), obteve-se como resultado que, quando incorporada na alimentação, a farinha de carne pode ser substituída pela farinha de insetos, sem ocorrer nenhum problema.

Ramos Elorduy (2002), em estudo utilizando tenébrio (*Tenebrio molitor*) criado em resíduo de baixo valor nutritivo na alimentação de frangos de corte, concluiu-se que o tenébrio foi capaz de transformar a dieta de baixo valor nutritivo em dieta rica em proteína, tornando-se uma fonte alternativa de proteína, em substituição à farinha de soja.

Segundo Barroso *et al.* (2004) e Sánchez-Muros *et al.* (2014), as farinhas de insetos podem ser utilizadas como fontes alternativas de proteína animal, substituindo as farinhas de peixe e de farelo de soja na alimentação, de acordo com sua produção sustentável e sua propriedade nutritiva em relação à proteína.

### 2.3 Proteínas e aminoácidos

As proteínas são importantes para os animais, pois são elas que disponibilizam os aminoácidos essenciais para a síntese de proteínas do organismo e também o nitrogênio, necessário para a síntese de outros compostos essenciais (CASE *et al.*, 1998). De acordo com Schaeffer *et al.* (1989), a necessidade de proteínas de um animal é definida pela ingestão mínima de proteínas na dieta para auxiliar o seu crescimento. Porém, os animais não possuem uma verdadeira necessidade pelas proteínas, e sim pelos aminoácidos, que constituem a proteína (TELES *et al.*, 2011).

Existem 22 alfa aminoácidos localizados em cadeias proteicas, desses, apenas 10 são classificados como essenciais (CASE *et al.*, 1998), ou seja, o animal não consegue sintetizá-los em velocidade suficiente para que suas necessidades sejam atendidas, portanto se faz necessária a inclusão destes no alimento do animal (BERTECHINI, 2013). E esses aminoácidos são arginina, histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptofano e valina, sendo a lisina o primeiro aminoácido limitante para cães e gatos (HUSSEIN, 2003). É importante destacar que todos os aminoácidos, incluindo os não essenciais, são indispensáveis para a síntese proteica orgânica do animal. Os animais adquirem os aminoácidos não essenciais a partir de outros aminoácidos ou a partir da dieta, e quando os níveis de proteína da dieta estão baixos, irá utilizar os aminoácidos essenciais para a síntese dos não essenciais, o que não é bom. Portanto, para poupar e preservar o uso dos aminoácidos essenciais, é importante ter um nível mínimo de aminoácidos não essenciais na dieta (BERTECHINI, 2013).

De acordo com Conconi *et al.* (1984), a qualidade e a composição de aminoácidos, bem como o equilíbrio entre aminoácidos essenciais e não essenciais, são fatores importantes na escolha da melhor proteína a ser utilizada. Quando um aminoácido essencial específico não está disponível, a síntese de proteínas é interrompida, limitando a utilização de outros aminoácidos essenciais e quando é fornecido, a síntese pode continuar. Esse aminoácido é denominado aminoácido limitante (BROWN, 1989). Os aminoácidos limitantes são aqueles que são encontrados em uma concentração menor do que a exigida para o máximo crescimento animal, podendo ser expresso em uma ordem de limitação quando um ou mais aminoácidos forem limitantes numa ração (BERTECHINI, 2013).

A proporção adequada de aminoácidos pode ser estabelecida utilizando o conceito de proteína ideal, considerando a lisina como o aminoácido padrão de comparação (100%). A relação estreita entre o perfil de aminoácidos suplementados pelo alimento e as necessidades

do animal, favorece o maior valor biológico do alimento diminuindo a porcentagem de proteína requerida na dieta. Este conceito já é bem aceito por formuladores de outras espécies e começa a ser utilizado por formuladores de alimentos para cães e gatos (BAKER e CZARNECKI-MAULDEN, 1991; SAAD e FERREIRA, 2004; BERTECHINI, 2013).

As proteínas são muito importantes para o organismo animal, pois apresentam inúmeras funções como: componentes estruturais do pelo, plumas, unhas, tendões, ligamentos e cartilagens; fazem parte do tecido conjuntivo corporal (colágeno); participam da regulação da ação muscular (actina e miosina); podem atuar como substâncias transportadoras no sangue; contribuem para a regulação do equilíbrio ácido-base e participam do sistema imune do organismo, já que os anticorpos são compostos de grandes moléculas de proteína. Além disso, vários hormônios são formados por proteínas como, por exemplo, a insulina e o glucagon (CASE *et al.*, 1998).

Para os animais monogástricos, as necessidades de proteína são altas e devem ser incluídas em sua dieta. Para esses animais, as fontes de proteína devem apresentar um perfil adequado de aminoácidos, alta digestibilidade e palatabilidade e não possuir fatores antinutricionais (Barrows *et al.*, 2008). As duas fontes de proteínas mais utilizadas na alimentação animal são a farinha de peixe e o farelo de soja (SÁNCHEZ-MUROS *et al.*, 2014).

A farinha de peixe pode ser utilizada na alimentação de peixes, devido ao elevado teor de proteína, ao perfil balanceado de aminoácidos essenciais (NGUYEN *et al.*, 2009; NRC, 2011; OLIVA-TELES, 2012) e aos altos níveis de aminoácidos essenciais digeríveis, como a lisina, a metionina e a leucina (HALL, 1992), mas tornou-se um recurso limitado (BARROSO *et al.*, 2014) e de alto custo (TURKER *et al.*, 2005), devido ao excesso da pesca (BARROSO, 2014).

Já as proteínas presentes nos insetos apresentam aminoácidos de alta qualidade e ricas em aminoácidos essenciais (HALL, 1992). O teor médio de proteína varia de 50 a 82% na matéria seca (RUMPOLD e SLULUTER, 2013), dependendo da espécie ou do processamento pelo qual o inseto passou (FASAKIN *et al.*, 2003; BANJO *et al.*, 2006). De acordo com Barroso *et al.* (2014), uma farinha de peixe de boa qualidade possui um conteúdo proteico de até 73% e a farinha de soja de até 50% de proteína. O teor de proteína dos insetos vai variar de acordo com a espécie, com o estágio de vida (VELDKAMP e BOSCH, 2015), com as condições de criação e com o meio utilizado para o crescimento e produção desses insetos (MAKKAR *et al.*, 2014).

Em relação a composição de aminoácidos essenciais, as fontes de insetos possuem composição proteica semelhante ou superior à soja, mas apresentam baixa quantidade de

histidina, lisina e triptofano quando comparadas a farinha de peixe e ao farelo de soja (SANCHEZ-MUROS *et al.*, 2014) e alta quantidade de metionina e tirosina em comparação ao farelo de soja (VELDKAMP *et al.*, 2012). Mas, de acordo com Makkar *et al.* (2014), estes aminoácidos podem ser suplementados na dieta animal. Ao alimentar ratos desmamados com grilos da espécie *Anabrus simplex* e grilo doméstico (*Acheta domestica*), Finke *et al.* (1989) encontraram que essas fontes de proteína eram semelhantes ou superiores a proteína de soja como fonte de aminoácidos essenciais.

É importante salientar que os insetos que possuem um exoesqueleto, possuem um nível de digestibilidade da proteína mais baixo, devido a presença de quitina; mas retirando-se esse exoesqueleto, a digestibilidade aumenta (DEFOLIART, 1992). Segundo Ramos-Elorduy *et al.* (1997), a digestibilidade da proteína dos insetos é alta, entre 77 e 98%.

Pretorius (2011), ao conduzir um experimento com frangos de corte, testou sete dietas, sendo uma dieta comercial (milho e soja), e outras seis dietas suplementadas com 10, 25 e 50% de farinha de mosca doméstica ou farinha de peixe. Com os resultados do estudo, pode-se constatar que frangos que receberam a dieta com 10% de farinha de mosca ou 10% de farinha de peixe, tiveram maior quantidade de músculo do peito em relação ao peso da carcaça, em comparação aos que receberam apenas a dieta comercial. Também foi encontrado que a farinha de mosca doméstica ao nível de 25% na dieta, aumentou o peso vivo, a ingestão alimentar e o consumo cumulativo de ração quando comparado com os animais que receberam a dieta contendo 25% de farinha de peixe. Com estes resultados, concluiu-se que a farinha de moscas domésticas pode ser um substituto mais barato à farinha de peixe para frangos de corte em crescimento.

Portanto, os insetos além de serem uma fonte de proteínas de alta qualidade, podem complementar a dieta com minerais, e ainda possuem um longo histórico de consumo seguro (VERKERK *et al.*, 2007).

## **2.4 Importância das proteínas e aminoácidos para cães e gatos**

Conhecer as exigências nutricionais de cães e gatos é muito importante, pois estas diferem entre si, já que as exigências do gato são as de um carnívoro e serão supridas por uma dieta rica em proteína animal (HORA e HAGIWARA, 2010), e os cães são considerados onívoros devido a sua capacidade digestiva e hábitos alimentares flexíveis quanto à dieta (MORRIS, 2001).

Os gatos possuem algumas necessidades especiais, diferentemente de outras espécies (HUSSEIN, 2003). A arginina e a taurina, não são sintetizadas nas quantidades adequadas necessárias para o funcionamento normal do metabolismo desses animais (CASE *et al.*, 1998). A deficiência de taurina causa a degeneração da retina dos animais, o desenvolvimento de cardiomiopatias e problemas reprodutivos, já que os gatos não recuperam pelo sistema enterohepático a taurina perdida nas fezes (CASE *et al.*, 1998; STURGESS e HURLEY, 2005; ELDREDGE, 2008). A função desta, em gatos, é participar da conjugação dos ácidos biliares (PION *et al.*, 1998; HAYES e STUMAN, 1981). Já a falta da arginina nos animais causará uma grave uremia, pois este aminoácido é um componente essencial que atua no ciclo da ureia, possibilitando a biotransformação das proteínas em ureia para excreção (MORRIS; ROGERS, 1978; NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2006; ELDREDGE, 2008). Os cães também necessitam de arginina em sua dieta, porém, a deficiência nesses animais é considerada intermediária, enquanto que em gatos sua deficiência é mais severa (MORRIS, 1985).

Pode-se destacar a maior necessidade dos gatos pelos aminoácidos sulfurados metionina e cisteína, pois esses possuem a síntese e a excreção de um composto chamado felinina em sua urina, mas sua ação ainda não é muito conhecida, apenas é sugerido que ela possa atuar na marcação territorial dos animais ou como um regulador do metabolismo do esteroide nos gatos (SHAPIRO, 1962).

Além do mais, o gato necessita de altas necessidades de aminoácidos essenciais em sua dieta, mas não é por isso que sua necessidade de proteínas é elevada, mas sim porque suas enzimas hepáticas, responsáveis pelo catabolismo do nitrogênio, são incapazes de se adaptarem às mudanças da ingestão de proteínas proveniente da dieta (CASE *et al.*, 1998) e possuem uma alta atividade de enzimas que atuam no ciclo da ureia e da alta perda obrigatória de nitrogênio na urina (ROGERS *et al.*, 1977).

Diferentemente das outras espécies animais, o gato possui suas enzimas hepáticas sempre em um alto nível de atividade, mesmo quando os níveis de proteína da dieta estão baixos (ROGERS *et al.*, 1977), por isso é importante que o gato consuma alimentos com altas quantidades de proteína (CASE *et al.*, 1998). Além disso, possuem uma alta exigência pela quantidade e qualidade das proteínas a serem utilizadas em sua dieta (CAMILO *et al.*, 2014).

Para se avaliar as exigências de proteína de animais de companhia, são utilizados estudos do balanço nitrogenado, baseando-se na diferença entre a ingestão e a excreção de nitrogênio pelo corpo (KENDALL *et al.*, 1982<sup>a</sup>). Mesmo esse método sendo aceito amplamente para avaliação do estado nutricional e para determinação das exigências proteicas, ele não

determina o quanto é utilizado na síntese proteica, na oxidação e em outras funções (HUMBERT *et al.*, 2001).

De acordo com Case (1998), as proteínas utilizadas por cães e gatos, para o uso dos aminoácidos e do nitrogênio, são afetadas diretamente por sua digestibilidade e qualidade, deste modo, é possível encontrar proteínas de alta qualidade, que possuem todos os aminoácidos em suas proporções corretas e são muito digestíveis e proteínas de baixa qualidade, com um ou mais aminoácidos limitantes e que possuem baixa digestibilidade.

As proteínas utilizadas nas dietas desses animais podem ser divididas entre proteínas de origem animal e de origem vegetal (ANFALPET, 2008), sendo que as proteínas de fontes de origem animal são matérias primas importantes nas dietas de cães e gatos. Assim, é preciso respeitar sua composição variada e qualidade nutricional, relacionadas com sua origem, bem como o conteúdo de cinzas e a temperatura durante o processamento, que é capaz de reduzir a digestibilidade do alimento. Já as proteínas de fontes de origem vegetal possuem composição mais uniforme, porém podem apresentar fatores antinutricionais que, quando presentes, podem influenciar negativamente a disponibilidade de seus nutrientes. Por outro lado, ocorrendo o tratamento térmico e industrial, esses fatores podem ser reduzidos ou até mesmo eliminados, melhorando assim a qualidade dessas fontes (CARCIOFI, 2008).

Com isso, existindo o aumento na demanda por ingredientes proteicos no mercado, tanto para alimentação humana como para *pet food*, é necessário o estudo de farinhas de insetos como uma fonte nova e alternativa de proteínas para a nutrição de cães e gatos, pois apresentam características nutricionais semelhantes à farinha de peixe (RAMOS-ELORDUY *et al.*, 2002).

## **2.5 Digestibilidade das proteínas**

De acordo com Lewis e Bayley (1995), o processo de digestão da proteína nos animais envolve a clivagem enzimática da proteína em aminoácidos e pequenos resíduos peptídicos para serem absorvidos pelas células da mucosa do intestino delgado.

Muitas vezes os termos digestibilidade e biodisponibilidade são utilizados como sinônimos de forma errada (FULLER; WANG, 1990), já que a biodisponibilidade de aminoácidos é definida como a quantidade de aminoácidos absorvidos e utilizados pelos animais (SAKOMURA; ROSTAGNO, 2007) para a síntese de proteínas (BATTERHAM, 1992) e a digestibilidade, de acordo com Rérat (1990), é o desaparecimento do nutriente durante sua passagem pelo trato gastrointestinal, pois esse pode sofrer modificações ou ser

completamente destruído pela ação dos microrganismos presentes em alguns locais do trato digestivo ou mesmo ser metabolizado durante a absorção.

Sendo assim, uma mesma proteína pode apresentar diferenças na eficiência de utilização em várias espécies, devido a diferentes digestibilidades e/ou requerimento de nitrogênio e aminoácidos. Os animais carnívoros em geral, incluindo gatos, possuem baixa digestibilidade aparente de proteínas de baixa digestibilidade (KENDALL *et al.*, 1982<sup>b</sup>; AHLSTROM e SKREDE, 1998) e alto requerimento de alguns aminoácidos como a arginina (ANDERSON *et al.*, 1979<sup>a</sup>; COSTELLO *et al.*, 1980).

A digestibilidade dos aminoácidos pode ser determinada utilizando-se diferentes métodos (ENGSTER *et al.*, 1985).

Na metodologia tradicional se faz uso de uma dieta referência ofertada aos animais, onde um de seus constituintes será substituído pelo ingrediente a ser estudado (BORGES *et al.*, 2003), dessa forma a dieta referência serve como um padrão e novos ingredientes podem ser testados (SIBBALD e SLINGER, 1963). Entretanto, a microbiota intestinal pode afetar a digestibilidade dos aminoácidos, pois os microrganismos presentes no intestino podem modificar a composição da excreta por degradação dos aminoácidos ou pela síntese de compostos nitrogenados (ALBINO, 1991). Uma opção seria o uso de galos cecectomizados, pois o ceco é o local onde há maior atividade microbiana (CRISSEY; THOMAS, 1987). Além disso, de acordo com Schang (1987), essa metodologia não leva em consideração o nível de inclusão e o valor extra calórico de alguns alimentos, pois de acordo com o autor, toda a variação no resultado da energia metabólica aparente da dieta é devido ao ingrediente que está sendo testado.

Já o método sugerido por Sibbald (1976) considera a fração endógena e metabólica da dieta e é feita alimentando-se forçadamente galos cecectomizados, onde um grupo de animais é deixado em jejum para se obter as perdas metabólicas e endógenas. Este método também é utilizado pois prediz a digestibilidade *in vivo* do alimento estudado (DENG *et al.*, 2016) ao eliminar a ação das bactérias presentes no cólon e no ceco do animal, na degradação da proteína (GODOY *et al.*, 2009).

De acordo com Johnson *et al* (1998), os resultados encontrados na digestibilidade de aminoácidos de galos cecectomizados são semelhantes aos resultados de cães canulados no íleo, portanto a substituição de cães e gatos nos estudos por galos cecectomizados é possível (DENG *et al.*, 2016), além disso, quando comparado com ensaios de digestibilidade de cães e gatos, este método provou ser mais barato e mais rápido (GODOY *et al.*, 2009).

## 2.6 Sustentabilidade

À medida que a demanda para alimentar a população mundial continuar crescendo, a sustentabilidade dos sistemas alimentares será cada vez menor, pois o aumento do consumo de alimentos de origem animal, urbanização, mudanças climáticas e degradação da terra, água e sistemas ecológicos irá diminuir a produção de alimentos. No entanto, a compreensão do potencial de uso dos insetos pode ser uma solução para a sustentabilidade do sistema alimentar (HALLORAN *et al.*, 2018).

Estima-se que, até 2030, o consumo de carne *per capita* aumente 9% nos países desenvolvidos, fazendo com que a demanda por grãos também seja alta, pois será utilizada para a alimentação dos animais (MSANGI; ROSEGRANT, 2011), portanto, o grande desafio para proteger a segurança alimentar será produzir a proteína animal mais eficientemente e com um impacto ambiental menor (VANTOMME, 2015). Neste contexto, a criação de insetos em larga escala apresenta-se como alternativa sustentável para a alimentação de animais e humanos (FAO, 2003).

Por outro lado, a superexploração marinha causou um aumento nos custos do óleo e da farinha de peixe (DEUTSH *et al.*, 2007; TACON e METIAN, 2008) e os preços da soja e do óleo de soja também aumentaram, devido ao aumento da demanda (FROSTE, 2008), e com o aumento do cultivo de soja, grandes questões ambientais aparecerão (SÁNCHEZ-MUROS *et al.*, 2014), como as áreas de terra de alto valor biológico que terão que ser desmatadas para a sua produção (CARVALHO, 1999; OSAVA, 1999), o alto consumo de água (STEINFELD *et al.*, 2006) e a utilização de agrotóxicos e fertilizantes (CARVALHO, 1999). Com os preços destes ingredientes aumentando, a indústria procura fontes de proteína alternativa (FAO, 2012) e os insetos podem ser utilizados como substitutos destes ingredientes na alimentação animal (van HUIS, 2013).

Os insetos são fontes de proteína, lipídeos, carboidratos e certas vitaminas (MacEVILLY, 2000), causam menores danos ao meio ambiente e emitem menos gases de efeito estufa e amônia quando comparados à criação de bovinos e suínos (OONINCX *et al.*, 2010), não necessitam de grandes áreas de terra para sua criação (OONONCX e DE BOER, 2012) e podem ser criados em unidades de produção em larga escala ou em pequena escala, no quintal (VANTOMME, 2015).



### 3 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

ABIMORAD, E. G.; CASTELLANI, D.; GONÇALVES, G. S.; ROMERA, D. M.; GARCIA, F. e do NASCIMENTO, T. T. T. Substituição parcial do farelo de soja pela farinha de carne e ossos em dietas para juvenis de tilápia-do-nilo. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v.49, n.11, p. 836-843, 2014.

ALBINO, L. F. T. Sistema de avaliação nutricional de alimentos e suas aplicações na formulação de rações para frangos de corte. 1991. 141 f. Tese (Doutorado em Nutrição de Monogástricos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

AHLSTROM, O; SKREDE, A. Comparative nutriente digestibility in dogs, bluefoxes, mink and rats. **J. Nutr.** 128: 2676S-2677S, 1998.

ANDERSON, P. A.; BAKER, D. H.; CORBIN, J. E. Lysine and arginine requirements of the domestic cat. **J. Nutr.** 109: 1368-1372, 1979.

AOAC. 1995. Official methods of analysis. 16th ed. AOAC International, Arlington.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE PRODUTOS PARA ANIMAIS DE ESTIMAÇÃO -ABINPET. 2015. Disponível em: <[www.abinpet.org.br](http://www.abinpet.org.br)>. Acesso em: 11 set. 2017.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE ALIMENTOS PARA ANIMAIS DE ESTIMAÇÃO - ANFALPET. **Manual do programa integrado de qualidade pet**. 2. Ed. São Paulo, p. 238, 2008.

BAKER, D. H.; CZARNECKI-MAULDEN, G. L. Comparative nutrition of cats and dogs. **Annual review of nutrition**, v. 11, n. 1, p. 239-263, 1991.

BANJO, A.; LAWAL, O.; SONGONUGA, E. The nutritional value of fourteen species of edible insects in southwestern Nigeria. **African Journal of Biotechnology**, v.5, n.3, p. 298-301, 2006.

BARROSO, F.G., DE HARO, C., SÁNCHEZ-MUROS, M.J., VENEGAS, E., MARTÍNEZ-SÁNCHEZ, A., PÉREZ-BAÑÓN, C. The potential of various insect species for use as food for fish. **Aquaculture**. 422, 193–201, 2014.

BARROWS, F.T., BELLIS, D., KROGDAHL, A., SILVERSTEIN, J.T., HERMAN, E.M., SEALEY, W.M., RUST, M.B., GATLIN III, D.M. Report of plant products in aquafeeds strategic planning workshop: an integrated interdisciplinary roadmap for increasing utilization of plant feedstuffs in diets for carnivorous fish. **Rev. Fish. Sci.** 16:449-455, 2008.

BATTERHAM, C. S. Availability and utilization of amino acids for growing pigs. **Nut. Res. Rev.**, 5:1-18, 1992.

BEDNAR, G. E.; MURRAY, S. M.; PATIL, A. R.; FLICKINGER, E. A.; MERCHEN, N. R. e FAHEY Jr., G. C. Selected animal and plant protein sources affect nutrient digestibility and fecal characteristics of ileally cannulated dogs. **Arch. Anim. Nutr.** V. 53, n. 2, p. 127-140, 2000.

BERTECHINI, A. G. Nutrição de monogástricos. Editora UFLA. 2ª edição, p. 127-164, 2013.

BORGES, F. M. O.; ROSTAGNO, H. S.; SAAD, C. E. P.; RODRIGUEZ, N. M.; TEIXEIRA, E. A.; LARA, L. B.; MENDES, W. S.; ARAÚJO, V. L. Comparação de métodos de avaliação dos valores energéticos do grão de trigo e seus subprodutos para frangos de corte. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v. 55, n.6, p. 710-721, 2003.

BOSCH, G.; ZHANG, S.; OONINCX, D. G. A. B.; HENDRIKS, W. H. Protein quality of insects as potential ingredients for dog and cat foods. **Journal of Nutritional Science**, v.3, ed. 29, p. 1-4, 2014.

BROWN, R. G. Protein in dog foods. **Can. Vet. J.** 30: 528-531, 1989.

BUKKENS, S.G.F. The nutritional value of edible insects. **Ecol. Food. Nutr.**36:287–319, 1997.

BUTOLO, J. E. Qualidade de ingredientes na alimentação animal. 1. Campinas: CBNA, 2002. 430 p.

CAMILO, M.; SAKAMOTO, M. I.; GOMES, M. O. S. Nutrição de cães em diferentes fases da vida. **Boletim Técnico, produção animal UNICASTELO**. Descalvado, SP, v. 10, p. 5, 2014.

CARCIOFI, A. C.; PONTIERI, R.; FERREIRA, C. F. *et al.* Avaliação de dietas com diferentes fontes protéicas para cães adultos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p. 754-760, 2006.

CARCIOFI, A. C. Fontes de proteína e carboidratos para cães e gatos. **R. Bras. Zootec.**, v.37, suplemento especial p.28-41, 2008.

CARVALHO, R., 1999. A Amazônia rumo ao 'ciclo da soja'. In: Amazônia Papers No. 2. Programa Amazônia, Amigos da Terra, São Paulo, Brazil, p. 8. URL: <http://www.amazonia.org.br>.

CASE, L. P., CAREY, D. P., HIRAKAWA, D. A. Nutrição canina e felina: manual para profissionais. **Harcourt Brace**. 99-115.,1998.

CASE, L. P.; CAREY, D. P.; HIRAKAWA, D. A. *et al.* Canine and feline nutrition. A resource for companion animal professionals. 2 ed. St. Louis: Mosby, 2000. 592 p.

CAPINERA, J. L. Encyclopedia of entomology. Vols. 1-4, 2008.

COLLAVO, A., GLEW, R.H., HUANG, Y.S., CHUANG, L.T., BOSSE, R., PAOLETTI, M.G. House cricket small-scale farming. In: Paoletti, M.G. (Ed.), Ecological Implications of Minilivestock: Potential of Insects, Rodents, Frogs and Snails. **Science Publishers**, New Hampshire, pp. 519-544, 2005.

COLLINS, S.A. Antinutritional factors in modeling plant-based rainbow trout. **Department of Animal and Poultry Science**, University of Saskatchewan, Saskatoon, Canada, p. 215, 2014.

CONCONI, J.R.E.; MORENO, J.M.P.; MAYAUDON, C.M.; VALDEZ, F.R.; PEREZ, M.A.; PRADO, E.S.; RODRIGUEZ, H.B. Protein content of some edible insects in Mexico. **Ethnobiology**. 4, 61e72, 1984.

COSTELLO, M. J.; MORRIS, J. G.; ROGERS, Q. R. Effect of dietary arginine level on urinary orotate and citrate excretion in growing kittens. **J. Nutr.** 110: 1204-1208, 1980.

CRISSEY, S. D.; THOMAS, O. P. Comparison of the sensitivities of growth and digestibility studies using intact, cecectomized, and cannulated roosters. **Poult. Sci.**, Savoy, v. 66, p. 866-874, 1987.

DEFOLIART, G. R. Insects as human food: Gene DeFoliart discusses some nutritional and economic aspects. **Crop. Prot.** 11(5):395–9, 1992

DEUTSCH, L.; GRÄSLUND, S.; FOLKE, C.; TROELL, M.; HUITRIC, M.; *et al.* Feeding aquaculture growth through globalization: exploitation of marine ecosystems for fishmeal. **Glob. Environ. Change.** 17:238-49, 2007.

DIENER, S. *et al.* Conversion of organic material by black soldier fly larvae: establishing optimal feeding rates. **Waste Manage & Research.** v. 27, p. 603–610, 2009.

DING, P.; UTTERBACK, P. L.; PARSONS, C. M.; HANCOCK, L. e SWANSON, K. S. Chemical composition, true nutrient digestibility, and true metabolizable energy of novel pet food protein sources using the precision-fed cecectomized rooster assay. **J. Anim. Sci.**, 94:3335-3342, 2016.

DOSSEY, A. T.; MORALES-RAMOS, J. A.; ROJAS, M. G. **Insects as sustainable food ingredients: production, processing and food applications.** Academic Press, 2016.

DREW, D.; DREW, J.; KOTZE, J.; PIETERSE, E.; RICHARDS, C.; RUDOLPHE, R.; WATSON, P. Agriprotein: Building the World's Largest Insect Rearing Protein Farm—A History Vision. Conference Proceedings of Insects to Feed the World, 2014.

EFSA Scientific Committee. Scientific Opinion on a risk profile related to production and consumption of insects as food and feed. **EFSA Journal**, v. 13, n. 10, p. 4257, 2015.

ELDREDGE, D. M. *et al.* Nutrition. In: ELDREDGE, D. M. *et al.* Cat owner`s home veterinary handbook. 3 Ed. New Jersey: Wiley Publishing, p. 491-512, 2008.

ENGSTER, H. M.; CAVE, N. A.; LIKUSHI, H. *et al.* A collaborative study to evaluate a precision-fed rooster assay for true amino acid availability in fed ingredients. **Poult. Sci.**, v. 64, p. 487-498, 1985.

FAHEY Jr., G. C. Soybean use- companion animals. Fact Sheet. Disponível em: <[www.soymeal.org/wp-content/uploads/2018/04/soybean\\_use\\_companion\\_animals.pdf](http://www.soymeal.org/wp-content/uploads/2018/04/soybean_use_companion_animals.pdf)> Acesso em: 16 set. 2018.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), 2013. Edible insects. Future prospects for food and feed security. van Huis, A.; van Itterback, J.; Klunder, H.; Mertens, E.; Halloran, A.; Muir, G. and Vantomme, P. Rome, 2013. Disponível em <http://www.fao.org/dorrep/018/i3253e/i3253e.pff> > Acesso em: 09 de agosto de 2018.

FAO, I. **WFP: The State of Food Insecurity in the World 2013. The multiple dimensions of food security.** 2013.

FASAKIN, E. A.; BALOGUN, A. M.; AJAYI, O. O. Evaluation of full-fat and defatted maggot meals in the feeding of clariid catfish *Clarias gariepinus* fingerlings. **Aquac. Res.** 34, 733–738, 2003.

FARIA, A. C. E. A.; HAYASHI, C.; SOARES, C. M. Substituição parcial e total da farinha de peixe pelo farelo de soja em dietas para alevinos de piavuçu, *Leporinus macrocephalus* (Garavello & Britski, 1988). **Acta Scientiarum.** Maringá, v.23, n.4, p. 835-840, 2001.

FÉLIX, A. P. Avaliação nutricional de derivados protéicos de soja para cães. Tese (Doutorado em Ciências Veterinárias) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, p. 188. 2011.

FINKE, Mark D.; DEFOLIART, Gene R.; BENEVENGA, Norlin J. Use of a four-parameter logistic model to evaluate the quality of the protein from three insect species when fed to rats. **The Journal of nutrition**, v. 119, n. 6, p. 864-871, 1989.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). Global food losses and food waste – extent, causes and prevention. **FAO**, Rome, Italy, 2011.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). Assessing the potential of insects as food and feed in assuring food security. Presented at Tech. Consult. Meet., 23-25 january, FAO, Rome, Italy, 2012.

FULLER, M. F.; WANG, T. C. Digestible ideal protein - a measure of dietary protein value. **Pigs News and Information**. 11(3):353-357, 1990.

FUNABA, M. *et al.* Comparison of corn gluten meal and meat meal as a protein source for dry cat food. **J. Vet. Med. Sci.**, v.63, n.12, p. 1355-1357, 2001.

FUNABA, M. *et al.* Comparison of corn gluten meal and meat meal as a protein source in dry foods formulated for cats. **Am. J. Vet. Res.**, v.63, n.9, p. 1247-1251, 2002.

FUNABA, M. *et al.* Evaluation of meat meal, chicken meal, and corn gluten meal as dietary sources of protein in dry cat food. **Can. J. Vet. Res.**, v.69, p. 299-304, 2005.

FURUYA, W. M. Tabelas brasileiras para a nutrição de tilápias. Toledo: GFM, 2010. 100 p.

GATLIN, D.M. *et al.* Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: a review. **Aquaculture Research**, v. 38, p. 551–579, 2007.

GOPALAKANNAN, A.; ARUL, V. Immunomodulatory effects of dietary intake of chitin, chitosan and levamisole on the immune system of *Cyprinus carpio* and control of *Aeromonas hydrophila* infection in ponds. **Aquaculture**, v. 255, n. 1-4, p. 179–187, 2006.

HALL, G.M. Fish processing technology. In: Ockerman, H.W. (Ed.), **Fishery Byproducts**. VCH Publishers, New York, USA, pp. 155–192, 1992.

HALLORAN, A; FLORE, R.; VANTOMME, P.; ROOS, N. Edible insects in sustainable food systems. Springer International Publishing AG. Gewerbestrasse 11, 6330 Cham, Switzerland. 468 p. 2018.

HÄRTEL, H. Influence of food input and procedure of determination on metabolizable energy and digestibility of a diet measured with young and adult birds. **Br. Poult, Sci.**, v. 27, p. 11-39, 1986.

HAYES, K. C.; STUMAN, I. A. Taurine in metabolism. **Annu. Rev. Nutri.** 1 : 401 – 420. 1981.

HENDRIKS, W. H. *et al.* Heat processing changes the protein quality of canned cat foods as measured with a rat bioassay. **J. Anim. Sci.**, v. 77, p. 669-676, 1999.

HEUZÉ, V.; TRAN, G. Locust meal, locusts, grasshoppers and crickets, Feedipedia. org. A programme by INRA, CIRAD, AFZ and FAO. 2013.

HONEYMAN, M. S. Corn gluten feed as a principal feed ingredient for gestating swine: Effects on long term reproductive performance and energy, lysine and triptophan utilization. Iowa: ISU, 120 p., 1989.

HORA, A. S. D.; HAGIWARA, M. K. A importância dos aminoácidos na nutrição dos gatos domésticos. **Clínica veterinária**, v. 15, n. 84, p. 30-42, 2010.

HORNUNG, D. E., and J. R. STEVENSON. 1971. Changes in the rate of chitin synthesis during the crayfish molting cycle. *Comp. Biochem. Physiol. B* 40(2):341-346.

HOUP, K. A. *et al.* The role of olfaction in canine food preferences. **Chemical Senses**, v.3, p. 281-290, 1978.

HUMBERT, B.; BLEIS, P.; MARTIN, L.; DUMON, H.; DARMAUN, D.; NGUYEN, P. Effects of dietary protein restriction and amino acids deficiency on protein metabolism in dogs. **Journal of animal physiology and animal nutrition**, v. 85, n. 7-8, p. 255-262, 2001.

HUSSEIN S. HUSSEIN. Basic nutrient requirements for healthy adult cats. In: KVAMME, J. L.; PHILLIPS, T. D. *Pet food Technology*. Watt Publishing Company, v. 1, p. 14-28, 2003.

HWANGBO, J.; HONG, E. C.; JANG, A.; KANG, H. K.; OH, J. S.; KIM, B.W.; *et al.* Utilization of house fly-maggots, a feed supplement in the production of broiler chickens. *Journal of Environmental Biology*, 30, 609–614, 2009.

IFIF. 2017. International Feed Industry Federation. (available at <http://www.ifif.org/pages/t/The+global+feed+industry>). Accessed September 2017.

JOHNSON, M. L.; PARSONS, C. M.; FAHEY JR, G. C.; MERCHEN, N. R. e ALDRICH, C. G. Effects of species raw material source, ash content, and processing temperature on amino acid digestibility of animal by-product meals by cecectomized roosters and ileally cannulated dogs. **J. Anim. Sci.**, 76:1112-1122, 1998.

KENDALL, P. T.; BLAZA, S. E.; HOLME, D. W. Assessment of endogenous nitrogen output in adult dogs of contrasting size using a protein-free diet. **The Journal of nutrition**, v. 112, n. 7, p. 1281-1286, 1982<sup>a</sup>.

KENDALL, P. T.; HOLME, D. W.; SMITH, P. M. Comparative evaluation of net digestive and absorptive efficiency in dogs and cats fed a variety of contrasting diet types. **J. Sm. Anim. Pract.** 23:577-587, 1982<sup>b</sup>.

KITSA, K. Contribution des insectes comestibles à l'amélioration de la ration alimentaire au Kasai-Occidental. **Zaire-Afrique: économie, culture, vie sociale**, v. 29, n. 239, p. 511-519, 1989.

DE KUIJER, O. C. H.; WIELENGA, D. K. A comparison of the environmental impact of meat and meat alternatives and the attractiveness of the alternatives to the consumers. **Publikatiereeks Productenbeleid (Netherlands)**, 1999.

LEWIS, A. J. e BAYLEY, H. S. Amino acid bioavailability. p. 35-65. In: Bioavailability of nutrients for animals: Amino acids, minerals and vitamins. New York: Academic Press, 1995.

LIN, S. *et al.* Dietary administration of chitooligosaccharides to enhance growth, innate immune response and disease resistance of *Trachinotus ovatus*. **Fish Shellfish Immunology**. v. 32, p. 909–913, 2012.

LISENKO, K. G. **Valor nutricional de farinhas de insetos para cães e gatos**. Tese. (Doutorado em Nutrição e Produção de Não Ruminantes) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, p. 123. 2016.

LIU, Q. *et al.* Black soldier fly (Diptera: *Stratiomyidae*) larvae reduce *Escherichia coli* in dairy manure. **Environmental Entomology**., v. 37, p. 1525–1530, 2008.

LOVELL, T. Nutrition and feeding of fish. New York: AVI, 1989.

MA, T. S., and ZUAZAGA, G. Micro-Kjeldahl determination of nitrogen. A new indicator 702 and an improved rapid method. **Ind. Eng. Chem. Anal. Ed.** 14(3):280-282, 1942.

MACEVILLY, C. Bugs in the system. **Nutrition Bulletin**. 25:267-268, 2000.

MAKKAR, H. P. S., TRAN, G., HEUZÉ, V. AND ANKERS, P. State-of-the-art on use of insects as animal feed. **Animal Feed Science and Technology**, v.197, p. 1-33, 2014.



MATTERSON, L.D.; POTTER, L.M.; STUTZ, M.W. *et al.* The metabolizable energy of feed ingredients for chickens. University of Connecticut Storrs. **Agric. Exp Stat.**, Research Report 7, 1965.

MERRIFIELD, D.L., OLSEN, R.E., MYKLEBUST, R., RINGO, E., EL-SHEMY, H. Dietary effect of soybean (*Glycine max*) products on gut histology and microbiota of fish. In: El-Shemy, H. (Ed.), *Soybean and Nutrition*. **InTech**, 2011.

MORRIS, J. G. Nutritional and metabolic responses to arginine deficiency in carnivores. **Journal of Nutrition**, 115, p. 524-531, 1985.

MORRIS, J. Unique nutrient requirements of cats appear to be diet-induced evolutionary adaptations. **Recent Advances in Animal Nutrition in Australia**, v. 13, p. 187-194, 2001.

MORRIS, I. G.; ROGERS, O. R. Ammonia intoxication in the near-adult cat as a result of a dietary deficiency of arginine. **Science**. 199 : (4327): 431 – 432. 1978.

MSANGI, S.; ROSEGRANT, M. W. Feeding the future`s changing diets: implications for agriculture markets, nutrition, and policy. In 2020 Conference: Leveraging Agriculture for Improving Nutrition and Health. Washington, DC: **Int. Food Pol. Res. Inst.** 2011.

MUNYULI BIN MUSHAMBANYI, T. & BALEZI, N. Utilisation des blattes et des termites comme substituts potentiels de la farine de viande dans l'alimentation des poulets de chair au Sud-Kivu, République Démocratique du Congo. **Tropicultura**, 20(1): 10–16, 2002.

NAJAFABADI, H. J.; MOGHADDAN, H. N.; POURREZA, J. *et al.* Determination of chemical composition, mineral contents, and protein quality of poultry by-product meal. **International Journal of Poultry Science**, v.6, n.12, p. 875-882, 2007.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL OF THE NATIONAL ACADEMIES. Your cat`s nutritional needs. A science-based guide for pet owners. National Academy of Sciences, 16 p., 2006.

NGUYEN, T.N., DAVIS, D.A., SAOUD, I.P. Evaluation of alternative protein sources to replace fish meal in practical diets for juvenile tilapia *Oreochromis* spp. **J. World Aquacult. Soc.** 40, 113–121, 2009.

NRC. Nutrient Requirements of Fish and Shrimp. **The National Academies Press**, Washington, DC, USA, 2011.

OLIVA-TELES, A. Nutrition and health of aquaculture fish. **J. Fish Dis.** 35, 83–108, 2012.

de OLIVEIRA, L. D. Avaliação de fontes protéicas e de tratamentos industriais da farinha de carne e ossos para cães e gatos. Tese (Doutorado em Clínica Médica e Veterinária) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Campus de Jaboticabal. São Paulo, p. 115, 2009.

OSAVA, M., 1999. ENVIRONMENT-BRAZIL: Soy Production Spreads, Threatens Amazon. Inter Press Service. <http://www.ipsnews.net/1999/09/environmentbrazil-soy-production-spreads-threatens-amazon/>.

OONINCX, D. G. A. B.; van ITTERBACK, J.; HEETKAMP, M. J. W.; van den BRAND, H.; van LOON, J. J. A.; van HUIS, A. An Exploration on greenhouse gas and ammonia production by insect species suitable for animal or human consumption. **Plos One**, v. 5, n. 12, 2010.

OONINCX, D. G. A. B.; DE BOER, I. J. M. Environmental impact of the production of mealworms as a protein source for humans: a life cycle assessment. **Plos One**, v. 7, n. 12, 2012.

PAPATRYPHON, E. & SOARES, J.H. Optimizing the levels of feeding stimulants for use in high-fish meal and plant feedstuff-based diets for striped bass, *Morone saxatilis*. **Aquaculture**, v. 202, p. 279–288, 2001.

PARSONS, C. M. Influence of caecectomy on digestibility of amino acids by roosters fed distillers` dried grains with solubles. **J. agric. Sci.** v. 104, p. 469-472, 1985.

PEZZATO, L. E. Alimentos convencionais e não-convencionais disponíveis para indústria da nutrição de peixes no Brasil. In: Simpósio Internacional Sobre Nutrição e Crustáceos. 1995. Campos do Jordão. Anais... Campos do Jordão: CBN, 1995, v.1, p. 34-52.

PION, P. D.; SANDERSON, S. L.; KITTELSON, M. D. The effectiveness of taurine and levocarnitine in dogs with heart disease. **Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice**, v.28, n.6, 1998.

PRETORIUS, Q. The evaluation of larvae of *Musca domestica* (common house fly) as protein source for broiler production. MSc. thesis, **Department of Animal Science**, Stellenbosch University, Stellenbosch, South Africa, 2011.

POZZA, P. C.; GOMES, P. C.; DONZELE, J. L.; ROSTAGNO, H. S.; POZZA, M. S. dos S.; NOGUEIRA, E. T. Digestibilidade ideal aparente e verdadeira de aminoácidos de farinhas de carne e ossos para suínos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, p. 1181-1191, 2004.

RAMOS-ELORDUY J.; MORENO J.M.P.; PRADO E.E.; PEREZ M.A.; OTERO J.L.; DE GUEVARA O.L. Nutritional value of edible insects from the state of Oaxaca, Mexico. **J. Food Compos. Anal.**, 10, 142–157, 1997.

RAMOS ELORDUY, J.; GONZALEZ, E.A.; HERNANDEZ, A.R. & PINO, J.M. Use of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) to recycle organic wastes and as feed for broiler chickens. **Journal of Economic Entomology**, 95(1): 214–220, 2002.

RAMOS-ELORDUY, J. *et al.* Estudio comparativo del valor nutritivo de vários coleoptera comestibles de México y *Pachymerus nucleorum* (Fabricius, 1792) (*Bruchidae*) de Brasil. **Interciencia** 31, 512–516, 2006.

RAVI, C. *et al.* Antimicrobial peptides from insects: an overview. **Biotechnology Research International**, v.2, p. 1–7, 2011.

RÉRAT, A. Absorption of nitrogen and amino acids from exogenous (fish meal proteins) or endogenous sources in the pig. *Pigs News and Information*, 11(2):173-180, 1990.

ROGERS, Q. R.; MORRIS, J. G. e FREEDLAND, R. A. Lack of hepatic enzymatic adaptation to low and high levels of dietary protein in the adult cat. **Enzyme**. 22:348-356, 1977.

RUMPOLD, B. A.; SCHLUTER, O. K. Potential and challenges of insects as an innovative source for food and feed production. **Innov. Food Sci. Emerg. Technol.** 17, 1–11, 2013.

SAAD, F. M. O. B.; FERREIRA, W. M. Princípios nutritivos: parte 1, energia, proteína, carboidratos e lipídeos. Lavras: UFLA/FAEPE, 2004. 108 p.

SÁ FORTES, C. M. L. Composição química, digestibilidade e energia metabolizável de ingredientes amiláceos e protéicas para cães. 2005. 88 p. Tese (Doutorado). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2006.

SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos. Jaboticabal: Funep, 2007. 283 p.

SÁNCHEZ-MUROS, M.J.; BARROSO, F.G.; MANZANO-AGUGLIARO, F. Insect meal as renewable source of food for animal feeding: a review. **J. Clean. Prod.** 65, 16–27, 2014.

SCHAEFFER, M. C.; ROGERS, O. R.; MORRIS, I. G. Protein in the nutrition of dogs and cats. In: Burger, I. H., Rivers, I. P. W. editores: Nutrition of the dog and cat, Nova Yorque, **Cambridge University Press**, pp. 159-205, 1989.

SCHANG, M. J. Valor nutritive de ingredients y raciones para aves: energia disponible. **Rev. Arg. Prod. Anim.**, v. 7, p. 599-608, 1987.

SEALEY, W.M.; GAYLORD, T.G.; BARROWS, F.T.; TOMBERLIN, J.K.; MCGUIRE, M.A.; ROSS, C.; ST-HILAIRE, S. Sensory analysis of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, fed enriched black soldier fly prepupae, *Hermetia illucens*. **J. World Aquacult. Soc.** 42, 34–45, 2011.

SEIXAS, J. R. C.; ARAÚJO, W. A.; FELTRIN, C. A. *et al.* Fontes protéicas para alimentos pet. In: Simpósio Sobre Nutrição De Animais De Estimação, 3. 2003, Campinas. Anais... Campinas: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal. Campinas, 2003. P. 97-116.

SHAPIRO, I. L. In vivo studies on the metabolic relationship between feline and serum cholesterol in the domestic cat. PhD Thesis, university of Delaware, Newark, 1962.

SHIRLEY, R. B.; PARSONS, C. M. Effect of pressure processing on amino acids digestibility of meat and bone meal for poultry. **Poult. Sci.**, v. 79, p.1775-1781, 2000.

SIBBALD, I. R. e SLINGER, S. J. A biological assay for metabolizable energy in poultry feed ingredients together with findings which demonstrate some of the problems associated with the evaluation of fats. **Poult. Sci.** 59:127-1279, 1963.

SIBBALD, I. R. A bioassay for true metabolizable energy in feedingstuffs. **Poult. Sci.**, v. 55, p. 303-308, 1976.

SIBBALD, I. R. A bioassay for available amino acids and true metabolizable energy in feedstuffs. **Poult. Sci.** 58:668–673, 1979.

SILVA, W. V. Avaliação de digestibilidade e valores energéticos de alguns ingredientes para rações de cães (*Canis familiaris*). Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 40 p., 2003.

STEINFELD, H.; GERBER, P.; WASSENAAR, T.; CASTEL, V.; ROSALES, M.; DE HAAN, C.P.R.F. Livestock's Long Shadow: Environmental Issues and Options. FAO, Rome, Italy, 2006.

STURGESS, K.; HURLEY, K. J. Nutrition and welfare. In: ROCHLITZ, I. The welfare of cats. 1 ed. Netherlands: Springer, p. 227-258, 2005.

TACON, A.G.J. Feed ingredients for warmwater fish: fish meal and other processed feedstuffs. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **FAO**, Rome. Circ. 856. 64p, 1993.

TACON, A. G. J.; METIAN, M. Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: trends and future prospects. **Aquaculture**. 285:146-58, 2008.

TELES, A.O.; LUPATSCH, I.; NENGAS, I. Nutrition and Feeding of Sparidae. **Wiley-Blackwell**, pp. 199-232, 2011.

TROSTLE, R. Global agricultural supply and demand: factors contributing to the recent increase in food commodity prices. **Econ. Res. Serv. Rep.** WRS-0801, p. 1-30. US Dep. Agric., Washington, DC. July 2008 rev.

TUCCI, F. M.; LAURENTIZ, A. C.; SANTOS, E. A. *et al.* Determinação da composição química e dos valores energéticos de alguns alimentos para aves. **Acta Scientiarum**, v.25, n.1, p. 85-89, 2003.

TURKER, Ali *et al.* Potential of poultry by-product meal as a substitute for fishmeal in diets for Black Sea turbot *Scophthalmus maeoticus*: Growth and nutrient utilization in winter. **Israeli Journal of Aquaculture—Bamidgeh**, v. 57, p. 49-61, 2005.

VAN HUIS, A.; VAN ITTERBEECK, J.; KLUNDER, H.; *et al.* Edible Insects: Future Prospects for Food and Feed Security. Rome: **Food and Agriculture Organization of the United Nations** (FAO), 2013.

VAN HUIS, A. Potential of insects as food and feed in assuring food security. **Annual Review of Entomology**, v. 58, p. 563–583, 2013.

VAN HUIS, A. V.; GURP, H. V.; DICKE, M. The Insect Cookbook. Food for a Sustainable Planet. **Columbia University Press**. 2014.

VANTOMME, P. Farminh insects as a viable and global source of animal proteins. **Atti Accademia Nazionale Italiana di Entomologia**. Anno LXIII, p. 57-63, 2015.

VELDKAMP, T. & BOSCH, G. Insects: a protein-rich feed ingredient in pig and poultry diets. **Animal Frontiers**. Vol. 5, No. 2, 2015.

VELDKAMP, T., *et al.* Insects as a sustainable feed ingredient in pig and poultry diets – a feasibility study. **Report**, 638, 2012.

VENTURINI, K. S. Fontes proteicas não convencionais em alimentos para cães e gatos. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Campus de Jaboticabal. Jaboticabal, São Paulo, p. 113, 2016.

VERKERK, M.C.; TRAMPER, J.; VAN TRIJP, J. C. M.; MARTENS, D. E. Insect cells for human food. **Biotechnology Advances**. 25, 198–202. 2007.

VROM, rapportnr. Productenbeleid, vol. 199/35. Den Haag; 1999.

WANG, X.; PARSONS, C. M. Effect of raw material source, processing systems, and processing temperatures on amino acids digestibility of meat and bone meals. **Poult. Sci.** v. 77, p. 834-841, 1998.

WISEMAN, J. *et al.* The digestion and utilization of amino acids of heat-treated fish meal by growing/finishing pigs. **Anim. Prod.** V. 53, p. 215-225, 1991.

ZHAO, W. *et al.* Research and application progress of insect antimicrobial peptides on food industry. **International Journal of Food Engineering**, v. 6, article 10, 2010.

**SEGUNDA PARTE – ARTIGO****PERFIL E DIGESTIBILIDADE DE AMINOÁCIDOS DE TRÊS FARINHAS DE  
INSETOS AVALIADAS COM GALOS CECECTOMIZADOS**

Artigo formatado de acordo com as normas do *Journal of Animal Science*.



1 **Perfil e digestibilidade de aminoácidos de três farinhas de insetos avaliadas com galos**  
2 **cecectomizados**

3 **Maiara R. D. Oliveira \***, **Flávia M. O. B. Saad\***, **Thaiane V. Silva\***, **Diego V. Costa\***,  
4 **Antônio G. Bertechini\***, **Maria R. C. Godoy†<sup>1</sup>**

5  
6 \* Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais, Brasil

7 † Department of Animal Sciences, University of Illinois, Urbana, 61801, USA

8

9 Agradecimentos à empresa VidaProteína, pelo fornecimento das farinhas de insetos utilizadas  
10 no presente estudo. Ao laboratório Animal Science, da Universidade de Illinois, pelas análises  
11 realizadas. À CAPES, pelo financiamento deste estudo. E aos autores, que contribuíram para a  
12 redação deste artigo.

13

14

15

16 <sup>1</sup> Autor correspondente:

17 Prof. Dra. Maria Regina Cattai de Godoy

18 Animal Science Laboratory – University of Illinois at Urbana-Champaign

19 1207 W. Gregory Dr., Urbana IL, 61801

20 e-mail: mgodoy2@illinois.edu

21 Fax: +1 217-300-0226

22

23

24

25

26

27

28

29 **RESUMO:** Objetivou-se neste estudo avaliar a composição, digestibilidade de aminoácidos e  
30 da matéria seca, aminoácidos digestíveis e perfil de proteína ideal de três farinhas de insetos,  
31 para sua utilização na alimentação de cães e gatos. O experimento foi realizado no  
32 departamento de Ciências Animais da Universidade de Illinois, em Urbana-Champaign,  
33 Estados Unidos. Foram utilizados 16 galos brancos Leghorn alimentados utilizando-se o  
34 método de alimentação forçada, descrito por Sibbald (1979). Os galos foram distribuídos em  
35 um delineamento inteiramente casualizado. Cada galo recebeu 30g do tratamento e depois de  
36 entubados, eram colocados em jejum novamente. As análises bromatológicas foram realizadas  
37 no Laboratório de Pesquisa Animal do DZO/UFLA. Os dados foram analisados por ANOVA  
38 (SAS Inst. Inc.), como um delineamento inteiramente casualizado. As diferenças de  
39 tratamento foram determinadas usando o procedimento LSD calculado a partir do SEM de  
40 ANOVA. Uma probabilidade de  $P < 0,05$  foi utilizada para declarar significância estatística. A  
41 farinha de barata de Madagascar (BM) apresentou a maior quantidade total de aminoácidos.  
42 As maiores quantidades de aminoácidos essenciais foram as apresentadas pela farinha de  
43 tenébrio gigante (TG). Para os aminoácidos não essenciais, a farinha de BM apresentou os  
44 maiores valores quando comparada à farinha de TG. A metionina foi o único aminoácido  
45 onde não foram observadas diferenças ( $P > 0,05$ ) de digestibilidade entre as farinhas. Os  
46 maiores valores de coeficiente de digestibilidade foram encontrados para as aves alimentadas  
47 com a farinha de TG. Com relação a digestibilidade da matéria seca, as farinhas de TG e  
48 barata cinérea (BC) não apresentaram diferenças entre si ( $P > 0,05$ ), sendo essas maiores do  
49 que a apresentada pela BM. A farinha de TG também apresentou os maiores valores de  
50 aminoácidos digestíveis, exceto para metionina e argina. Para a alimentação de cães, a farinha  
51 de BM apresentou limitação para o triptofano, a de TG apresentou limitação para a treonina e  
52 a farinha de BC para triptofano e treonina. Já para gatos, todas as farinhas apresentaram  
53 limitação para leucina, treonina e arginina, e triptofano para as farinhas de BC e BM. Conclui-

54 se que entre os tratamentos, as três farinhas de insetos obtiveram bons resultados, porém a  
55 farinha de TG foi a que demonstrou os melhores. Ainda assim, este estudo evidencia que as  
56 três farinhas de insetos são substitutas adequadas para as fontes proteicas comumente  
57 utilizadas.

58

59 **Palavras-chave:** animais de companhia, fontes de proteína, sustentabilidade, barata de  
60 Madagascar, barata cinérea, tenébrio gigante.

61

## INTRODUÇÃO

62

63

64           Devido ao aumento populacional, a demanda por proteínas aumentará e acarretará em  
65 uma competição entre humanos, animais de estimação e animais de produção (FAO, 2013).  
66 Os insetos podem ser uma fonte em potencial para a substituição desses alimentos proteicos e, por  
67 possuírem hábitos alimentares diferenciados, podem ser criados com subprodutos e resíduos  
68 (Collavo *et al.*, 2005).

69           Os novos alimentos utilizados como fontes alternativas de proteínas, devem oferecer a  
70 quantidade necessária de nutrientes para que as exigências dos animais sejam atendidas,  
71 promovendo o menor custo, sem o comprometimento da qualidade alimentar (Cândido *et al.*,  
72 2008). Cães e gatos possuem elevada necessidade de proteínas, fazendo com que seja  
73 importante a inclusão de ingredientes proteicos na formulação de seus alimentos (Carciofi,  
74 2008). De acordo com Conconi *et al.* (1984), a qualidade e a composição de aminoácidos,  
75 bem como o equilíbrio entre aminoácidos essenciais e não essenciais, são fatores  
76 determinantes na escolha da melhor proteína a ser utilizada. Também devem ser considerada  
77 as quantidades adequadas dos aminoácidos na dieta, pois a escassez dessas substâncias afeta a  
78 síntese proteica, ocorrendo apenas até o nível do que estiver em menor quantidade. Esse  
79 aminoácido é denominado aminoácido limitante (Mascarenhas, 2004).

80           Para evitar o aparecimento de aminoácidos limitantes, pode-se utilizar o conceito de  
81 proteína ideal para estabelecer a proporção ideal de aminoácidos na dieta, estabelecendo a  
82 lisina em 100% para alcançar o máximo desenvolvimento animal (Baker e Czarnecki-  
83 Maulden, 1991).

84           Para a formulação de rações balanceadas, é importante que o valor nutricional e  
85 energético dos alimentos seja conhecido (Tucci *et al.*, 2003). Dessa forma a farinha de insetos  
86 pode contribuir como um alimento proteico de alta qualidade, eficiente e sustentável (Bosch

87 *et al.*, 2014). Objetivou-se então com este estudo, avaliar a composição, digestibilidade de  
88 aminoácidos e da matéria seca, aminoácidos digestíveis e perfil de proteína ideal de três  
89 farinhas de insetos para sua utilização na alimentação de cães e gatos.

90

91

92

93

## MATERIAL E MÉTODOS

### *Local e Instalações*

95 Um estudo com galos cecectomizados foi conduzido no Departamento de Ciências  
96 Animais da Universidade de Illinois, localizada em Urbana-Champaign, nos Estados Unidos,  
97 para avaliar a composição em aminoácidos, o coeficiente de digestibilidade dos aminoácidos e  
98 a digestibilidade da matéria seca de três farinhas de insetos.

99 Os galos foram alojados individualmente em gaiolas suspensas de arame, em um  
100 espaço ambientalmente controlado, contendo um ciclo de 16 horas de luz e 8 horas de escuro.  
101 Antes do experimento, todas as aves tinham acesso a água e ao alimento *ad libitum*.

102

### *Animais e Tratamentos Experimentais*

104 Foram utilizados 16 galos brancos da raça Leghorn, com aproximadamente 50  
105 semanas de idade. Todas as aves foram alimentadas com o método de alimentação forçada,  
106 descrito por Sibbald (1979). Os galos foram distribuídos em um delineamento inteiramente  
107 casualizado.

108 Foram utilizados 4 tratamentos, sendo cada uma das três farinhas de inseto um  
109 tratamento diferente e um tratamento controle, formando 4 repetições por tratamento.

110 As farinhas utilizadas neste experimento são compostas de Barata de Madagascar  
111 (*Gromphadorhina portentosa*), Barata Cinérea (*Nauphoeta cinerea*) e Tenébrio Gigante  
112 (*Zophobas morio*).

113 Antes deste estudo, com 25 semanas de idade, todos os galos passaram por uma  
114 cecectomia, sob anestesia geral, para a retirada do ceco, conforme a metodologia descrita por  
115 Parsons (1985). Após a cirurgia, todas as aves tiveram 8 semanas de recuperação, antes de  
116 serem utilizadas em estudos de alimentação.

117

### 118 ***Procedimento Experimental***

119 Ao início do experimento, os galos cecectomizados passaram por um jejum de 24  
120 horas antes de serem entubados para receberem o tratamento.

121 Cada galo recebeu 30g do tratamento correspondente e, depois de entubadas, as aves  
122 eram colocadas em jejum novamente.

123 A coleta da excreta foi realizada com bandejas de plástico embaixo das gaiolas de cada  
124 ave, por 48 horas. As excretas foram liofilizadas, pesadas e moídas em uma peneira de  
125 0,25mm. As concentrações de aminoácidos foram mensuradas em cada amostra. A excreção  
126 endógena de aminoácidos foi medida utilizando-se 4 galos que ficaram em jejum por 48  
127 horas. A digestibilidade padronizada do aminoácido foi calculada pelo método descrito por  
128 Sibbald (1979).

129 As análises bromatológicas dos alimentos foram realizadas no Laboratório de Pesquisa  
130 Animal do DZO/UFLA. As análises de matéria seca (MS) (método 934.01), proteína bruta  
131 (PB) (método 954.01), extrato etéreo (EE) (método de hidrólise ácida), matéria mineral (MM)  
132 (método 942.05), descritas pela *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC, 1995).

133 As amostras para análise da concentração de aminoácidos foram enviadas para a  
134 Universidade do Missouri (*University of Missouri Experiment Station Chemical*

135 *Laboratories*). A análise foi feita utilizando-se a metodologia descrita pela *Association of*  
136 *Official Analytical Chemists* (método 982.30E; AOAC, 2006).

137

### 138 *Análises Estatísticas*

139 Os dados foram analisados por ANOVA (SAS Inst. Inc.) como um delineamento  
140 inteiramente casualizado. As diferenças de tratamento foram determinadas usando o  
141 procedimento LSD calculado a partir do SEM de ANOVA. Uma probabilidade de  $P < 0,05$  foi  
142 utilizada para declarar significância estatística.

143

144

## RESULTADOS

145 A composição dos aminoácidos essenciais e não essenciais das farinhas de insetos  
146 estão apresentadas na tabela 2. A farinha de barata de Madagascar apresentou maior teor de  
147 aminoácidos totais e a farinha de tenébrio gigante a menor.

148 As maiores quantidades de aminoácidos essenciais foram as apresentadas pela farinha  
149 de tenébrio gigante, com exceção aos aminoácidos arginina, metionina e fenilalanina, que  
150 foram maiores na farinha de barata cinérea, e a valina, que apresentou maior quantidade na  
151 farinha de barata de Madagascar. Além disso, a farinha de tenébrio gigante foi a única que  
152 apresentou níveis de taurina. Já a farinha que exibiu os menores valores foi a composta pela  
153 barata de Madagascar, excluindo-se o aminoácido histidina, que apresentou maior valor  
154 quando comparado à farinha de barata cinérea. Para os aminoácidos não essenciais, a farinha  
155 de barata de Madagascar apresentou os maiores valores quando comparada à farinha de  
156 tenébrio gigante, no entanto, o ácido aspártico é menor na farinha de barata de Madagascar. Já  
157 a farinha de barata cinérea tem maiores quantidades dos aminoácidos ácido aspártico, cisteína,  
158 ácido glutâmico, hidroxilisina e serina e de lantionina em relação à farinha de barata de  
159 Madagascar.

160 Na tabela 3, estão expressas as digestibilidades dos aminoácidos e a digestibilidade da  
161 matéria seca das farinhas de insetos. As farinhas de insetos apresentaram variação na  
162 digestibilidade dos aminoácidos entre 72,31% e 94,71% na farinha de barata de Madagascar,  
163 já na de barata cinérea a variação foi de 80,65% a 94,84% e para a farinha de tenébrio gigante  
164 a variação foi de 62,67% a 96,43%. A farinha de tenébrio gigante foi o ingrediente que  
165 apresentou o aminoácido com a maior digestibilidade, a arginina, e o aminoácido com a  
166 menor foi a cisteína, presente na farinha de barata de Madagascar, obtendo os valores de  
167 95,43% e 72,31%, respectivamente.

168 A metionina foi o único aminoácido onde não foram observadas diferenças ( $P>0,05$ )  
169 de digestibilidade entre as farinhas.

170 Os maiores valores de digestibilidade foram encontrados para as aves alimentadas com  
171 a farinha de tenébrio gigante, com exceção ao aminoácido glicina que foi menor do que o  
172 apresentado pela farinha de barata cinérea. A fonte proteica analisada que apresentou menores  
173 valores foi a farinha de barata de Madagascar, com exceção da metionina, que não obteve  
174 diferenças ( $P>0,05$ ) entre as farinhas, como citado acima, e a lisina, que também não foi  
175 observada diferença com a farinha de barata cinérea.

176 Relacionado à digestibilidade da matéria seca (MS), as farinhas de tenébrio gigante e  
177 barata cinérea não apresentaram diferenças entre si ( $P>0,05$ ), sendo essas maiores do que a  
178 apresentada pela barata de Madagascar.

179 Nos aminoácidos digestíveis verdadeiros (tabela 4), a leucina foi o aminoácido  
180 essencial que apresentou maiores quantidades entre as três farinhas, já o ácido glutâmico foi o  
181 que apresentou maiores valores entre os aminoácidos não essenciais. Comparando as farinhas,  
182 no tenébrio gigante os valores de leucina e ácido glutâmico foram maiores, enquanto o  
183 triptofano da barata de Madagascar e a cisteína do tenébrio gigante foram os menores valores  
184 de aminoácidos essenciais e não essenciais, respectivamente.



185 Nas tabelas de perfil e necessidade de proteína ideal para cães e gatos (tabelas 5 e 6),  
186 as farinhas de inseto supriram as necessidades de aminoácidos para cães e gatos. Na tabela de  
187 perfil de proteína ideal para cães e gatos e perfil das farinhas de inseto (tabela 7), a farinha de  
188 barata de Madagascar apresentou apenas o triptofano como aminoácido limitante, já a farinha  
189 de barata cinérea apresentou o triptofano como sendo o primeiro aminoácido limitante e a  
190 treonina como segundo. A farinha de tenébrio gigante apresentou apenas a treonina como  
191 aminoácido limitante. Em contrapartida, para gatos a leucina, treonina, arginina e o triptofano  
192 se apresentaram como primeiro, segundo, terceiro e quarto aminoácidos limitantes para as  
193 farinhas de barata de Madagascar e barata cinérea. Para a farinha de tenébrio gigante, a  
194 leucina, a arginina e a treonina se apresentaram como primeiro, segundo e terceiro  
195 aminoácidos limitantes.

## 196 DISCUSSÃO

197 Atualmente, a composição de aminoácidos da maioria das espécies de insetos ainda é  
198 desconhecida, e os resultados encontrados neste estudo mostram que as composições em  
199 aminoácidos das três farinhas de insetos utilizadas estavam próximas aos intervalos  
200 encontrados por outros autores, utilizando diferentes insetos (Ramos-Elorduy *et al.*, 2002; St-  
201 Hilaire *et al.*, 2007; Hwangbo *et al.*, 2009; De Marco *et al.*, 2015;), onde suas composições  
202 foram semelhantes.

203 Os valores de aminoácidos encontrados neste estudo foram maiores que os valores  
204 relatados por Bednar *et al.* (2000) para farinha de carne e ossos, farinha de subprodutos de  
205 frango, farinha de frango e farelo de soja incorporados na dieta de cães à base de grãos. Já  
206 Barroso *et al.* (2014), ao avaliar 16 diferentes tipos de insetos para serem utilizados na  
207 substituição da farinha de peixe, concluíram que as farinhas de insetos eram deficientes nos  
208 aminoácidos histidina, lisina e treonina em relação à farinha de peixe, mas eram melhores em  
209 lisina, metionina e tirosina em relação ao farelo de soja. No presente trabalho, ao se comparar

210 as farinhas de insetos com a farinha de peixe e o farelo de soja utilizados no estudo de  
211 Barroso *et al.* (2014), nota-se que todos os aminoácidos tiveram valores menores aos  
212 encontrados pelo autor e este resultado pode ser atribuído a vários fatores, como o tipo de  
213 alimentação a que os insetos foram submetidos durante o período de sua produção, diferentes  
214 tipos de processamento e diferenças nutricionais entre diferentes espécies de insetos  
215 (Sánchez-Muros *et al.*, 2014). Além disso, os subprodutos de origem animal podem possuir  
216 uma grande variabilidade em sua composição, fazendo com que diferenças nos resultados  
217 sejam encontradas em outros trabalhos.

218       Ao comparar alguns dos ingredientes proteicos mais utilizados na alimentação de cães  
219 e gatos, analisados por Rostagno *et al.* (2011) e Brumano *et al.* (2006), com as farinhas de  
220 inseto, observa-se que a farinha de peixe, o concentrado proteico de soja, a farinha de vísceras  
221 de aves e o farelo de glúten 60% apresentaram a maioria dos aminoácidos em maiores  
222 quantidades. Já a farinha de carne e ossos, o farelo de soja, a farinha de vísceras de suínos e a  
223 soja micronizada apresentaram a maior parte dos aminoácidos em menores quantidades. No  
224 entanto, a arginina merece atenção especial por apresentar-se em menor quantidade nas  
225 farinhas de inseto. De grande importância para a alimentação de gatos, a arginina atua como  
226 intermediária no ciclo da ureia, agindo não só anapleroticamente para estimular a síntese de  
227 ureia, mas também como um ativador alostérico de acetilglutamato, que é essencial na  
228 ativação da carbamoil-fosfato sintase, a primeira enzima atuante na detoxificação da amônia  
229 (NRC, 2006).

230       Os níveis de aminoácidos sulfurados metionina e cisteína encontrados no presente  
231 trabalho foram menores do que o recomendado pelo NRC (2006) para cães e gatos, sendo o  
232 mínimo de 1,35g/kg MS de metionina, para gatos, e 2,6g/kg MS, para cães. Resultados  
233 semelhantes foram encontrados por Hwangbo *et al.* (2009), ao avaliar larvas de mosca  
234 doméstica em frangos de corte. De acordo com Finke (2002), os aminoácidos sulfurados

235 presentes em insetos e minhocas serão os primeiros aminoácidos limitantes para ratos, e  
236 valida sua afirmação ao citar três ensaios de alimentação, onde a metionina se apresentou  
237 como sendo o primeiro aminoácido limitante em ratos alimentados com uma dieta purificada  
238 contendo farinha de grilo mórmon ou larva de mosca doméstica (Goulet *et al.*, 1978; Finke *et*  
239 *al.*, 1987; Onifade *et al.*, 2001). Dessa forma, ao alimentar os animais com esses ingredientes,  
240 o fornecimento de metionina deve ser feito para que deficiências não ocorram (Hwangbo *et*  
241 *al.* 2009).

242 Alimentos de origem vegetal, ao contrário da farinha de peixe, possuem deficiências  
243 em certos componentes como a taurina e a hidroxiprolina, ao contrário de algumas espécies de  
244 insetos, como gafanhotos, moscas domésticas, bicho-da-farinha, mosquitos, abelha, bicho-da-  
245 seda, mosca-das-frutas e baratas (Clark e Ball, 1952; Briggs, 1962; Pant e Agrawal, 1964;  
246 Whitton *et al.*, 1987; Bicker, 1992; Whitton *et al.*, 1995; Sowa e Keeley, 1996).

247 Whitton *et al.* (1987) encontraram concentrações de taurina em *Schistocerca*  
248 *americana gregária* (gafanhoto), *Blattella orientalis* (barata-oriental) e *Tenebrio molitor*  
249 (bicho-da-farinha), sendo as maiores quantidades apresentadas no gafanhoto adulto e as  
250 menores no bicho-da-farinha e na fêmea da barata-oriental. Segundo os autores, a presença da  
251 taurina nesses insetos é maior devido ao desenvolvimento do músculo de voo, dessa forma, o  
252 gafanhoto e o macho da barata-oriental, por terem este músculo totalmente desenvolvido,  
253 possuem as maiores quantidades. Já a fêmea da barata, que possui apenas vestígios do  
254 musculo, e o bicho-da-farinha, que não o possui totalmente desenvolvido por não estar na  
255 forma adulta, possuem menores quantidades.

256 Isso pode ser explicado devido a atividade da arginina quinase ser aumentada quando  
257 este músculo está em movimento, aumentando a liberação de taurina (Whitton *et al.*, 1987).  
258 Tal fato também foi demonstrado por outros autores (Van Marrewijk *et al.*, 1980; Bodnaryk,  
259 1981), corroborando os resultados deste estudo, onde apenas a farinha de tenébrio gigante

260 apresentou níveis de taurina, pois este é o único dos insetos que possui capacidade de voo em  
261 sua forma adulta. Apesar de não ser essencial para a maioria dos animais domésticos, gatos  
262 necessitam de, no mínimo, 0,32g/kg MS de taurina na sua alimentação, de acordo com o NRC  
263 (2006), tornando a farinha de tenébrio gigante um bom substituto proteico para essa espécie,  
264 por apresentar 0,5g/kg MS do produto.

265       Coeficientes de digestibilidade dos aminoácidos, semelhantes aos observados na  
266 composição aminoacídica das farinhas de barata cinérea e tenébrio gigante, foram reportados  
267 por Wang *et al.* (2005), em que a maioria dos coeficientes de digestibilidade de grilos do  
268 campo (*Gryllus testaceus*) para aves foi maior do que os encontrados para a farinha de peixe,  
269 demonstrando, assim, que estes insetos possuem uma considerável quantidade de aminoácidos  
270 digestíveis para os animais.

271       Brumano *et al.* (2006) avaliaram 12 alimentos proteicos para aves (farelo de glúten de  
272 milho 22% e 60%, soja integral extrusada parcialmente desengordurada, concentrado proteico  
273 de soja, farinha de carne e ossos 45% e 36%, farinha de penas, farinha de peixe, farinha de  
274 vísceras de aves com alto teor de gordura, plasma sanguíneo 70% e 78% e hemácias) e, ao  
275 comparar as digestibilidades com os resultados encontrados neste estudo, conclui-se que as  
276 farinhas de tenébrio gigante e barata cinérea apresentaram menores valores apenas em relação  
277 ao farelo de glúten de milho 60%, concentrado proteico de soja e hemácias. Já a farinha de  
278 barata de Madagascar apresentou maiores valores apenas para o farelo de glúten 22%, farinha  
279 de vísceras de aves com alto teor de gordura e plasma sanguíneo 70 e 78%. Demonstrando,  
280 assim, que as farinhas de insetos podem ser substitutas de outros alimentos na dieta dos  
281 animais.

282       Diferentemente dos resultados apresentados neste estudo, De Marco *et al.* (2015)  
283 encontraram baixos coeficientes de digestibilidade ileal aparente de alguns aminoácidos  
284 essenciais, como a metionina e a isoleucina, em farinha de larvas de *Hermetia illucens* para

285 frangos de corte. O resultado pode ser devido à própria matéria prima utilizada ou ao  
286 processamento utilizado para se obter a farinha (De Marco *et al.*, 2015).

287       Em relação à digestibilidade da matéria seca, os resultados do presente estudo foram  
288 similares aos resultados encontrados por Bovera *et al.* (2016), que relataram maior coeficiente  
289 de digestibilidade ileal aparente da matéria seca nos galos alimentados com farelo de soja do  
290 que nos galos alimentados com a farinha de larva de *Tenebrio molitor*. Newton *et al.* (1978)  
291 também comprovaram que a digestibilidade da matéria seca nos suínos que foram  
292 alimentados com a dieta contendo larvas de mosca soldado secas (*Hermetia illucens*) era  
293 significativamente menor do que a dos suínos alimentados com a ração à base de farelo de  
294 soja. Esses resultados podem ser explicados pela presença de quitina nos insetos, um  
295 componente indigerível pelos animais e que pode afetar a digestibilidade da proteína e reduzir  
296 a digestibilidade da matéria seca da dieta (Bovera *et al.*, 2016). Em estudo realizado em gatos  
297 por Lisenko (2018), foi encontrado alteração na digestibilidade da quitina ao passo que a  
298 farinha de insetos ia aumentando, diminuindo assim sua digestibilidade. No entanto, a  
299 quantidade real de quitina nos insetos pode diferir conforme a quantidade de nitrogênio no  
300 inseto, que é diretamente influenciada pela dieta a qual esses insetos são submetidos ao longo  
301 do seu período de produção (Makkar *et al.*, 2014).

302       Para se garantir o fornecimento adequado de aminoácidos aos animais, é importante  
303 considerar os aminoácidos em função de sua digestibilidade, pois assim seu fornecimento  
304 adequado é garantido (Degussa, 1993). Por isso a maioria dos nutricionistas optam por  
305 formular a dieta a partir do conteúdo dos aminoácidos digestíveis das fontes proteicas  
306 disponíveis.

307       Ao comparar os dados deste estudo com os dados de Rostagno *et al* (2011), nota-se  
308 que a farinha de tenébrio gigante obteve maiores quantidades de aminoácidos digestíveis para  
309 a maioria dos aminoácidos nos ingredientes proteicos convencionais (farinha de carne e ossos,

310 farelo de glúten de milho 60%, farinha de peixe, concentrado proteico de soja, farelo de soja  
311 48%, soja micronizada, farinha de vísceras de frango e farinha de vísceras de suínos), exceto  
312 para os aminoácidos metionina e fenilalanina.

313       Em contrapartida, a farinha de barata de Madagascar apresentou menores valores de  
314 aminoácidos digestíveis quando comparada aos aminoácidos dos ingredientes proteicos,  
315 exceto para os aminoácidos valina e histidina. A fonte proteica da farinha de carne e ossos  
316 exibiu valores de aminoácidos mais baixos para a maioria dos aminoácidos, exceto pela  
317 arginina.

318       Já ao comparar com os resultados de Brumano *et al.* (2006), as farinhas de insetos  
319 apresentaram maiores valores de aminoácidos digestíveis em relação à farinha de carne e  
320 ossos, a não ser para o aminoácido glicina. A farinha de tenébrio gigante tem valor igual ao  
321 aminoácido alanina.

322       Para o farelo de glúten de milho, as três farinhas de insetos mostraram ter menores  
323 valores para a maioria dos aminoácidos, menos para a arginina, histidina, valina, triptofano,  
324 ácido aspártico, glicina e treonina apenas para a farinha de tenébrio gigante. A farinha de  
325 peixe apresenta maiores valores de aminoácidos quando comparada aos valores das farinhas  
326 de insetos, exceto para histidina, metionina e alanina para a farinha de barata de Madagascar e  
327 barata cinérea, e ácido aspártico para a farinha de barata cinérea. O ingrediente concentrado  
328 proteico de soja, também apresenta maiores valores de aminoácidos comparado aos resultados  
329 do presente trabalho, a não ser para valina, alanina e glicina somente para as farinhas de  
330 barata de Madagascar e barata cinérea.

331       No estudo de Furuya *et al.* (2001) a fonte proteica de farelo de soja mostrou valores  
332 maiores para a maioria dos aminoácidos digestíveis essenciais e não essenciais, quando em  
333 comparação com as farinhas de insetos, menos para os aminoácidos arginina, alanina, prolina,

334 leucina para a farinha de barata de Madagascar, triptofano e glicina para as farinhas de barata  
335 de Madagascar e barata cinérea.

336 Já para a farinha de peixe, os aminoácidos digestíveis se apresentaram maiores apenas  
337 para a maioria dos aminoácidos essenciais e menores para os não essenciais, com exceção da  
338 arginina, metionina, leucina para a farinha de barata de Madagascar, lisina para as farinhas de  
339 barata de Madagascar e barata cinérea, e para os aminoácidos essenciais e ácido aspártico,  
340 alanina, tirosina e ácido glutâmico para a farinha de tenébrio gigante. Rodrigues *et al.* (2001)  
341 encontraram valores em seu trabalho para o farelo de glúten de milho 60% que foram maiores  
342 para os aminoácidos digestíveis essenciais arginina, lisina, histidina e valina e para os não  
343 essenciais, ácido aspártico e tirosina, em comparação com as fontes proteicas de farinhas de  
344 insetos do presente estudo.

345 O conceito de proteína ideal é utilizado nas dietas para fornecer as proporções exatas  
346 de aminoácidos, de acordo com a necessidade dos animais, sendo utilizados por completo  
347 para a biossíntese dos tecidos. O fornecimento de dietas que seguem este conceito aumenta  
348 consideravelmente a retenção dos aminoácidos, reduzindo a emissão de nitrogênio de excretas  
349 no meio ambiente. Porém, se um aminoácido estiver em menor concentração que sua  
350 exigência, a síntese proteica será interrompida prejudicando o desempenho animal  
351 (Bertechini, 2013).

352 Segundo Gietzen (1993), a falta de um aminoácido essencial em onívoros e alguns  
353 herbívoros (ratos e aves) resulta na diminuição da ingestão de alimentos, conhecida como a  
354 primeira resposta neurológica causada pelo aminoácido limitante. Em gatos, esta resposta não  
355 é um efeito primário, ela acontece com o tempo e é um efeito secundário, que ocorre como  
356 resultado da falta de energia para o crescimento (Hardy *et al.*, 1977; Rogers e Morris, 1979),  
357 pois gatos não são capazes de selecionar o alimento através da quantidade de proteína como

358 outros animais. Já cães selecionam o alimento e respondem mais como onívoros, evitando  
359 dietas deficientes (Milner, 1979<sup>a,b</sup>).

360       Conforme os resultados apresentados nas tabelas 5 e 6, as farinhas de inseto suprem as  
361 necessidades de aminoácidos para cães e gatos. Na tabela 7, em cães, a farinha de barata de  
362 Madagascar apresentou apenas o triptofano como aminoácido limitante, já a farinha de barata  
363 cinérea apresentou o triptofano como o primeiro aminoácido limitante e a treonina como  
364 segundo. A farinha de tenébrio gigante apresentou apenas a treonina como aminoácido  
365 limitante. Enquanto para gatos, a leucina, a treonina, a arginina e o triptofano se apresentaram  
366 como primeiro, segundo, terceiro e quarto aminoácidos limitantes para as farinhas de barata  
367 de Madagascar e barata cinérea, já para a farinha de tenébrio gigante, a leucina, a arginina e a  
368 treonina se apresentaram como primeiro, segundo e terceiro aminoácidos limitantes.

369       O uso do conceito de proteína ideal pode simplificar a formulação da dieta, pois  
370 assume que a maioria das dietas para cães contém lisina em um nível mais próximo de sua  
371 necessidade, e que as dietas para gatos contém metionina em um nível mais próximo de sua  
372 necessidade. Como algumas dietas para gatos requerem suplementação de metionina, pode ser  
373 viável formular essas dietas para atender aos requisitos mínimos de arginina e lisina, e então  
374 suplementar as dietas com metionina para aumentar os aminoácidos sulfurados à proporção  
375 desejada para a lisina (Baker e Czarnecki-Maulden, 1991).

376

377

## CONCLUSÃO

378

379       Entre os tratamentos, as três farinhas de insetos obtiveram bons resultados, sendo os  
380 melhores apresentados pela farinha de tenebrio gigante, já que foi a única a apresentar o  
381 aminoácido taurina em sua composição, exibir a maior digestibilidade de aminoácidos, ter  
382 maior digestibilidade da matéria seca, assim como a farinha de barata cinérea, e apresentar os  
383 maiores níveis de aminoácidos digestíveis e aminoácidos essenciais, exceto para arginina e  
metionina, muito importantes para a alimentação dos gatos. Já para a alimentação de cães, a



384 farinha de tenebrio gigante mostrou-se ser limitante para o aminoácido treonina. Na  
385 alimentação de gatos, as três farinhas se apresentaram limitantes para leucina, treonina e  
386 arginina, enquanto o triptofano foi o 4º limitante apenas para as farinhas de barata cinérea e  
387 barata de Madagascar.

388 Assim, conclui-se que, apesar de a farinha de tenébrio gigante ter apresentado os melhores  
389 índices, as três farinhas de insetos obtiveram bons resultados e são substitutas adequadas às  
390 fontes proteicas comumente utilizadas.

391

### 392 **LITERATURA CITADA**

393 AOAC. 1995. Official methods of analysis. 16th ed. AOAC International, Arlington.

394 AOAC. 2006. Official Methods of Analysis. 17th ed. Assoc. Off. Anal. Chem., Gaithersburg,  
395 MD.

396 Baker, D. H.; Czarnecki-Maulden, G. L. 1991. Comparative nutrition of cats and dogs. Ann.  
397 Rev. Nutri., v. 11, n. 1, p. 239-263.

398 Barroso, F.G., De Haro, C., Sánchez-Muros, M.J., Venegas, E., Martínez-Sánchez, A., Pérez-  
399 Bañón, C. 2014. The potential of various insect species for use as food for fish. Aquaculture.  
400 422, 193–201.

401 Bednar, G. E.; Murray, S. M.; Patil, A. R.; Flickinger, E. A.; Merchen, N. R. E Fahey Jr., G.  
402 C. 2000. Selected animal and plant protein sources affect nutrient digestibility and fecal  
403 characteristics of ileally cannulated dogs. Arch. Anim. Nutr. V. 53, n. 2, p. 127-140.

404 Bicker, G. 1992. Taurine in the insect central nervous system. Comp. Biochem. Physiol. Part  
405 C: Comparative Pharmacology, v. 103, n. 3, p. 423-428.

406 Bodnaryk, R. P. 1981. The biosynthesis, function and fate of taurine during the  
407 metamorphosis of the noctuid moth *Mamestra configurata* Wlk. Insect Biochem., v. 11, n. 2,  
408 p. 199-205.

- 409 Bosch, G.; Zhang, S.; Oonincx, D. G. A. B.; Hendriks, W. H. 2014. Protein quality of insects  
410 as potential ingredients for dog and cat foods. *Journ. Nutri. Scien.*, v.3, ed. 29, p. 1-4.
- 411 Bovera, F.; Loponte, R.; Marono, S.; Piccolo, G.; Parisi, G.; Iaconisi, V.; Gasco, L. E Nizza,  
412 A. 2016. Use of *Tenebrio molitor* larvae as a protein source in broiler diet: Effect on growth  
413 performance, nutrient digestibility, and carcass and meat traits. *J. Anim. Sci.*, v. 94, p. 639-  
414 647.
- 415 Briggs, M. H. 1962. Some aspects of the metabolism of ascorbic acid in insects. *Comp.*  
416 *Biochem. Physio.*, v. 5, n. 4, p. 241-252.
- 417 Brumano, G.; Gomes, P. C.; Rostagno, H. S.; Albino, L. F. T.; Schimidt, M.; Generoso, R. A.  
418 R. 2006. Aminoácidos digestíveis verdadeiros de alimentos proteicos determinados em galos  
419 cecectomizados. *R. Bras. Zootec.*, v.35, n.6, p. 2290-2296.
- 420 Cândido, M. J. D., Bomfim, M. A. D., Severino, L. S., De Oliveira, S. Z. R. (2008).  
421 Utilização de coprodutos da mamona na alimentação animal. In *Embrapa Caprinos e Ovinos-*  
422 *Artigo em anais de congresso* . In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 3., 2008,  
423 Salvador. Energia e ricinoquímica:[anais]. Salvador: SEAGRI: Embrapa Algodão, 2008. 21 f.  
424 1 CD-ROM..
- 425 Carciofi, A. C. 2008. Fontes de proteína e carboidratos para cães e gatos. *R. Bras. Zootec.*,  
426 v.37, suplemento especial p.28-4.
- 427 Clark, E. W., & BALL, G. 1952. The Free Amino Acids in the Whole Bodies of Culicid  
428 Mosquitoes. *Exp. Parasitol.*, 1(4), 339-46.
- 429 Collavo, A., Glew, R.H., Huang, Y.S., Chuang, L.T., Bosse, R., Paoletti, M.G. 2005. House  
430 cricket small-scale farming. In: Paoletti, M.G. (Ed.), *Ecological Implications of Minilivestock:*  
431 *Potential of Insects, Rodents, Frogs and Snails*. Science Publishers, New Hampshire, pp. 519–  
432 544.

- 433 Conconi, J.R.E.; Moreno, J.M.P.; Mayaudon, C.M.; Valdez, F.R.; Perez, M.A.; Prado, E.S.;  
434 Rodriguez, H.B. 1984. Protein content of some edible insects in Mexico. *J. Ethnobiol.* 4,  
435 61e72.
- 436 Degussa, A.G. 1993. Digestible amino acids in feedstuffs for poultry. Frankfurt. 18p.
- 437 De Marco, M.; Martínez, S.; Fernandez, F.; Madrid, J.; Gai, F.; Rotolo, L.; Belforti, M.;  
438 Bergero, D.; Katz, H.; Dabbou, S.; Kovitvadhi, A.; Zoccarato, I.; Gasco, L.; Schiavone, A.  
439 2015. Nutritional value of two insect larval meals (*Tenebrio molitor* and *Hermetia illucens*)  
440 for broiler chickens: Apparent nutrient digestibility, apparent ileal amino acid digestibility and  
441 apparent metabolizable energy. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 219, p. 211-218.
- 442 Finke, M. D.; De Foliart, G. R.; Benevenga, N. J. 1987. Use of a four-parameter logistic  
443 model to evaluate the protein quality of mixtures of mormon cricket meal and corn gluten  
444 meal in rats. *J. Nutr.*, v.117, p. 1740-1750.
- 445 Finke, M. D. 2002. Complete nutrient composition of commercially raised invertebrates used  
446 as food for insectivores. *Zoo Biol.*, v.21, p. 269-285.
- 447 FAO, I. WFP: The State of Food Insecurity in the World 2013. The multiple dimensions of  
448 food security. 2013.
- 449 Furuya, W. M.; Pezzato, L. E.; Pezzato, A. C.; Barros, M. M.; Miranda, E. C. 2001.  
450 Coeficientes de digestibilidade e valores de aminoácidos digestíveis de alguns ingredientes  
451 para tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*). *Rev. Bras. Zootec.*, 30(4):1143-1149.
- 452 Gietzen, D. W. 1993. Neural mechanisms in the responses to amino acids efficiency. *J. Nutr.*,  
453 123:610-625.
- 454 Goulet, G.; Mullier, P.; Sinave, P.; Brisson, G. J. 1978. Nutritional evaluation of dried  
455 *Tenebrio molitor* larvae in the rat. *Nutr. Rep. Int.*, v. 18, p. 11-15.
- 456 Hardy, A. J.; Morris, J. G.; Rogers, Q. R. 1977. Valine requirement of the growing kitten. *J.*  
457 *Nutr.*, 107: 1308-1312.

- 458 Hwangbo, J.; Hong, E. C.; Jang, A.; Kang, H. K.; Oh, J. S.; Kim, B.W.; Park, B. S. 2009.  
459 Utilization of house fly-maggots, a feed supplement in the production of broiler chickens. J.  
460 Environ. Biol., 30, 609–614.
- 461 Lisenko, K.; Saad, F.; Oliveira, M.; Silva, T.; Costa, D.; Dias, D.; Damasceno, M.; Oliveira,  
462 L.; Junior, S.; Zangeronimo, M.; De Godoy, M. 2018. Use of insect meal an alternative  
463 protein source in feline nutrition. J. Anim. Sci. 96: 158. (“in press”).
- 464 Makkar, H. P. S., Tran, G., Heuzé, V. And Ankers, P. 2014. State-of-the-art on use of insects  
465 as animal feed. Anim. Feed Sci. Tech., v.197, p. 1-33.
- 466 Mascarenhas, A. G. Proteínas na nutrição de cães e gatos. ZOOTEC2004, Brasília, DF. 14 p.  
467 2004.
- 468 Milner, J. A. 1979<sub>a</sub> .Assessment of indispensable and dispensable amino acids for the  
469 immature dog. J. Nutr. 109: 1161-1167.
- 470 Milner, J. A. 1979<sub>b</sub>. Assessment of the essenssiality of methionine, threonine, thryptophan,  
471 histidine and isoleucine in immature dogs. J. Nutr. 109: 1351-1357.
- 472 Newton, G. L.; Booran, C. V.; Barker, R. W.; Hale, O. M. 1977. Dried *Hermetia illucens*  
473 larvae meal as a supplement for swine. J. Anim. Sci., v.44, p. 395-400.
- 474 NRC. 2006. Nutrient Requirements of Dogs and Cats. The National Academies Press,  
475 Washington, DC, USA.
- 476 Onifade, A. A.; Oduguwa, O. O.; Fanimó, A. O>; Abu, A. O.; Olutunde, T. O.; Arije, A.;  
477 Babatunde, G. M. 2001. Effects of supplemental methionine and lysine on the nutritional  
478 value of housefly larvae meal (*Musca domestica*) fed to rats. Bioresource Technolog., v.78, p.  
479 191-194.
- 480 Pant, R.; Agrawal, H. C. 1964. Free amino acids of the haemolymph of some insects. J. Insect  
481 Physiol., v. 10, n. 3, p. 443-446.

- 482 Ramos Elorduy, J.; Gonzalez, E.A.; Hernandez, A.R. & Pino, J.M. 2002. Use of *Tenebrio*  
483 *molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) to recycle organic wastes and as feed for broiler  
484 chickens. J. Econ. Entomol., 95(1): 214–220.
- 485 Rodrigues, P. B.; Rostagno, H. S.; Albino, L. F. T.; Gomes, P. C.; Barboza, W. A.; Nunes, R.  
486 V. 2001. Aminoácidos digestíveis verdadeiros do milheto, do milho e subprodutos do milho,  
487 determinados com galos adultos cecectomizados. Rev. bras. zootec., 30(6S):2046-2058.
- 488 Rogers, Q. R.; Morris, J. G. 1979. Essentiality of amino acids for the growing kitten. J. Nutr.  
489 109: 718-723.
- 490 Rostagno, H. S.; Albino, L. F. T.; Donzele, J. L.; Gomes, P. C.; Oliveira, R. F.; Lopes, D. C.;  
491 Ferreira, A. S.; Barreto, S. L. T.; Euclides, R. F. 2005. Tabelas brasileiras para aves e suínos:  
492 composição de alimentos e exigências nutricionais. Viçosa, MG: Universidade Federal de  
493 Viçosa.186p.
- 494 Sánchez-Muros, M.J.; Barroso, F.G.; Manzano-Agugliaro, F. 2014. Insect meal as renewable  
495 source of food for animal feeding: a review. J. Clean. Prod. 65, 16–27.
- 496 Sowa, S. M.; Keeley, L. L. 1996. Free amino acids in the hemolymph of the cockroach,  
497 *Blaberus discoidalis*. Comp. Biochem. Physiol. Part A: Physiology, v. 113, n. 2, p. 131-134.
- 498 St- Hilaire, S.; Sheppard, C.; Tomberlin, J. K.; Irving, S.; Newton, L.; Mcguire, M. A. and  
499 Mosley, E. E.; Hardy, R. W.; Sealey, W. 2007. Fly prepupae as a feedstuff for rainbow trout,  
500 *Oncorhynchus mykiss*. J. World Aquacult. Soc., v.38, n.1.
- 501 Tucci, F. M.; Laurentiz, A. C.; Santos, E. A.; Rabello, C. B. V.; Longo, F. A.; Sakomura, N.  
502 K. 2003. Determinação da composição química e dos valores energéticos de alguns alimentos  
503 para aves. Acta Sci. Anim. Sci., v.25, n.1, p. 85-89.
- 504 Van Marrewijk, W. J. A.; Schrikker, A. E. M.; Beenackers, A. M. 1980. Contents of nucleic  
505 and amino acids and rate of protein synthesis in developing flight muscles of *Locusta*

- 506 migratoria. *Comp. Biochem. Physiol. Part B: Biochemistry and Molecular Biology*, v. 65, n.  
507 2, p. 251-257.
- 508 Wang, D.; Zhai, S. W.; Zhang, C. X.; Bai, Y. Y.; An, S. H. E Xu, Y. N. 2005. Evaluation on  
509 nutritional value of field crickets as a poultry feedstuff. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.*, v.18, n.5,  
510 p.667-670.
- 511 Whitton, P. S.; Strang, R. H. C.; Nicholson, R. A. 1987. The distribution of taurine in the  
512 tissues of some species of insects. *Insect biochem.*, v. 17, n. 4, p. 573-577.
- 513 Whitton, P. S.; Nicholson, R. A.; Bell, M. F.; Strang, R. H. 1995. Biosynthesis of taurine in  
514 tissues of the locust (*Schistocerca americana gregaria*) and the effect of physiological and  
515 toxicological stresses on biosynthetic rate of this amino acid. *Insect Biochem. Mol. Biol.*, v.  
516 25, n. 1, p. 83-87.

517 *Tabelas e Figuras*518 Tabela 1. Composição bromatológica das três farinhas de insetos<sup>1</sup>

Item	Farinhas		
	Barata de Madagascar	Barata Cinérea	Tenebrio Gigante
Energia (kcal/kg)	5362	5581	6779
MS (%)	94,60	93,96	94,57
EE (%)	12,97	22,68	33,05
PB(%)	78,87	64,78	49,20
MM(%)	3,89	3,68	2,77
Quitina (%)	10,31	8,68	8,01

519 <sup>1</sup>Valores analisados no Laboratório de Pesquisa Animal DZO/UFLA.

520 MS = Matéria Seca; EE = Extrato Etéreo; PB = Proteína Bruta; MM = Matéria Mineral.

521

522 Tabela 2 – Composição em aminoácidos (% MS) das farinhas de inseto e fontes proteicas encontradas na literatura.

AA	Rostagno <i>et al.</i> (2011)							Brumano <i>et al.</i> (2006)								
	BM	BC	TG	FCO	FGM 60%	FP	CPS	FS 48%	SM	FVF	FVS	FCO	FGM 60%	FP	CPS	
Essenciais	Arginina	2,92	3,20	2,83	4,04	2,15	4,15	5,77	3,89	3,30	4,40	3,84	3,49	2,17	4,58	5,48
	Histidina	1,66	1,56	1,69	0,92	1,40	1,44	1,91	1,40	1,21	1,18	1,09	0,76	1,38	1,00	1,94
	Isoleucina	2,09	2,20	2,54	1,55	2,79	2,72	3,33	2,53	2,02	2,48	1,51	1,20	2,73	3,08	3,43
	Leucina	3,54	3,75	3,80	3,02	11,65	4,80	5,62	4,10	3,36	4,41	3,69	2,68	11,12	5,45	5,74
	Lisina	2,86	3,21	3,33	2,82	1,10	4,72	4,51	3,29	2,62	3,58	2,77	2,41	1,03	2,87	4,72
	Metionina	0,70	0,96	0,65	0,71	1,51	1,76	1,02	0,73	0,63	1,18	0,79	0,63	1,31	0,99	1,06
	Fenilalanina	2,25	2,32	2,28	1,51	4,31	2,60	3,74	2,76	2,26	2,57	1,94	1,64	4,23	3,24	3,83
	Triptofano	0,47	0,54	0,80	0,29	0,34	0,64	0,96	0,75	0,55	0,58	0,24	0,24	0,34	0,66	1,02

	Treonina	1,95	2,05	2,08	1,76	2,29	2,78	2,87	2,10	1,62	2,54	2,00	1,44	2,14	2,94	2,96	
	Valina	4,18	3,84	3,58	2,38	3,14	3,31	3,50	2,59	2,12	3,15	2,36	1,96	3,08	4,23	3,57	
	Taurina § *	0,00	0,00	0,53	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Não Essenciais	Alanina	4,84	4,35	3,50	-	-	-	-	-	-	-	-	3,45	4,07	4,95	8,61	
	Ácido Aspártico	4,45	4,66	4,52	-	-	-	-	-	-	-	-	0,39	1,08	1,63	1,05	
	Cisteína	0,58	0,60	0,49	-	-	-	-	-	-	-	-	5,57	14,75	7,75	13,81	
	Ácido Glutâmico	5,57	5,99	6,45	-	-	-	-	-	-	-	-	7,94	1,72	5,34	3,16	
	Glicina	5,42	3,49	2,47	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Hidroxilisina	0,15	0,16	0,15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Hidroxiprolina	0,05	0,04	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,56	5,94	5,16	3,75
	Prolina	3,19	2,83	2,79	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,82	3,30	5,06	3,75
	Serina	1,90	2,03	2,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Tirosina	4,38	3,86	4,28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Ornitina §	0,07	0,07	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Lantionina §	0,05	0,12	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Total	53,28	51,86	50,86	19,01	30,69	28,92	33,23	24,14	19,68	26,08	20,22	44,17	66,27	62,63	71,13
	AA Essenciais	22,61	23,65	23,59	19,01	30,69	28,92	33,23	24,14	19,68	26,08	20,22	16,47	29,52	29,04	33,74	
	AA Não Essenciais	30,54	28,02	26,69	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	27,70	36,75	33,60	37,39	

523 § Aminoácidos não proteínogênicos.

524 \*Essencial para gatos

525 BM = Barata de Madagascar; BC = Barata Cinérea; TG = Tenebrio Gigante; FCO = Farinha de Carne e Ossos; FGM 60% = Farelo de Glúten de  
526 Milho 60%; FP = Farinha de Peixe; CPS = Concentrado Proteico de Soja; FS 48% = Farelo de Soja 48%; SM = Soja Micronizada; FVF = Farinha  
527 de Vísceras de Frango; FVS = Farinha de Vísceras de Suínos.



528 Tabela 3 – Digestibilidade (% MS) dos aminoácidos e digestibilidade da matéria seca (%) das  
 529 farinhas de inseto

AA	Fonte de Proteína			SEM	Valor de P
	Barata de Madagascar	Barata Cinérea	Tenebrio Gigante		
Essenciais					
Arginina	91,53 <sup>b</sup>	94,84 <sup>a</sup>	95,43 <sup>a</sup>	0,3826	0,0001
Histidina	76,37 <sup>c</sup>	88,45 <sup>b</sup>	93,34 <sup>a</sup>	0,7265	<0,0001
Isoleucina	87,92 <sup>c</sup>	91,34 <sup>b</sup>	93,39 <sup>a</sup>	0,4500	<0,0001
Leucina	88,90 <sup>b</sup>	92,95 <sup>a</sup>	94,35 <sup>a</sup>	0,4747	<0,0001
Lisina	90,77 <sup>b</sup>	91,12 <sup>b</sup>	92,98 <sup>a</sup>	0,3930	0,0069
Metionina	94,71 <sup>a</sup>	93,73 <sup>a</sup>	93,23 <sup>a</sup>	0,4690	0,1317
Fenilalanina	89,36 <sup>b</sup>	92,91 <sup>a</sup>	94,09 <sup>a</sup>	0,5005	0,0002
Triptofano	92,42 <sup>b</sup>	93,42 <sup>ab</sup>	95,27 <sup>a</sup>	0,5874	0,0216
Treonina	85,55 <sup>c</sup>	90,96 <sup>a</sup>	94,11 <sup>a</sup>	0,8795	0,0002
Valina	73,83 <sup>b</sup>	85,73 <sup>a</sup>	88,94 <sup>a</sup>	1,0228	<0,0001
Não Essenciais					
Alanina	77,01 <sup>c</sup>	90,96 <sup>b</sup>	94,28 <sup>a</sup>	0,9090	<0,0001
Ácido	88,36 <sup>b</sup>	92,55 <sup>a</sup>	93,94 <sup>a</sup>	0,5329	0,0001
Aspártico					
Cisteína	72,31 <sup>b</sup>	80,65 <sup>a</sup>	81,42 <sup>a</sup>	2,2746	0,0358
Ácido	90,37 <sup>c</sup>	93,11 <sup>b</sup>	95,19 <sup>a</sup>	0,4167	<0,0001
Glutâmico					
Glicina	75,06 <sup>c</sup>	84,42 <sup>a</sup>	62,67 <sup>b</sup>	2,1537	0,0002
Prolina	79,83 <sup>c</sup>	91,47 <sup>b</sup>	94,98 <sup>a</sup>	0,7570	<0,0001
Serina	83,61 <sup>c</sup>	89,67 <sup>b</sup>	93,52 <sup>a</sup>	0,8008	<0,0001
Tirosina	82,20 <sup>b</sup>	93,41 <sup>a</sup>	96,96 <sup>a</sup>	1,3263	<0,0001
MS*	36,67 <sup>b</sup>	50,37 <sup>a</sup>	54,52 <sup>a</sup>	1,8491	0,0002

530 Médias seguidas por letras diferentes <sup>a-c</sup> são significativamente diferentes ao nível de P < 0,05.

531 \* Matéria seca (MS) - Médias não corrigidas para fatores endógenos.

532

533

534 Tabela 4. Conteúdo de aminoácido digestível verdadeiro (% MN) de diversas fontes proteicas utilizadas na alimentação de cães e gatos.

AA	Rostagno <i>et al.</i> (2011)										
	Barata de Madagascar	Barata Cinérea	Tenébrio Gigante	Far. Carne e Ossos	Far. Glúten de Milho (60%)	Far. de Peixe	Concentrado proteico de Soja	Farelo de Soja (48%)	Soja Micronizada	Far. de Visceras de Frango	Far. de Visceras de Suínos
Essenciais											
Arginina	2,53	2,85	2,56	3,26	1,88	3,37	5,02	3,26	2,86	3,59	3,21
Histidina	1,20	1,30	1,49	0,68	1,19	1,13	1,61	1,14	1,04	0,78	0,85
Isoleucina	1,74	1,89	2,24	1,21	2,39	2,23	2,75	2,05	1,71	1,92	1,26
Leucina	2,98	3,27	3,39	2,43	10,35	3,81	4,68	3,40	2,87	3,20	3,09
Lisina	2,46	2,75	2,93	2,17	0,91	3,81	3,77	2,71	2,26	2,67	2,24
Metionina	0,63	0,84	0,57	0,54	1,33	1,43	0,85	0,60	0,53	0,92	0,65
Fenilalanina	1,90	2,03	2,03	1,21	3,74	2,10	3,10	2,31	1,93	2,03	1,62
Triptofano	0,41	0,48	0,72	0,22	0,29	0,51	0,80	0,61	0,47	0,42	0,20
Treonina	1,57	1,76	1,85	1,29	1,92	2,13	2,29	1,65	1,31	1,85	1,56
Valina	2,92	3,09	3,01	1,83	2,68	2,52	2,85	2,08	1,74	2,41	1,97
Não Essenciais											
Alanina	3,53	3,72	3,12	-	-	-	-	-	-	-	-
Ácido aspártico	3,72	4,05	4,01	-	-	-	-	-	-	-	-
Cisteína	0,40	0,45	0,37	-	-	-	-	-	-	-	-
Ácido glutâmico	4,76	5,24	5,81	-	-	-	-	-	-	-	-
Glicina	3,85	2,77	1,47	-	-	-	-	-	-	-	-
Prolina	2,41	2,43	2,51	-	-	-	-	-	-	-	-
Serina	1,50	1,71	1,77	-	-	-	-	-	-	-	-
Tirosina	3,40	3,39	3,93	-	-	-	-	-	-	-	-

536 Tabela 5. Perfil e necessidade de proteína ideal para cães (%)

	Perfil de Proteína ideal para cães*	Necessidade de aminoácidos ideal para cães			
		NRC (2006)	Barata de Madagascar	Barata Cinérea	Tenébrio Gigante
Lisina	100	0,70	2,86	3,21	3,33
Arginina	71	0,50	2,03	2,28	2,36
Histidina	29	0,20	0,83	0,93	0,97
Isoleucina	57	0,40	1,63	1,83	1,90
Leucina	100	0,70	2,86	3,21	3,33
Met+Cis	64	0,45	1,83	2,06	2,13
Fen+Tir	100	0,70	2,86	3,21	3,33
Treonina	67	0,47	1,92	2,15	2,23
Triptofano	22	0,15	0,63	0,71	0,73
Valina	75	0,53	2,15	2,41	2,50

537 \*Adaptado de Baucells &amp; Serrano (1992).

538

539 Tabela 6. Perfil e necessidade de proteína ideal para gatos (%)

	Perfil de Proteína ideal para gatos*	Necessidade de aminoácidos ideal para gatos			
		NRC (2006)	Barata de Madagascar	Barata Cinérea	Tenébrio Gigante
Lisina	100	0,68	2,86	3,21	3,33
Arginina	112	0,76	3,21	3,60	3,73
Histidina	38	0,26	1,09	1,22	1,27
Isoleucina	63	0,43	1,80	2,02	2,10
Leucina	150	1,02	4,30	4,82	5,00
Met+Cis	100	0,68	2,86	3,21	3,33
Fen+Tir	112	0,76	3,21	3,60	3,73
Treonina	87	0,59	2,49	2,80	2,90
Triptofano	19	0,13	0,54	0,61	0,63
Valina	75	0,51	2,15	2,41	2,50

540 \*Adaptado de Baucells &amp; Serrano (1992).

541

542 Tabela 7. Perfil de proteína ideal para cães e gatos e perfil das farinhas de inseto (%)

	Cães*	Gatos*	Barata de Madagascar	Barata Cinérea	Tenébrio Gigante
Lisina	100	100	100,00	100,00	100,00
Arginina	71	112	101,85	99,67	85,08
Histidina	29	38	57,93	48,68	50,79
Isoleucina	57	63	73,06	68,54	76,19
Leucina	100	150	123,62	116,56	113,97
Metionina	-	-	24,35	29,80	19,37
Met+cis	64	100	-	-	-

Fenilalanina	-	-	78,60	72,19	68,57
Fen+tir	100	112	-	-	-
Treonina	67	87	67,90	63,91	62,54
Triptofano	22	19	16,24	16,89	24,13
Valina	75	75	145,76	119,54	107,62

---

543

\*Adaptado de Baucells &amp; Serrano (1992).