

## FARINHA DE INSETOS NA ALIMENTAÇÃO DE NÃO RUMINANTES, UMA ALTERNATIVA ALIMENTAR

Túlio Leite Reis<sup>1</sup>  
Ana Carla Chaves Dias<sup>2</sup>

### RESUMO

Visto a crescente busca por alternativas para alimentação humana e animal, a utilização de uma fonte proteica proveniente da criação de insetos em larga escala, aparece como uma perspectiva atraente atualmente. A criação de insetos, devido à natureza das espécies, apresenta algumas vantagens que reforçam ainda mais sua utilização, como alimentar-se de uma gama de subprodutos da indústria, não competir com o uso de recursos alimentares, possuir alto valor nutricional, além de, quando consumidos, atuarem no desenvolvimento da microbiota benéfica e como imunomoduladores. Alguns estudos destacam a utilização de farinhas de diferentes insetos em substituição a farinhas de origem animal e ao farelo de soja na alimentação de animais não ruminantes, que além de fornecer um perfil de aminoácidos semelhante e/ou superior à esses ingredientes convencionais, podem reduzir o custo final da ração consumida pelas espécies não ruminantes de interesse zootécnico, impactando significativamente no sistema produtivo. Alguns pontos acerca da viabilidade de produção dessas farinhas na utilização como fonte de proteína na alimentação animal merecem destaque, sendo assim, busca-se reunir as aplicações e resultados recentes obtidos com a utilização de farinha de insetos na alimentação e nutrição dos animais não ruminantes, seus impactos no desempenho, saúde, além da qualidade dos produtos originados.

**Palavras-chave:** Ingrediente, Produção Animal, Sustentabilidade, Proteínas

### INSECT MEAL IN NON-RUMINANT FEED, A FOOD ALTERNATIVE

#### ABSTRACT

Given the growing search for alternatives for food and feed, the use of a protein source from large-scale insect breeding appears to be an attractive prospect today. Insect breeding, due to the nature of the species, has some advantages that further reinforce its use, such as feeding on a range of industry by-products, not competing with the use of food resources, having high nutritional value, and, when consumed, act in the development of beneficial microbiota and as immunomodulators. Some studies highlight the use of meals of different insects as a substitute for animal meal and soybean meal in non-ruminants feed, which in addition to providing a similar amino acid profile and / or superior to these conventional ingredients can reduce the cost feed consumed by non-ruminants species of zootechnical interest, significantly impacting the production system. Some points about the viability of production of these meals for use as a source of protein in animal feed deserve to be highlighted, so the present work seeks to gather the applications and recent results obtained with the use of insect meal in the food and nutrition of non-ruminants animals, impacts on performance, health and the quality of the products originated.

**Key-words:** Ingredient, Livestock, Sustainability, Proteins.

<sup>1</sup> Zootecnista da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ, Câmpus de Goytacazes. Correspondência: tulioreis@hotmail.com

<sup>2</sup> Doutorado em Zootecnia – Produção Animal. da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ, Câmpus de Goytacazes. anacarladias@gmail.com

## HARINA DE INSECTOS EN ALIMENTACIÓN DE NO RUMIANTES, UNA ALTERNATIVA ALIMENTAR

### RESUMEN

Dada la creciente búsqueda de alternativas para alimentos, el uso de una fuente de proteínas de la cría de insectos a gran escala parece ser una perspectiva atractiva hoy en día. La cría de insectos, debido a la naturaleza de la especie, tiene algunas ventajas que refuerzan aún más su uso, como alimentarse de una variedad de subproductos de la industria, no competir con el uso de recursos alimenticios, tener un alto valor nutricional y, cuando se consume, actuar en el desarrollo de microbiota beneficiosa y como inmunomoduladores. Algunos estudios destacan el uso de harinas de diferentes insectos como sustituto de la harina animal y la harina de soja en los alimentos de no rumiantes, lo que además de proporcionar un perfil de aminoácidos similar y / o superior a estos ingredientes convencionales puede reducir el costo. alimento consumido por especies no rumiantes de interés zootécnico, impactando significativamente el sistema de producción. Cabe destacar algunos puntos sobre la viabilidad de la producción de estas harinas para su uso como fuente de proteínas en la alimentación animal, por lo que el presente trabajo busca reunir las aplicaciones y los resultados recientes obtenidos con el uso de harina de insectos en la alimentación y nutrición de animales no rumiantes, impactos en el rendimiento, la salud y la calidad de los productos originados.

**Palabras clave:** Ingrediente, Producción animal, Sostenibilidad, Proteínas.

### INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de sistemas de criação em massa de insetos, diante da atual crise e aumento dos preços dos alimentos, oferece perspectivas interessantes para o seu uso na alimentação animal e humana. A cultura de insetos se mostra atrativa, visto que, não compete com o uso da terra ou recursos alimentares, além do mais, promove reciclagem de nutrientes, transformando resíduos, que antes proporcionariam maior poluição ambiental, em alimentos com alto valor nutricional. Os insetos têm diferentes hábitos alimentares e podem consumir subprodutos do campo ou da indústria (matadouro, excedentes de restos de cereais, etc.), cuja eliminação têm efeitos econômicos e ambientais. Algumas espécies de insetos podem ser cultivadas em riachos orgânicos, reduzindo contaminação do ambiente e transformando resíduos em substitutivos de ingredientes de alto custo na ração dos animais de produção. Necessitam também de pequenas áreas e pouca quantidade de água, especialmente quando comparado com as culturas, sendo assim, de um ponto de vista ambiental as culturas de insetos são sustentáveis (1).

Por serem animais pecilotérmicos, os insetos não gastam energia mantendo a temperatura corpórea, por isso são conversores de alimentos bastante eficientes: estima-se que 1 kg de biomassa de insetos possa ser produzido a partir de 2 kg de biomassa alimentar em média (2). Quando comparamos com a plantação de grãos para a formulação de rações, a produção de insetos é 50% maior por hectare (3).

Aproximadamente um milhão de espécies de insetos são conhecidas, embora tenha sido estimado que sua diversidade global é entorno de 80 milhões, as mesmas apresentam diferentes estágios de desenvolvimento que poderiam apresentar diversos perfis de aminoácidos. Cerca de 1.900 espécies são usadas como fonte de alimento para humanos e animais (4). Globalmente, os insetos comumente mais consumidos são os besouros (Coleoptera - 31%), lagartas (Lepidoptera - 18%), abelhas, vespas e formigas (Hymenoptera -

14%). Seguindo estes estão os gafanhotos e grilos (Orthoptera - 13%), cigarras, cigarrinhas, bichos-folha e insetos verdadeiros (Hemiptera - 10%), cupins (Isoptera - 3%), libélulas (Odonata - 3%), moscas (Diptera - 2%) e outras ordens (5%) (5).

As exigências nutricionais de espécies não ruminantes, particularmente os peixes, incluem uma alta qualidade e quantidade de proteína na dieta. Os principais ingredientes proteicos adicionados na ração de não ruminantes são as farinhas de origem animal e o farelo de soja. O farelo de soja possui alta digestibilidade, qualidade e quantidade proteína e o melhor perfil de aminoácidos das fontes de proteína vegetal, juntamente com outros benefícios nutritivos. No entanto, alimentos vegetais têm várias características desfavoráveis, como desequilíbrios entre aminoácidos essenciais e não essenciais, fatores anti-nutricionais, baixa palatabilidade e uma alta proporção de fibras e polissacarídeos não-amiláceos, que limitam o percentual de inclusão na dieta (1). Nestas condições, torna-se necessário complementar a dieta, adicionando aminoácidos sintéticos ou uma fonte de proteína de alto valor nutricional, como a proteína animal, que tem alta digestibilidade e um bom equilíbrio entre aminoácidos essenciais e não essenciais.

Pesquisas sobre o uso de farinhas de insetos na alimentação de animais indicam que essas têm um grande potencial com alimento, principalmente por ser excelente fonte de proteína, tendo um perfil adequado de aminoácidos, dependendo da espécie e o estágio de desenvolvimento, além da alimentação dos mesmos (1,2,3). A concentração de proteína nos principais insetos utilizados na alimentação animal varia de 46 a 65%, sendo mais ricos esse nutriente que em feijões (23,5% de proteína), lentilhas (26,7%) ou soja (41,1%) (6).

Em relação à 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 (1). Oliveira (7) identificou maior quantidade de aminoácido total em farinha de barata de Madagascar, no entanto a maior quantidade de aminoácidos essenciais foram apresentadas na farinha de tenebrio gigante (*Zophobas morio*), o único aminoácido em que não foi observado diferença significativa foi a metionina (primeiro aminoácido limitante em aves e segundo em suínos, em dietas baseadas em milho e farelo de soja).

Uma característica importante a ser observada na escolha da espécie a ser utilizada é a digestibilidade da proteína, que tem relação direta com o perfil de aminoácidos, além da espécie e do estágio fisiológico do animal que consome a farinha. Longvah et al. (8) compararam a digestibilidade proteica em ratos, utilizando bicho-da-seda (*Samia ricini*) e observaram valores médios de 86%, sendo superior aos valores de 57% do feijão, 66% do grão de bico, 52% para farelo de amendoim e 40% do trigo integral.

A digestibilidade do ingrediente é prejudicada também pela existência de fatores anti-nutricionais. Nos insetos um fator presente é a quitina, um polissacarídeo predominante no exoesqueleto de artrópodes. A quitina é um polímero de  $\beta$  (1/4) unido por  $\beta$  (1/4) ligação glicosídica, esse carboidrato prejudica a digestão e absorção de proteínas (8), não sendo digerível em não ruminantes. A composição da quitina varia entre espécies e fases de desenvolvimento dos insetos, nos grilos de campo, a porcentagem de conteúdo de quitina é de 8,7% (9) e, em larvas de mariposa imperador (*Cirina forda*), o teor de quitina é de 9,4%, em cupins é cerca de 5% e 14% em percevejos (10). No entanto benefícios podem ser observados com a presença de quitina no trato gastrointestinal de peixes, onde a mesma promove aumento na atividade do sistema imunológico em peixes (11), esses efeitos também são observados em frangos (12). Segundo Brinchmann et al. (13), a resposta imunológica à quitina dos animais induzindo à processo inflamatórios ou seus efeitos benéficos, dependem do tamanho de partícula da mesma, observando que partículas de quitina de tamanho médio

induzem à inflamação do epitélio, enquanto as partículas de tamanho pequeno podem ter efeito reverso, reduzindo a resposta inflamatória. A quitina é um componente também presente na parede de leveduras *Saccharomyces cerevisiae*, que juntamente com os beta-glucanos e mananoglucosacarídeos atribuem constituintes que conferem atividade prebiótica, através da manutenção de microbiota saudável, promovendo o crescimento de várias bactérias intestinais benéficas, como as bifidobactérias (14). Bovera et al. (15) relataram que esse polissacarídeo pode atuar como prebiótico, melhorando a resposta imune das aves e aumentando a produção cecal de ácido butírico, considerado a principal fonte de energia para os enterócitos. Este fato resultaria em maior fluxo sanguíneo intestinal, melhorando a oxigenação dos tecidos, a absorção de nutrientes e o transporte dos mesmos.

As farinhas de insetos além de boa fonte de proteína de alto valor biológico, também são boas fontes de lipídios (16). No entanto, o teor de gordura e de energia são bastante variáveis entre as espécies e fases de desenvolvimento, variando em torno de 7 a 77% na matéria seca (MS) enquanto que a energia pode variar de 2930 kcal a 7620 kcal/Kg de MS (17). Os grilos apresentam cerca de 13% de lipídios, já larvas de besouros 50% na MS, e apresentam baixa concentração de colesterol quando comparados aos produtos de origem animal, possuindo uma proporção favorável de ácidos graxos ômega 6/ômega 3 e ácidos graxos poliinsaturados/saturados (10). As fibras e os minerais, como cobre, ferro, magnésio, fósforo, selênio e zinco, se apresentam em grandes concentrações em farinhas de insetos, apesar de ser preciso atentar-se para variação desses minerais nas diferentes espécies (10). No entanto, a quantidade de cálcio é baixa, exigindo a suplementação na dieta (16), o que não se demonstra um grande problema, visto que, ingredientes fontes de cálcio, como o calcário, são de baixo custo.

Os primeiros estudos que avaliaram a inclusão de insetos na alimentação animal foram realizados em peixes, nas regiões da Ásia e da África (18). Para fazer uso de insetos como ingrediente alimentar, é importante aumentar a escala de produção dos mesmos, mas com quantidade e qualidade contínuas, reduzindo o custo da criação, a fim de ser competitivo com as fontes de proteína usadas atualmente. Vários fatores devem ser observados, como a produtividade de biomassa de cada espécie e sua viabilidade econômica para produção em larga escala, composição bromatológica dos insetos, hábitos alimentares e fatores antinutricionais presentes.

O *Codex Alimentarius* estabelecido por um programa conjunto da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) e Organização Mundial da Saúde (OMS), não normatiza as disposições legais específicas em relação ao uso de insetos na produção de alimentos humanos e rações animais, por isso existe a necessidade de se estabelecer padrões de criação, alimentação e composição nutricional dos insetos, bem como níveis sanitários dos produtos produzidos. Essas ações serviriam para controlar e regular o uso de insetos pelos processadores da indústria e garantiria acesso do consumidor à informação. Para esse fim, os reguladores precisariam avaliar os riscos potenciais associados ao uso de insetos, em termos de espécies e quantidades. Existe um crescente *lobby* no setor de alimentação para o desenvolvimento de legislação específica sobre o uso de insetos como alimento. Esse *lobby* está sendo conduzido tanto nos Estados Unidos (para obter aprovação da *Food and Drug Administration* – FDA, sobre a utilização de insetos nos alimentos para animais) quanto na Europa (4).

Portanto, o objetivo dessa revisão foi apresentar resultados recentes de pesquisas utilizando diferentes farinhas de insetos na alimentação de animais não ruminantes de interesse zootécnico, bem como a viabilidade técnica para substituição dos mesmos aos ingredientes tradicionalmente utilizados na formulação de rações.

## DESENVOLVIMENTO

### *Aves*

Devido à alta exigência nutricional de frangos de corte e galinhas poedeiras e as baixas margens de lucro que temos no comércio de seus produtos, há necessidade de ingredientes de alta digestibilidade e baixo custo para a formulação de suas rações. Adultos, larvas e pupas de insetos são consumidos naturalmente por aves selvagens e aquelas criadas ao ar livre. Ijaiya e Eko (19) sugerem que o uso de insetos como ingredientes de rações de aves, são uma fonte de proteína comparável em qualidade a presente na farinha de peixe. O valor econômico é outro fator a considerar quando se emprega insetos como alimento, Ijaiya e Eko (19) determinaram que o custo total da ração e o custo por kg de ganho em peso diminuem gradualmente, com o aumento dos níveis de inclusão de farinha de lagarta do bicho-da-seda (*Bombyx mori*).

A farinha de mosca soldado negra (*Hermetia illucens*) tem sido bastante estudada devido às suas excelentes características nutricionais e alta produção de biomassa do inseto. Ela é uma excelente fonte de energia apresentando valores variando de 21,2 a 24,4 MJ de energia bruta/kg na MS para farinhas desengordurada e parcialmente desengordurada, respectivamente e proteína (37% a 65%) onde possui o perfil de aminoácidos mais adequado para aves (20). Dabbou et al. (21) verificaram maior consumo de ração e maior peso vivo de frangos de corte que consumiram dietas contendo 15% de farinha de mosca, esses resultados foram justificados pelos autores, devido à maior palatabilidade das rações quando as mesmas continham este ingrediente. Não foram observados efeitos significativos para os parâmetros sanguíneos e séricos, no entanto as aves que consumiram 15% de farinha de mosca soldado negra apresentaram menor altura de vilosidades intestinais, assim como maior profundidade de cripta e menor relação altura/profundidade de vilosidades que os outros grupos. Essa análise de morfometria é um importante indicador de digestibilidade. O vilão é a unidade funcional do intestino, existindo uma alta correlação positiva entre o tamanho da vilosidade e as taxas de absorção dos nutrientes, a profundidade da cripta é um indicador importante de saúde do trato gastrointestinal, uma vez que, quando o intestino é lesado, ou inicia processo inflamatório (como os provocados pela quitina presente na casca dos insetos) se intensifica o *turnover* celular na cripta da vilosidade, provocando um aumento da sua profundidade. Esse processo gera redução da relação entre o tamanho do vilão e a profundidade da cripta, uma vez que o vilão irá diminuir seu tamanho, devido à lesão, enquanto a cripta aumentará sua profundidade, visando realizar a reparação das células do vilão (22).

As farinhas de insetos também podem influenciar na qualidade da carne dos frangos. Altmann et al. (23) constataram níveis de pH mais estáveis no filé de peito fresco até 7 dias após a embalagem, em comparação com o filé de peito da grupo de controle (sem farinha), quando incluído farinha de mosca soldado negra, supondo que esta inclusão também postergou o prazo de validade do produto. Sun et al. (24), encontraram menores valores de colesterol e maior concentração de lipídios e fosfolipídios em carne de frangos alimentados com gafanhotos, e também observaram um aumento do potencial antioxidante e de tempo de armazenamento.

Bovera et al. (15) concluíram que a farinha de larvas de tenebrio (*Tenebrio molitor*) podem substituir completamente o farelo de soja em dietas para frangos de corte durante o período de crescimento, sem efeitos negativos na palatabilidade da dieta, melhorando inclusive a conversão alimentar. Os valores bioquímicos do sangue sugerem uma melhor resistência a doenças e resposta imunológica das aves, provavelmente devido aos efeitos prebióticos da quitina presente na dieta com a inclusão de insetos.

Cullere et al. (25) utilizando farinha de larvas de mosca soldado negra (*Hermetia illucens*) desengordurada nas rações de codornas de corte, não verificaram diferença no desempenho, não havendo também diferença para a digestibilidade da proteína, da matéria seca, matéria orgânica e amido. No entanto, as aves que receberam 10% da farinha tiveram menor digestibilidade de extrato etéreo, em comparação com codornas que consumiram rações sem a inclusão da farinha (controle) ou com 15% de inclusão. Os mesmos autores não verificaram diferença na quantidade de colesterol e no estresse oxidativo das carcaças, assim como o teste de palatabilidade. Mwaniki et al. (26), incluindo 7,5% de farinha de mosca soldado negra (*Hermetia illucens*) nas rações de poedeiras verificaram produção e peso médio dos ovos semelhantes ao controle (sem a inclusão da farinha). No entanto a qualidade da casca, medida através da resistência à quebra e espessura aumentaram com a inclusão das farinhas, os autores justificaram esses resultados devido à maior absorção de cálcio no intestino das galinhas. Também estudando o fornecimento de farinha de mosca soldado negra para codornas de postura, Dalle Zotte et al. (27) não identificaram diferenças no desempenho das aves, entretanto as aves que receberam a farinha obtiveram melhor peso e porcentagem de casca e maior pigmentação na gema. Além disso, os mesmos autores observaram que após o armazenamento dos ovos provenientes de codornas que receberam a farinha na composição de suas rações, esses tiveram maior estabilidade oxidativa, tendo maior tempo de prateleira, este fato se deve ao alto teor de carotenóides presente em farinhas de insetos. Atualmente, na farinha de mosca soldado foi mensurado de 2,00–2,15 mg de carotenóides/kg de ração, esse fato explica à maior pigmentação das gemas e também a maior estabilidade oxidativa, visto que, os carotenóides são importantes antioxidantes, além de serem fontes de vitamina A (28). Nesse mesmo estudo, a concentração de lipídios e colesterol dos ovos não foi afetada, mas o teor de proteína diminuiu e o de matéria mineral aumentou, a quantidade de ácidos graxos poliinsaturados foi reduzida com a inclusão das farinhas. A inclusão da farinha não afetou as análises sensoriais dos ovos, se mantendo igual ao grupo controle.

Dependendo do inseto de origem da farinha, a digestibilidade das farinhas apresentam diferentes valores para aves, Oliveira (7) verificou maiores valores de coeficiente de digestibilidade em galos cecectomizados em farinha de tenebrio gigante (*Zophobas morio*), em comparação com farinha de barata cinérea (*Nauphoeta cinerea*) e farinha de barata de Madagascar (*Gromphadorhina portentosa*). A farinha de tenebrio gigante também apresentou os maiores valores de aminoácidos digestíveis, exceto para metionina e arginina.

O fornecimento de farinha de insetos também não influenciou índices zootécnicos (peso vivo, ganho em peso diário, consumo de ração e conversão alimentar) de patos selvagens, segundo Gariglio et al. (29). Os parâmetros sanguíneos utilizados no estudo, consideraram que todas as aves estavam em bom estado de saúde e bem-estar, houve redução nos níveis de triglicérides e colesterol com a inclusão da farinha, não influenciando os níveis de Ca e P séricos. Não foram detectadas lesões macroscópicas durante o exame anatomopatológico em baço, fígado, timo e bursa de Fabricius.

Moula e Detilleux (30) fizeram uma completa metanálise sobre a inclusão de insetos em diversos estados físicos (frescos, congelados, na forma de farinhas ou inteiros) na alimentação de frangos de corte, galinhas poedeiras, perus e codornas analisando o desempenho (ganho em peso médio diário, consumo de ração e conversão alimentar), concluíram que apesar do alto número de trabalhos e relevância do tema, é difícil obter uma visão baseada em evidências de seus efeitos no desempenho das aves, devido ao grande volume e diversidade de informações. No geral, os resultados mostraram que os insetos deveriam substituir parcialmente os ingredientes convencionais como fontes de proteína para garantir o crescimento adequado das aves, não sendo recomendado o uso de gafanhotos, devido ao perfil de aminoácidos ruim e a baixa digestibilidade de sua fração de proteína bruta. A inclusão de insetos não teve efeito adverso geral no desempenho, gerando bons resultados, principalmente

às larvas de moscas soldado, domésticas e tenebrios. No entanto, apresentou-se uma grande heterogeneidade entre os estudos avaliando os efeitos de insetos sobre o desempenho dos animais.

### ***Suínos***

São poucos os estudos com uso de farinha de insetos na alimentação de suínos, no entanto tem crescido o interesse e relevância desse assunto dentro da suinocultura (31).

Dankwa et al. (32) substituíram 100% da farinha de peixe das dietas de leitões desmamados por farelo de larvas de mosca doméstica (*Musca domestica*) sem gordura, não havendo redução no crescimento dos animais. Ji et al. (33) constataram que leitões desmamados precocemente podem ter 5% das proteínas plasmáticas nas dietas substituídas por farinhas de tenebrio (*Tenebrio molitor*), larvas de mosca doméstica ou tenebrio gigante (*Zophobas morio*), não comprometendo o consumo de ração e taxas de crescimento.

Verificando a viabilidade técnica da substituição completa do farelo de soja em leitões por farinha de larvas de mosca soldado (parcialmente desengorduradas), Neumann et al. (34) não observaram diferença nos parâmetros de crescimento e na digestibilidade aparente entre as dietas. Resultados semelhantes foram encontrados por Altmann, Neumann, Rothstein et al. (35), que substituindo o farelo de soja por farinha de larvas de mosca soldado (parcialmente desengorduradas) nas rações de suínos em crescimento até a terminação, (50, 75 ou 100%) não verificaram efeito negativo na qualidade sensorial da carne, além de apresentarem melhor suculência, maior toicinho e maior teor de ácidos graxos poliinsaturados. Yu et al. (36) incluindo 0, 4 e 8% de farinha de larvas de mosca soldado nas dietas de fêmeas suínas em terminação, observaram que a inclusão de 4% aumentou o peso final e o ganho em peso diário, melhorando também a conversão alimentar em comparação com suínos que consumiram a dieta controle (sem a farinha de inseto) e aqueles que consumiram dieta contendo 8% de inclusão. Independente da inclusão (4 ou 8%) não foram observadas diferenças no consumo de ração nem em parâmetros relacionados a qualidade da carne e carcaças, como peso da carcaça quente, rendimento de carcaça, gordura dorsal média, índice de gordura, pH, perdas por gotejamento e força de cisalhamento do músculo. Porém, foram observados maior área de olho de lombo na carcaça, gordura de marmoreio e concentração de ácido graxo poliinsaturados docosahexaenóico (DHA). O estudo de Yu et al. (36) demonstrou pela primeira vez que o fornecimento de insetos pode regular positivamente a expressão do RNA mensageiro, induzindo à transição das fibras musculares para mais fibras musculares oxidativas e alterar o metabolismo lipídico, acontecimentos esses que promovem melhoria na qualidade da carne.

### ***Peixes***

Espécies de peixes carnívoras têm alta exigência por proteínas, por isso o uso de farinha de inseto se mostra uma boa alternativa pela sua alta concentração proteica. Os resultados obtidos em diferentes espécies na piscicultura alimentados com diversas farinhas de insetos têm demonstrado o potencial dessas fontes de proteína para as rações, pois os insetos já fazem parte da cadeia alimentar destes animais (1).

O principal ingrediente proteico utilizado na ração de peixes, são as farinhas de diversas espécies dos mesmos e subprodutos da indústria do pescado, que têm composição bromatológica e qualidade microbiológica variáveis, muitas vezes são questionadas, pois a qualidade do filé pode ser afetada principalmente pelo perfil do ácido graxo, que depende do teor de óleo de peixe na dieta.

Embora os insetos geralmente apresentem algumas características que não coincidam com a farinha de peixe, o perfil de aminoácidos da farinha de mosca doméstica, mostra ser uma possível fonte alternativa de proteína a ser usada na aquicultura, apresentando composição semelhante de aminoácidos. A principal diferença está relacionada à deficiência nos aminoácidos histidina, lisina e teronina. Já as farinhas de grilos e de tenebrios, apresente características bromatológicas tão parecidas com a farinha de peixe, têm melhor perfil de aminoácidos do que farelo de soja, principalmente em termos de maior concentração de lisina, metionina e tirosina. Em relação aos lipídios, os insetos tem uma proporção muito menor de  $\Omega 3$  quando comparado à farinha de peixe, sendo as composições de ácidos graxos saturados das duas semelhantes, no entanto, os insetos têm quase duas vezes a quantidade de ácidos graxos monoinsaturados do que a farinha de peixe e o farelo de soja (37).

Lira (38) estudando a introdução de até 30% de farinha de larvas de tenebrio na alimentação de tambaquis juvenis, não constatou influência na digestibilidade dos nutrientes e no desempenho, evidenciando seu potencial para compor dietas desses peixes.

Ezewudo et al. (39) observaram que a substituição de 50-60% da farinha de peixe por farinha de larvas de mosca (*Musca domestica*) na alimentação de alevinos de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) proporcionou crescimento e desempenho satisfatório, de 0,96 e 0,92 g/peixe médio para 10,25 e 9,16 g/peixe, respectivamente durante 10 semanas. Sánchez-Muros et al. (40) observaram que a utilização de farinha de tenebrio para tilápia em substituição a 25 ou 50% da farinha de peixe, reduziu o crescimento dos peixes.

Tubin (41) fornecendo farinhas de larvas de tenebrio e de barata cinérea em dietas de tilápias, cultivadas em sistema bioflocos, nos níveis de inclusão de 0, 5, 10, 15 e 20%, recomendou que o uso da farinha de tenebrio na fase de berçário em tilápias, no máximo de 10% sem afetar desempenho, índices somáticos, hematológicos e de composição de carcaça. Níveis superiores a 10% ocasionam queda de produtividade, mortalidades, aumento de lipídeos na carcaça, em virtude ao alto teor lipídico e a presença de fatores anti-nutricionais como a quitina. Já a farinha de barata, não afetou a conversão alimentar, sobrevivência e produtividade, no entanto os autores observaram efeito quadrático com ponto de máximo para ganho em peso e taxa de crescimento específico no nível de 8,5%, não sendo recomendável níveis acima de 15% de para alevinos de tilápia.

Fontes et al. (42) estudaram a digestibilidade aparente dos nutrientes e do coeficiente de energia de farinhas de insetos em duas espécies de baratas (*Nauphoeta cinerea* e *Gromphadorhina portentosa*), uma espécie de grilo (*Gryllus assimilis*) e duas espécies de tenebrio (*Zophobas morio* e *Tenebrio molitor*) para alevinos de tilápia. A farinha de *Tenebrio molitor* apresentou a maior digestibilidade para matéria seca, proteína, proteína corrigida para o balanço de nitrogênio e quitina, demonstrando também ter melhor digestibilidade para energia, junto com o *Zophobas morio*. A farinha de barata (*Gromphadorhina portentosa*) e do grilo foi a que apresentou melhor coeficiente de digestibilidade para lipídio e pior digestibilidade para quase todos os parâmetros (exceto para a quitina), respectivamente, em comparação a todas as farinhas avaliadas.

Criando salmão do atlântico até o peso comercial de abate (aproximadamente 4 Kg), Belghit et al. (43) forneceram farinha de larva de mosca soldado com níveis de inclusão de 0, 5, 10 e 15% nas rações em substituição à farinha de peixe e identificaram que o nível de peroxidação (TBARS - ácido tiobarbitúrico e substâncias reativas) das dietas aumentou ligeiramente com o aumento da inclusão da farinha de insetos. A presença da farinha de mosca soldado resultou em menores concentrações de aminoácidos não essenciais, hidroxoprolina e taurina, levando a maiores concentrações de tirosina, prolina e valina. Não houve efeitos no peso final, ganho em peso ou qualquer um dos parâmetros de crescimento ou consumo de ração. A digestibilidade da proteína bruta, lipídio, aminoácidos e ácidos graxos não foi afetada. Nenhum efeito da dieta foi observado para a atividade das enzimas digestivas



leucina aminopeptidase, tripsina e para o nível total de ácidos biliares na digesta. Não houve diferença também para os parâmetros sanguíneos, mensurados através da quantificação de Hemoglobina (Hg), Alanina aminotransferase (ALT), Triacilglicerol (TAG), colesterol, proteína total ou concentração de sódio no plasma.

Quanto as características de carcaça, a inclusão da farinha de inseto não exerceu efeitos significativos na matéria seca, total de proteína, lipídio, cinzas ou composição de aminoácidos. No entanto, a concentração de ácido eicosapentaenoico e docosahexaenoico (EPA e DHA), bem como a razão  $\Omega 3 / \Omega 6$  aumentou de maneira linear com o aumento da inclusão de inseto na dieta. As concentrações de ácido araquidônico (ARA) e ácidos graxos polinsaturados (PUFA) não foram afetadas. Os escores sensoriais da carne não mostraram diferença entre os grupos alimentares.

Assim como em mamíferos e aves, a quitina pode ser um imune estimulante, aumentando a resistência a doenças em peixes (44). Existem peixes que consomem uma grande quantidade de crustáceos, e os nutrientes contidos nesses alimentos somente são disponibilizados devido à atividade enzimática quitinolítica, de quitinase presente no estômago, e quitobiase, no intestino. Muitas espécies de peixes apresentam essas enzimas naturalmente no seu trato gastrointestinal, devido à presença natural de crustáceos (camarão, caranguejos, lagostins, etc.) e insetos na sua dieta (45). Em robalos (*Centropomus undecimalis*) alimentados com diferentes níveis de quitina (0; 0,05; 0,1; 0,2; 0,3 e 0,4 %), o crescimento e a eficiência alimentar melhoraram com a inclusão de até 0,2 %. Outra característica observada foi o aumento do comprimento das vilosidades e microvilosidades no intestino (46). No entanto, a quantidade de quitina na dieta deve ser considerada porque o conteúdo em excesso de quitina pode causar perda de peso, conforme observado por Sánchez-Muros et al. (1).

### *Cães e gatos*

A indústria de alimentação de cães e gatos produziu, em 2018, cerca de 2,65 milhões de toneladas de ração, com perspectiva de aumento de 4,2% para o ano de 2019 (47). Sendo essa qualidade das rações comerciais muito variada e diretamente ligada ao tipo de ingredientes utilizados na sua formulação. Devido à grande demanda proteica desses animais, e o alto valor agregado dessas rações, o uso de farinhas de insetos em substituição aos ingredientes proteicos em alimentos pets (cães e gatos), pode além de fornecer uma proteína de elevado valor biológico, diminuir a “pegada de carbono” na produção dos alimentos industrializados. O mercado pet possibilita a inclusão de ingrediente com alto valor em suas formulações, podendo inserir farinha de insetos em sua composição sem grandes perdas econômicas.

Oliveira (7) verificou que para a alimentação de cães, a farinha barata de Madagascar apresentou limitação para o triptofano, a farinha de tenebrio gigante apresentou limitação para a treonina, já a farinha de barata cinérea para triptofano e treonina. Em gatos, todas as farinhas apresentaram limitações para leucina, treonina e arginina, as farinhas de barata cinérea e de Madagascar, ainda apresentam limitação em triptofano. Conclui-se que entre os tratamentos, as três farinhas de insetos obtiveram bons resultados, porém a farinha de tenebrio gigante foi a que demonstrou os melhores valores de aminoácidos essenciais para essas espécies. Ainda assim, este estudo evidencia que as três farinhas de insetos são substitutas adequadas para as fontes proteicas comumente utilizadas.

Lisenko (48) estudando farinhas dos mesmos insetos do trabalho citado anteriormente, em gatos, concluiu que não houve diferença para a digestibilidade aparente da matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta e extrato etéreo, o escore e pH fecal também não foram alterados. O pH urinário aumentou quando os gatos foram alimentados com a dieta contendo 15% de farinha de barata de Madagascar. Os parâmetros sanguíneos (ureia, creatinina e

hemograma) dos animais experimentais, não diferiram entre os tratamentos. As dietas contendo farinha de barata de Madagascar apresentaram um coeficiente de digestibilidade aparente da quitina mais elevado, quando comparado às dietas contendo farinhas de barata cinéria ou de tenebrio gigante. A avaliação da microbiota fecal demonstrou que os gatos alimentados com diferentes tipos e níveis de inclusão de farinha de insetos ou dieta controle, não apresentaram diferenças na diversidade de sua composição, portanto, a inclusão das farinhas de inseto até o nível de 15% nas rações não promoveu efeitos na comunidade microbiana. O mesmo experimento foi repetido por Lisenko (48), só que utilizando cães adultos da raça Beagle, resultados semelhantes foram observados, também não houve diferença sobre a digestibilidade da digesta, no escore e pH fecal, parâmetros sanguíneos (ureia, creatinina e hemograma) e microbiota fecal. Os dados de ambos os experimentos (conduzidos com cães ou gatos) permitiram concluir que ambas as espécies podem ser alimentadas com dietas à base das farinhas desses insetos até o nível de 15%.

Um estudo realizado por Bosch et al. (49) concluíram que as farinhas de larvas de insetos apresentam proteína rica em aminoácidos, em grande quantidade e biodisponibilidade para cães. A farinha de mosca soldado e de tenebrio apresentaram maior perfil de valina e menor de metionina e lisina, que farinha de mosca doméstica. Concluíram também que a microbiota do cão teve maior capacidade de fermentação do resíduo não digerido de larvas de tenebrio.

### *Coelhos e Equinos*

Pouquíssimas pesquisas dizem respeito à inclusão de produtos derivados de insetos em coelhos. A utilização de gordura da larva mosca soldado negra e de tenebrio com baixos níveis de inclusão (0,75 à 1,5%) não afetou o desempenho e a digestibilidade dos nutrientes de coelhos desmamados (50). No entanto, outros autores (51) também encontraram que níveis mais altos de inclusão (3-6%) da gordura da larva da mosca soldado negra levaram a uma menor digestibilidade de matéria seca, matéria orgânica, extrato etéreo e da energia bruta, quando comparado com farinha de linhaça extrusada. Os mesmos autores também observaram redução da digestibilidade da celulose quando a gordura da larva de mosca soldado foi incluída. Essa redução da digestibilidade da celulose pode estar relacionada a inibição da atividade da microbiota celulolítica e, conseqüentemente, na menor atuação das bactérias intestinais nessa fração fibrosa, como relatado em equinos. Porém, Fernández et al. (52) avaliando dietas com adição de 3% de diversos tipos de gordura, não observaram diferença na digestibilidade da fibra em coelhos, sendo a relação lipídios e digestibilidade da fibra ainda controversa.

Njidda e Isidahomen (53) fornecendo 2,5% de farinha de gafanhoto, com o objetivo de substituir em 50% a farinha de peixe, constataram que os coelhos que consumiram a farinha de inseto apresentaram maior peso de abate e peso de carcaça. Gasco et al. (54) não encontraram diferença entre o peso de abate, peso da carcaça refrigerada, porcentagem de vísceras comestíveis e de gordura, composição química e qualidade da carne em coelhos alimentados com gordura de mosca soldado negra, tenebrio ou óleo de soja, como ingredientes de fontes energéticas na ração, não afetando a palatabilidade da carne. Marciano et al. (55) avaliando o desempenho de coelhos da raça Lionhead com a utilização de 20% de farinha de Tenebrio molitor em substituição ao farelo de soja não observaram diferença nas variáveis para ganho em peso médio diário, consumo médio diário e conversão alimentar.

A qualidade da carne de coelhos é alterada com a inclusão de insetos. Dalle Zotte et al. (56) fornecendo gordura de larva de mosca soldado para coelhos desmamados, verificaram redução do teor de ácido graxo intramuscular. No entanto, também foi observado pior índice aterogênico, índice trombogênico e razão n-3/n-6 em comparação com os animais

alimentados com linhaça. Com base nessas descobertas, os autores concluíram que o perfil lipídico geral da carne de coelhos alimentados com essa farinha não era tão saudável, quanto o dos animais alimentados com linhaça.

Na alimentação de equinos o uso de produtos de origem animal é limitado sendo utilizado, principalmente, em potros jovens por possuírem alta exigência proteica. Porém, não é muito comum devido aos efeitos relacionados a preferência alimentar, ou seja, características sensoriais como cheiro, textura e sabor determinam a taxa de ingestão do alimento (57). Entretanto, o uso de melaço na ração pode melhorar a palatabilidade, reduzir a pulverulência e atuar como efeito ligante nos grânulos da dieta (58).

Frape (58) recomenda somente dois produtos de origem animal para equinos, o leite e a farinha de peixe. Sendo o percentual de inclusão por volta de 5 a 10% de farinha de peixe de alta qualidade para potros em sistema creep-feeding ou no sucedâneo lácteo. Sendo assim, mesmo não sendo observado nenhum trabalho na literatura relacionando o uso da farinha de insetos na alimentação de equinos, o seu perfil de aminoácidos é semelhante à farinha de peixe, podendo tornar-se uma opção viável utilizada na alimentação de potros em crescimento. Além disso, sabe-se que quanto mais cedo os animais são expostos a alimentos de variadas texturas, sabores e odores durante o período de crescimento, eles apresentam comportamento de aprendizado (59). Assim, o aspecto odor das farinhas de insetos não necessariamente será limitante ao consumo no futuro.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de farinha de insetos como ingrediente proteico abre novas perspectivas na alimentação animal e desperta o debate sobre sustentabilidade aliada a qualidade de produtos não convencionais. Dentre os animais não ruminantes destaca-se a utilização em sistemas produtivos de avicultura e piscicultura com potencial para abranger outras espécies. De modo geral, não influencia prejudicialmente na digestibilidade dos nutrientes em aves, peixes, coelhos, suínos e cães e gatos, podendo ser substituído em diversos níveis de acordo com a composição da farinha. Algumas características técnicas devem ser levantadas a ponto de viabilizar a produção de insetos destinado a produção de farinhas, afim de garantir a segurança alimentar e prevenir contaminações dos produtos obtidos.

## REFERÊNCIAS

- 1 Sánchez-Muros MJ, Barroso FG, Manzano-Agugliaro F. Insect meal as renewable source of food for animal feeding: a review. *J Clean Prod.* 2014;65:16-27. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.11.068>.
- 2 Collavo A, Glew RH, Huang YS, Chuang LT, Bosse R, Paoletti MG. House cricket small-scale farming [Internet]. In: Paoletti MG, editor. *Ecological implications of minilivestock: potential of insects, rodents, frogs and snails*. New Hampshire: Science Publishers; 2005 [cited 2020 Apr 28]. p. 519-44. Available from: [https://www.researchgate.net/profile/Alberto\\_Collavo/publication/288624354\\_Housecricket\\_et\\_smallscale\\_farming\\_in\\_Ecological\\_implications\\_of\\_minilivestock\\_potential\\_of\\_insects\\_rodents\\_frogs\\_and\\_snails/links/568a9dfb08aebccc4e1a0d5e/Housecricket-smallscale-farming-in-Ecological-implications-of-minilivestock-potential-of-insects-rodents-frogs-and-snails.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Alberto_Collavo/publication/288624354_Housecricket_et_smallscale_farming_in_Ecological_implications_of_minilivestock_potential_of_insects_rodents_frogs_and_snails/links/568a9dfb08aebccc4e1a0d5e/Housecricket-smallscale-farming-in-Ecological-implications-of-minilivestock-potential-of-insects-rodents-frogs-and-snails.pdf)
- 3 Dossey AT, Morales-Ramos JÁ, Rojas MG, editors. *Insects as sustainable food ingredients: production, processing and food applications* [Internet]. London: Academic

- Press Elsevier; 2016 [cited 2020 Apr 28]. Available from: <https://books.google.com.br/books?hl=ptPT&lr=&id=fgFKCgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Insects+as+sustainable+food+ingredients:+production,+processing+and+food+applicationots=u4bXELCJm7&sig=3Ah2mhdaGkHGkmVtsdLqywXLM8#v=onepage&q=Insects%20as%20sustainable%20food%20ingredients%3A%20production%2C%20processing%20and%20food%20applications&f=false>
- 4 Van Huis A, Van Itterbeeck J, Klunder H, Mertens E, Halloran A, Muir G, et al. Edible insects: future prospects for food and feed security [Internet]. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations; 2013 [cited 2020 Apr 28]. Available from: <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/258042>
  - 5 Vilella LDM. Produção de insetos para uso na alimentação animal [trabalho de conclusão de curso] [Internet]. Porto Alegre: Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2018 [cited 2020 Apr 28]. Available from: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/180588/001072223.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
  - 6 Ramos-Elorduy J, González EA, Hernández AR, Pino JM. Use of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) to recycle organic wastes and as feed for broiler chickens. *J Econ Entomol.* 2002;95(1):214-20. doi: <https://doi.org/10.1603/0022-0493-95.1.214>.
  - 7 Oliveira MRD. Perfil e digestibilidade de farinhas de insetos avaliadas com galos cecectomizados [dissertação] [Internet]. Lavras: Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Lavras; 2018 [cited 2020 Apr 28]. Available from: [http://repositorio.ufla.br/jspui/bitstream/1/33446/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O\\_Perfil%20e%20digestibilidade%20de%20farinhas%20de%20insetos%20avaliadas%20com%20galos%20cecectomizados.pdf](http://repositorio.ufla.br/jspui/bitstream/1/33446/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O_Perfil%20e%20digestibilidade%20de%20farinhas%20de%20insetos%20avaliadas%20com%20galos%20cecectomizados.pdf)
  - 8 Longvah T, Mangthya K, Ramulu P. Nutrient composition and protein quality evaluation of eri silkworm (*Samia ricinii*) prepupae and pupae. *Food Chem.* 2011;128(2):400-3. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.03.041>.
  - 9 Wang D, Bai YY, Li JH, Zhang CX. Nutritional value of the field cricket (*Gryllus testaceus* Walker). *Insect Sci.* 2004;11(4):275-83. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1744-7917.2004.tb00424.x>.
  - 10 Rumpold BA, Schlüter OK. Insect-based protein sources and their potential for human consumption: Nutritional composition and processing. *Anim Front* [Internet]. 2015 [cited 2020 Apr 28];5(2):20-4. Available from: [https://www.researchgate.net/profile/Birgit\\_Rumpold/publication/275016949\\_Insect-based\\_protein\\_sources\\_and\\_their\\_potential\\_for\\_human\\_consumption\\_Nutritional\\_composition\\_and\\_processing/links/552e36980cf2acd38cb90357.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Birgit_Rumpold/publication/275016949_Insect-based_protein_sources_and_their_potential_for_human_consumption_Nutritional_composition_and_processing/links/552e36980cf2acd38cb90357.pdf)
  - 11 Esteban MA, Cuesta AJ, Ortuna J, Mesegue J. Immunomodulatory effects of dietary intake of chitin on gilthead seabream (*Sparus aurata* L.) innate immune system. *Fish Shellfish Immunol.* 2001;11(4):303-15. doi: <https://doi.org/10.1006/fsim.2000.0315>.

- 12 Al-Quazzaz MF, Ismail DB. Insect meal as a source of protein in animal diet. *Anim Nutr Feed Technol.* 2016;16(3):527-47. doi: <https://doi.org/10.5958/0974-181X.2016.00038.X>.
- 13 Brinchmann BC, Bayat M, Brøgger T, Muttuvelu DV, Tjønneland A, Sigsgaard T. A possible role of chitin in the pathogenesis of asthma and allergy. *Ann Agric Environ Med.* 2011;18(1):7-12.
- 14 Alessandri G, Milani C, Duranti S, Mancabelli L, Ranjanoro T, Modica S, et al. Ability of bifidobacteria to metabolize chitin-glucan and its impact on the gut microbiota. *Sci Rep.* 2019;9(1):5755. doi: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-42257-z>.
- 15 Bovera F, Piccolo G, Gasco L, Marono S, Loponte R, Vassalotti G, et al. Yellow mealworm larvae (*Tenebrio molitor*, L.) as a possible alternative to soybean meal in broiler diets. *Br Poult Sci.* 2015;56(5):569-75. doi: <https://doi.org/10.1080/00071668.2015.1080815>.
- 16 Makkar HPS, Tran G, Heuzé V, Ankers P. State-of-the-art on use of insects as animal feed. *Anim Feed Sci Technol.* 2014;197:1-33. doi: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.07.008>.
- 17 Ramos-Elorduy J, Moreno JMP, Prado EE, Perez MA, Otero JL, De Guevara OL. Nutritional value of edible insects from the state of Oaxaca, Mexico. *J Food Compos Anal.* 1997;10(2):142-57. doi: <https://doi.org/10.1006/jfca.1997.0530>.
- 18 Kitsa K. Contribution des insectes comestibles à l'amélioration de la ration alimentaire au Kasai-Occidental à Zaire. *Zaire-Afr.* 1989;239:511-9.
- 19 Ijaiya AT, Eko EO. Effect of replacing dietary fish meal with silkworm (*Anaphe infracta*) caterpillar meal on performance, carcass characteristics and haematological parameters of finishing broiler chicken. *Pak J Nutri.* 2009;8(6):850-5. doi: <https://doi.org/10.3923/pjn.2009.850.855>.
- 20 Schiavone A, De Marco M, Martínez S, Dabbou S, Renna M, Madrid J, et al. Nutritional value of a partially defatted and a highly defatted black soldier fly larvae (*Hermetia illucens* L.) meal for broiler chickens: apparent nutrient digestibility, apparent metabolizable energy and apparent ileal amino acid digestibility. *J Anim Sci Biotechnol.* 2017;8(1):51. doi: <https://doi.org/10.1186/s40104-017-0181-5>.
- 21 Dabbou S, Gai F, Biasato I, Capucchio MT, Biasibetti E, Dezzutto D, et al. Black soldier fly defatted meal as a dietary protein source for broiler chickens: effects on growth performance, blood traits, gut morphology and histological features. *J Anim Sci Biotechnol.* 2018;9(1):49. doi: <https://doi.org/10.1186/s40104-018-0266-9>.
- 22 Macari M, Maiorka A. Função gastrintestinal e seu impacto no rendimento avícola. In: Conferência Apinco de Ciência e Tecnologia Avícolas; 2000; Campinas. Campinas: FACTA; 2000. p.161-74.

- 23 Altmann B, Neumann C, Velten S, Liebert F, Mörlein D. Meat quality derived from high inclusion of a micro-alga or insect meal as an alternative protein source in poultry diets: a pilot study. *Foods*. 2018;7(3):34. doi: <https://doi.org/10.3390/foods7030034>.
- 24 Sun T, Long R, Liu Z. The effect of a diet containing grasshoppers and access to free-range on carcass and meat physicochemical and sensory characteristics in broilers. *Br Poult Sci*. 2013;54(1):130-7. doi: <https://doi.org/10.1080/00071668.2012.756575>.
- 25 Cullere M, Tasoniero G, Giaccone V, Miotti-Scapin R, Claeys E, De Smet S, et al. Black soldier fly as dietary protein source for broiler quails: apparent digestibility, excreta microbial load, feed choice, performance, carcass and meat traits. *Animal*. 2016;10(12):1923-30. doi: <https://doi.org/10.1017/S1751731116001270>.
- 26 Mwaniki Z, Neijat M, Kiarie E. Egg production and quality responses of adding up to 7.5% defatted black soldier fly larvae meal in a corn–soybean meal diet fed to Shaver White Leghorns from wk 19 to 27 of age. *Poult Sci*. 2018;97(8):2829-35. doi: <https://doi.org/10.3382/ps/pey118>.
- 27 Dalle Zotte A, Singh Y, Michiels J, Cullere M. Black soldier fly (*Hermetia Illucens*) as dietary source for laying quails: live performance, and egg physico-chemical quality, sensory profile and storage stability. *Animal*. 2019;9(3):115. doi: <https://doi.org/10.3390/ani9030115>.
- 28 Secci G, Bovera F, Nizza S, Baronti N, Gasco L, Conte G, et al. Quality of eggs from Lohmann Brown Classic laying hens fed black soldier fly meal as substitute for soya bean. *Animal*. 2018;12(10):2191-7. doi: <https://doi.org/10.1017/S1751731117003603>.
- 29 Gariglio M, Dabbou S, Crispo M, Biasato I, Gai F, Gasco L, et al. Effects of the dietary inclusion of partially defatted black soldier fly (*Hermetia illucens*) meal on the blood chemistry and tissue (Spleen, Liver, Thymus, and Bursa of Fabricius) histology of Muscovy Ducks (*Cairina moschata domestica*). *Animal*. 2019;9(6):307. doi: <https://doi.org/10.3390/ani9060307>.
- 30 Moula N, Detilleux J. A meta-analysis of the effects of insects in feed on poultry growth performances. *Animal*. 2019;9(5):201. doi: <https://doi.org/10.3390/ani9050201>.
- 31 Di Giacomo K, Leury BJ. Insect meal: a future source of protein feed for pigs? *Animal*. 2019;13(12):3022-30. doi: <https://doi.org/10.3390/ani9050201>.
- 32 Dankwa D, Oddoye EOK, Mzamo KB. Preliminary studies on the complete replacement of fishmeal by house-fly-larvae-meal in weaner pig diets: effects on growth rate, carcass characteristics, and some blood constituents. *Ghana J Agric Sci*. 2000;33:223-7. doi: <https://doi.org/10.4314/gjas.v33i2.1874>.
- 33 Ji YJ, Liu HN, Kong XF, Blachier F, Geng MM, Liu YY, et al. Use of insect powder as a source of dietary protein in early-weaned piglets. *J Anim Sci*. 2016;94:111-6. doi: <https://doi.org/10.2527/jas.2015-9555>.
- 34 Neumann C, Velten S, Liebert F. N balance studies emphasize the superior protein quality of pig diets at high inclusion level of algae meal (*Spirulina platensis*) or insect

- meal (*Hermetia illucens*) when adequate amino acid supplementation is ensured. *Animal*. 2018;8(10):1-14. doi: <https://doi.org/10.3390/ani8100172>.
- 35 Altmann BA, Neumann C, Rothstein S, Liebert F, Mörlein D. Do dietary soy alternatives lead to pork quality improvements or drawbacks? A look into micro-alga and insect protein in swine diets. *Meat Sci*. 2019;153:26-34. doi: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.03.001>.
- 36 Yu M, Li Z, Chen W, Rong T, Wang G, Li J, et al. Use of *Hermetia illucens* larvae as a dietary protein source: effects on growth performance, carcass traits, and meat quality in finishing pigs. *Meat Sci*. 2019;158:107837. doi: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.05.008>.
- 37 Barroso FG, De Haro C, Sánchez-Muros MJ, Venegas E, Martínez-Sánchez A, Pérez-Bañón C. The potential of various insect species for use as food for fish. *Aquaculture*. 2014;422-423:193-201. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.12.024>.
- 38 Lira JA. Avaliação da farinha de tenebrio (*Tenebrio molitor*) na alimentação de juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomun*) [dissertação]. Manaus: Universidade Nilton Lins e Instituto de Pesquisas da Amazônia; 2015.
- 39 Ezewudo BI, Monebi CO, Ugwumba AAA. Production and utilization of *Musca domestica* maggots in the diet of *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) fingerlings. *Afr J Agric Res*. 2015;10(23):2363-71. doi: <https://doi.org/10.5897/AJAR2014.9274>.
- 40 Sánchez-Muros M, De Haro C, Sanz A, Trenzado CE, Villareces S, Barroso FG. Nutritional evaluation of *Tenebrio molitor* meal as fishmeal substitute for tilapia (*Oreochromis niloticus*) diet. *Aquac Nutr*. 2015;22(5):943-55. doi: <https://doi.org/10.1111/anu.12313>.
- 41 Tubin JSB, Paiano D, Hashimoto GSO, Furtado WE, Martins ML, Durigon E, et al. *Tenebrio molitor* meal in diets for Nile tilapia juveniles reared in biofloc system. *Aquaculture*. 2019:734763.
- 42 Fontes TV, Oliveira KRB, Gomes Almeida IL, Maria Orlando T, Rodrigues PB, Costa DVD. Digestibility of insect meals for Nile tilapia fingerlings. *Animal*. 2019;9(4):181. doi: <https://doi.org/10.3390/ani9040181>.
- 43 Belghit I, Liland NS, Gjesdal P, Biancarosa I, Menchetti E, Li Y, et al. Black soldier fly larvae meal can replace fish meal in diets of sea-water phase Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*. 2019;503:609-19. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.12.032>.
- 44 Henry MA, Gasco L, Chatzifotis S, Piccolo G. Does dietary insect meal affect the fish immune system? The case of mealworm, *Tenebrio molitor* on European sea bass, *Dicentrarchus labrax*. *Dev Comp Immunol*. 2018;81:204-9. doi: <https://doi.org/10.1016/j.dci.2017.12.002>.

- 45 Gutowska MA, Drazen JC, Robison BH. Digestive chitinolytic activity in marine fishes of Monterey Bay. *Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol*. 2004;139(3):351-8. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cbpb.2004.09.020>.
- 46 Zaki MA, Salem ME-S, Gaber MM, Nour AM. Effect of chitosan supplemented diet on survival, growth, feed utilization, body composition and histology of sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *World J Eng Technol*. 2015;3:38-47. doi: <https://doi.org/10.4236/wjet.2015.34C005>.
- 47 Zani O. Sindirações - Boletim informativo do setor [Internet]. São Paulo: Sindirações; 2019 [cited 2020 Apr 10]. Available from: [https://sindiracoes.org.br/wpcontent/uploads/2019/07/boletim\\_informativo\\_do\\_setor\\_julho\\_2019\\_vs\\_final\\_port\\_sindiracoes.pdf](https://sindiracoes.org.br/wpcontent/uploads/2019/07/boletim_informativo_do_setor_julho_2019_vs_final_port_sindiracoes.pdf)
- 48 Lisenko KG. Valor nutricional de farinhas de insetos para cães e gatos [tese] [Internet]. Lavras: Universidade Federal de Lavras; 2017 [cited 2020 Apr 28]. Available from: <http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/28266>
- 49 Bosch G, Vervoort J, Hendriks W. In vitro digestibility and fermentability of selected insects for dog foods. *Anim Feed Sci Technol*. 2016;221:174-84. doi: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.08.018>.
- 50 Gasco L, Dabbou S, Trocino A, Xiccato G, Capucchio MT, Biasato I, et al. Effect of dietary supplementation with insect fats on growth performance, digestive efficiency and health of rabbits. *J Anim Sci Biotechnol*. 2019;10(4). doi: <https://doi.org/10.1186/s40104-018-0309-2>.
- 51 Martins C, Cullere M, Dalle Zotte A, Cardosi C, Alves AP, Bessa RJB, et al. Incorporation of two levels of black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) larva fat or extruded linseed in diets of growing rabbits: effects on growth performance and diet digestibility. *Czech J Anim Sci*. 2018;63:356-62. doi: <https://doi.org/10.17221/22/2018-CJAS>.
- 52 Fernández C, Cobos A, Fraga MJ. The effect of fat inclusion on diet digestibility in growing rabbits. *J Anim Sci*. 1994;72(6):1508-15. doi: <https://doi.org/10.2527/1994.7261508x>.
- 53 Njidda AA, Isidahomen CE. Haematology, blood chemistry and carcass characteristics of growing rabbits fed grasshopper meal as a substitute for fish meal. *Pak Vet J* [Internet]. 2010 [cited 2020 Apr 28];30(1):7-12. Available from: <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=DJ2012043356>
- 54 Gasco L, Dabbou S, Gai F, Brugiapaglia A, Schiavone A, Birolo M, et al. Quality and consumer acceptance of meat from rabbits fed diets in which soybean oil is replaced with black soldier fly and yellow mealworm fats. *Animal*. 2019;9(9):629. doi: <https://doi.org/10.3390/ani9090629>.
- 55 Marciano LEA, de Melo Araújo T, Lima NR, Fernandes LS, da Costa MLL. Desempenho de coelhos alimentados com farinha de *Tenebrio molitor*. *Rev Bras Meio Ambiente*. 2019;6(1):42-9. doi: <https://doi.org/10.5281/zenodo.3233029>.



- 56 Dalle Zotte A, Cullere M, Martins C, Alves SP, Freire JPB, Falcão-e-Cunha L, et al. Incorporation of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens* L.) larva fat or extruded linseed in diets of growing rabbits and their effects on meat quality traits including detailed fatty acid composition. *Meat Sci.* 2018;146:50-8. doi: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.08.002>.
- 57 Dulphy JP, Martin-Rosset W, Dubroeuq H, Ballet JM, Detour A, Jailler M. Compared feeding patterns in ad libitum intake of dry forages by horses and sheep. *Livest Prod Sci.* 1997;52(1):49-56. doi: [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(97\)00113-9](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(97)00113-9).
- 58 Frape DL. Equine nutrition and feeding. New Jersey: Blackwell Publishing Ltda.; 2004.
- 59 National Research Council - NRC. Nutrients requirements of horses. Washington: National Academy of Science; 2007.

**Recebido em: 25/11/2019**

**Aceito em:29/04/2020**