

CAPÍTULO 5

INSETOS: ALIMENTO SUSTENTÁVEL PARA NUTRIÇÃO ANIMAL

Ariane Flávia do Nascimento²¹

Andressa Santanna Natel²²

Fábio dos Santos Corsini²³

Eric Ribeiro Madureira²⁴

Diego Vicente da Costa²⁵

²¹ Profa. Dra. do Instituto Federal de Minas Gerais, Campus Bambuí. E-mail: ariane.nascimento@ifmg.edu.br

²² Profa. Dra. da Universidade José do Rosário Vellano. E-mail: andressa.natel@unifenas.br

²³ Prof. Dr. do Instituto Federal do Sul de Minas Gerais, Campus Machado. E-mail: fabio.corsini@ifsuldeminas.edu.br

²⁴ Mestrando pela Universidade Federal de Minas Gerais, Campus Montes Claros. E-mail: eric.rmbh@gmail.com

²⁵ Prof. Dr. da Universidade Federal de Minas Gerais, Campus Montes Claros. E-mail: diego2@ufmg.br

RESUMO

Insetos constituem parte da alimentação natural de várias espécies de animais, como aves, suínos, peixes, cães e gatos, e são uma boa fonte de proteínas, gorduras, vitaminas, fibras e minerais para os animais. Dada a crescente demanda mundial por proteína animal e a veemente busca por recursos alimentares sustentáveis e que substituam parcial ou integralmente os ingredientes convencionalmente utilizados na nutrição animal, algumas espécies de insetos alimentícios têm se destacado. De modo geral, insetos se reproduzem e crescem com facilidade em cativeiro, podem se alimentar de resíduos orgânicos, têm baixa demanda por água e energia quando comparados a outras espécies de animais, e não exigem terras agricultáveis em sua produção. Os insetos podem ser fornecidos vivos, inteiros desidratados ou em forma de farinha, dependendo do nível tecnológico da produção e dos objetivos do fornecimento na alimentação animal. Nos últimos anos, diversos estudos científicos têm demonstrado o imenso potencial do uso de insetos e seus produtos na alimentação animal. Desse modo, a entomocultura, ou seja, a produção de insetos em cativeiro, tem se firmado como uma nova cultura zootécnica, atraindo a atenção de acadêmicos e empreendedores ao redor do mundo. Nesse capítulo será discutida a importância dos insetos como fonte de alimento sustentável, as principais espécies de insetos alimentícios utilizadas, os efeitos da inclusão de insetos na alimentação de animais não-ruminantes, bem como o panorama regulatório mundial dessa nova e disruptiva fonte de alimentação animal.

PALAVRAS-CHAVE: Alimento alternativo. Insetos alimentícios. Proteína animal. Sustentabilidade.

1 INTRODUÇÃO

Com uma população em crescimento, estimada em 9,7 bilhões de habitantes até 2050, o aumento na produção de alimentos e rações resultará em uma pressão ainda maior sobre o meio ambiente. Os sistemas de produção atuais incorrerão em escassez de recursos naturais (terras cultiváveis, água, florestas, recursos pesqueiros e de biodiversidade), além de nutrientes e fontes não renováveis energia. Estratégias emergentes para contrastar essa tendência e soluções viáveis são discutidas em todo o mundo. A sustentabilidade dos sistemas de produção e processamento de alimentos baseados em baixas emissões de gases de efeito estufa, uso eficiente de matérias-primas e minimização de resíduos tornou-se uma prioridade.

A indústria global de carne tem sido questionada por ser responsável por pelo menos 20% das emissões de gases de efeito estufa (GEE) pelo homem e, em geral, é uma prática insustentável. Vinte e seis por cento das terras sem gelo do planeta são usadas para pastagem de gado e 33% das terras cultivadas são usadas para produção de ração animal. A alimentação dos animais de produção é um ponto crucial a ser trabalhado dentro da sustentabilidade, já que representa de 40 a 70% dos custos de produção e contribui significativamente com a pegada de carbono da carne convencional. A conclusão inevitável é que essas opções de proteínas são uma das maneiras menos ecológicas de se obter nutrientes. Neste cenário, onde se projeta uma ameaçadora crise global, os "insetos comestíveis" (IC) podem ser um ingrediente essencial para atravessá-la, criando fontes alternativas de alimentos.

Insetos podem ser cultivados em terras não agricultáveis possibilitando a produção de alimento em áreas improdutivas. Além disso, demandam pouca energia e água para sua produção, comparados a outras proteínas de origem animal, não competem por recursos alimentares com humanos e são capazes de eficientemente transformar resíduos orgânicos de baixa qualidade em biomassa de alto valor nutricional. Existem mais de 1900 espécies de insetos com potencial para utilização na alimentação animal e humana, que representam uma ampla possibilidade para mitigar a fome e questões ambientais relacionadas às atividades intensivas tradicionais. Nos últimos anos,

os insetos foram reconhecidos como uma importante fonte de matérias-primas sustentáveis para a alimentação animal e como são consumidos naturalmente por muitas espécies incluindo peixes, aves e suínos, podemos assumir que estes animais estão evolutivamente adaptados a utilizá-los como alimento.

Embora os níveis de nutrientes variem de acordo com a espécie, os IC's geralmente apresentam alto teor de proteína, gordura, vitaminas, fibras e minerais. Assim, as fontes de insetos poderiam ser alternativas, principalmente, para a diminuição do uso de farinha/óleo de peixe e soja, ingredientes pouco sustentáveis das rações. Antes de incorporar qualquer espécie de inseto em uma dieta, é necessário determinar a composição exata do inseto, que varia de acordo com o táxon, seu estágio de vida específico, condições de criação e dieta e compará-la com os requisitos da espécie de interesse. Uma ração balanceada resultará em um melhor desempenho e higidez dos animais, independente da espécie.

Vale ressaltar também que algumas espécies de insetos, além de serem ótima fonte de nutrientes, possuem compostos antimicrobianos, de importância para melhoria da resposta imune dos animais e até mesmo aumento da vida de prateleira de rações com contém farinha de insetos.

Os insetos têm ciclos curtos de reprodução e exibem uma taxa de crescimento notavelmente elevada que reflete uma eficiência muito alta na conversão de alimento em biomassa corporal. O uso de terra, necessário para a produção de insetos, é mínimo e otimizado por sua capacidade de converter resíduos orgânicos em biomassa de alto valor agregado.

Os insetos são uma fonte de alimento ambientalmente sustentável, com uma pegada de carbono significativamente menor em comparação à produção de outras fontes de proteína. A quantidade de alimento necessária para obter 1 kg de carne, ou, equivalentemente, um aumento de peso de 1 kg, depende significativamente da espécie e do sistema de produção adotado. Por serem heterotérmicos, os insetos convertem seus alimentos em energia com muito mais eficiência. Estima-se que são necessários 2,5 kg de ração para frangos, 5 kg para suínos e até 10 kg para bovinos e apenas 1,7 kg para os grilos ganharem 1 kg de peso.

A maioria das espécies de IC criadas comercialmente, como tenébrio comum (*Tenebrio molitor*), o tenébrio gigante (*Zophobas morio*), grilo doméstico (*Acheta domesticus*), o grilo preto (*Grillus assimilis*), a mosca-soldado negra (*Hermetia illucens*) e o gafanhoto (*Locusta migratoria*), são mais sustentáveis em termos de emissões diretas de GEE e de produção de amônia quando comparados a outras espécies animais. A emissão de GEE em equivalentes de CO₂ por quilograma de ganho de massa, as emissões das espécies de IC já estudadas são, no geral, muito menores do que para suínos e aves e apenas 1% da emissão gerada por ruminantes. Mesmo quando comparados com a soja, o uso de terra necessário para a produção deste ingrediente, faz com que ele tenha uma maior pegada de GEE que os insetos. Os níveis de emissão de NH₃ também são inferiores aos da pecuária convencional e o ganho médio de peso/dia é maior, indicando que os insetos poderiam servir como uma alternativa mais ambientalmente amigável para a produção de proteína animal da perspectiva das emissões de GEE e NH₃. Além disso, os insetos têm um maior rendimento, com um maior peso comestível após processamento, gerando menos resíduos.

Os sistemas de produção devem se adequar ao ambiente circundante, levando em devida conta a limitação de seus recursos, de forma resiliente e inovadora. É certo que a eficiência de conversão alimentar, a pegada ambiental notavelmente vantajosa, combinados ao valor nutricional dos insetos os tornam um alimento sustentável para a nutrição animal. Assim, a produção de insetos pode contribuir significativamente para o desenvolvimento das sociedades que virão, preenchendo a atual lacuna da produção animal. O caminho para uma economia moderna em resposta à grande demanda e às questões ambientais deve estender a pecuária intensiva aos insetos e considerá-los na alimentação animal.

2 ESPÉCIES DE INSETOS COMESTÍVEIS

O uso de IC na alimentação de animais de produção é uma área da ciência relativamente incipiente quando comparada a própria área da ciência que trata da produção desses animais. Devido ao crescente número de trabalhos desenvolvidos na área muitos resultados promissores têm sido observados. Do ponto de vista mercadológico a atual produção de IC ainda está muito aquém de suprir a demanda de proteína animal. No entanto, já é possível usufruir de benefícios dos IC através da incorporação como suplementos em etapas específicas do processo produtivo. Cabe apenas que o pesquisador/produtor observe adequadamente as questões pontuais ou individuais de cada localidade, situação e/ou setor produtivo.

Dentre as espécies de IC, 80% pertencem as ordens *Coleoptera* (besouros), *Hymenoptera* (formigas, abelhas), *Orthoptera* (gafanhotos e grilos) e *Lepidoptera* (lagartas), enquanto os demais 20% compreendem as ordens *Hemiptera* (cigarras, pulgões), *Isoptera* (cupins), *Diptera* (moscas) entre outras (LAVALETTE, 2013). Poucas dessas ordens, no entanto, estão sendo amplamente pesquisadas, devido algumas peculiaridades de certas espécies, que as tornam mais promissoras que outras, para a atual utilização de IC na nutrição animal. Embora existam milhares de espécies de insetos alimentícios catalogadas ao redor do mundo, poucas são as comercialmente produzidas em cativeiro para fins de alimentação animal, tais como grilos, besouros, baratas e moscas.

Lepidoptera, Coleoptera e Diptera são mais comumente consumidas na fase larval, enquanto as demais são geralmente consumidas na fase adulta (YI et al., 2013). A priori, a fase adulta apresenta mais praticidade em sua colheita enquanto a fase larval pode apresentar melhor perfil nutricional. Entre as fases larval e adulta, para algumas espécies, há ainda as fases de pré-pupa e pupa, a exemplo da mosca-soldado negra, que na fase de pré-pupa, apresenta duas vantagens, menor risco de patogenicidade, por esvaziar seu trato digestivo e, por possuir um comportamento de migração, que foi adaptado para sua auto-colheita em sistemas de escala industrial (DANIELI et al., 2019).

3 USO DE INSETOS NA AQUICULTURA

As principais fontes de proteína e lipídios utilizadas nas rações para organismos aquáticos provém da soja e de peixes. As alternativas mais estudadas para estes ingredientes são algas, microalgas, bactérias, subprodutos de animais e insetos (LOCK et al., 2018). Um grande número de espécies de insetos pode ser considerado como fonte de proteínas e lipídios para os peixes e outros organismos aquáticos, já que fazem parte da dieta natural destes. Porém, os insetos que vêm sendo estudados para aquicultura representam espécies que podem ser produzidas em larga escala, como o *Tenebrio molitor*, *Hermetia illucens* e *Musca domestica* (SOGARI et al., 2019). Os resultados dos estudos existentes diferem, dependendo do organismo aquático, níveis e tipos de inclusão do inseto e formulação da ração.

Em um levantamento realizado por Vasconcelos (2019) foi constatado que dietas contendo níveis de até 25% de substituição da farinha de peixe podem ser utilizadas sem afetar negativamente o desempenho em crescimento, eficiência alimentar, composição muscular dos peixes e coeficiente de digestibilidade da proteína e extrato etéreo (EE). Dietas contendo níveis de substituição da farinha de peixe em até 50% não causaram efeitos adversos na histologia, resposta imunológica, parâmetros hematológicos e enzimas do estresse oxidativo. É importante ressaltar que os parâmetros são influenciados pela espécie de inseto, fase de desenvolvimento ou substrato de criação, tipo de processamento, conteúdo de quitina e a espécie de organismo aquático testada.

Sabe-se que, mais importante que as quantidades totais de nutrientes presentes em um alimento para peixes, saber o quanto esses alimentos são digeridos e utilizados metabolicamente pelos animais é de suma importância. Fontes et al. (2019) avaliaram o valor nutricional e o coeficiente de digestibilidade aparente dos nutrientes e energia de cinco espécies de insetos para alevinos de tilápia do Nilo. Os peixes foram alimentados com dietas contendo farinha de barata cinérea (*Nauphoeta cinerea*), farinha de larva de tenébrio gigante (*Zophobas morio*), farinha de larva de tenébrio comum (*Tenebrio molitor*), farinha de barata de Madagascar (*Gromphadorhina*

portentosa) e farinha de grilo (*Gryllus assimilis*). De modo geral, todas as espécies de insetos avaliadas apresentaram potencial para serem utilizadas como alimento alternativo para alevinos de tilápia do Nilo. No entanto, a farinha de larvas de tenébrio comum apresentou o melhor coeficiente de digestibilidade aparente dos nutrientes dentre as espécies insetos estudadas.

O perfil de aminoácidos da maioria dos insetos mostra boa correlação com as exigências nutricionais dos peixes e camarões, embora em alguns casos haja necessidade de suplementação de metionina e lisina (HENRY et al., 2015; PANINI et al., 2017; MASTORAKI et al., 2020). O alto teor e o perfil de lipídios das larvas de insetos podem afetar negativamente o desempenho e o perfil de ácidos graxos da carne dos peixes. St-Hilaire et al. (2007) investigaram o uso de pré-pupa de *H. illucens* com gordura total na substituição parcial de farinha e óleo de peixe na dieta de truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*). A farinha foi incluída em dois níveis (15% e 30%), levando a uma substituição de farinha de peixe de 25% e 50% e a uma substituição de óleo de peixe 36% e 72%, respectivamente. Não foram relatadas diferenças significativas no desempenho dos peixes no nível mais baixo de inclusão, levando a uma diminuição representativa no uso de farinha e óleo de peixe na alimentação das trutas.

Os principais insetos utilizados na aquicultura apresentam majoritariamente ácidos graxos saturados (especialmente ácido láurico) e ácidos graxos monoinsaturados. Os ácidos graxos poli-insaturados (PUFA) ômega-3 (n-3), especialmente EPA (C20: 5) e DHA (C22: 6), são essenciais para o crescimento e a reprodução ideais em peixes e camarões (TOCHER, 2015). É possível incorporar ácidos graxos n-3 da dieta na gordura larval, mas quando as larvas ganham peso, a porcentagem desses ácidos graxos diminui. Assim, o potencial para substituição ao óleo de peixe parece pequeno, mas é uma alternativa aos óleos vegetais (EWALD et al., 2020). O uso das farinhas desengorduradas permite o maior controle dos ácidos graxos da dieta, porém aumenta os custos do processamento. Os resultados sugerem que a farinha de larva de *H. illucens* parcialmente desengordurada é uma fonte alternativa de proteína válida e pode substituir até 50% da farinha de peixe na alimentação da truta arco-íris (40% de inclusão na dieta) sem prejudicar os índices organossomáticos nem o rendimento dos filés. No entanto, aumentou o EE e diminuiu a quantidade de ácidos graxos poli-insaturados no filé, este efeito não

foi observado quando o nível de substituição foi de 25% (20% de inclusão). Os autores sugerem uma alimentação estratégica rica em PUFA na fase pré-abate para contornar este problema (RENNA et al., 2017).

Tubin et al. (2020) verificaram que é possível incluir 10% de farinha de *T. molitor* em dietas para juvenis de tilápia criados em sistemas de bioflocos sem prejuízo no desempenho zootécnico, composição da carcaça, índices somáticos e hematológicos. Níveis acima de 10% precisam ser cuidadosamente avaliados, pois podem impactar a sobrevivência e comprometer a qualidade nutricional da carcaça.

Lira (2015), avaliou a farinha de larvas de *T. molitor* na alimentação de juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*). As variáveis do desempenho produtivo (Ganho de Peso, Ganho de Peso Diário, Conversão Alimentar Aparente, Taxa de Crescimento Específico, Taxa de Crescimento Relativo, Taxa de Eficiência Proteica, Índice Hepato-somático, Índice Víscero-somático, Fator de Condição e Taxa de Sobrevivência) não diferiram estatisticamente entre os tratamentos, quando incluídos níveis crescentes (10, 20 e 30%) de farinha de *T. molitor* em relação à ração controle. Os níveis de inclusão não afetaram os indicadores de crescimento dos peixes, nas condições experimentais do estudo.

Zarantoniello et al. (2020) avaliaram a biomassa *H. illucens* em zebrafish (*Danio rerio*), um importante modelo para organismos aquáticos. Os resultados mostraram que a substituição de 50% da farinha de peixe pela farinha de inseto representou o melhor resultado, quando considerada a sustentabilidade dos ingredientes e o crescimento e bem-estar adequado dos peixes. Peixes alimentados com maiores inclusões (75 e 100%) apresentaram um grau severo de esteatose hepática, modificação de microbiota, maior conteúdo lipídico, modificação do perfil de ácidos graxos e maior expressão de marcadores de estresse e de resposta imune. A substituição da farinha de peixe pela inclusão de 15% de farinha de *H. illucens* e *T. molitor* não afetou o crescimento, a taxa de sobrevivência ou a altura das vilosidades do esturjão siberiano (*Acipenser baerii*). A inclusão de *H. illucens* na dieta parece favorecer positivamente a composição da microbiota intestinal e a morfologia intestinal sem alterações negativas na altura das vilosidades (JÓZEFIK et al., 2019).

Como os insetos são ricos em quitina, sua utilização em rações tem sido associada a efeitos prébióticos, aumentando bactérias comensais benéficas, como *Pseudomonas* sp. e *Lactobacillus* sp., que por sua vez, melhoram o desempenho e a saúde em alguns peixes (BRUNI et al., 2018). A modificação na microbiota pode alterar a atividade enzimática intestinal, aumentando a proliferação de bactérias produtoras de lipases e quitinases (HUYBEN et al., 2019). Apesar disso, os efeitos benéficos da quitina dependem da espécie, o bacalhau do Atlântico (*Gadus morhua*) e várias espécies de ciprinídeos demonstraram taxas de crescimento aumentadas em dietas com níveis variáveis de quitina, enquanto os híbridos de tilápia (*O. niloticus* × *O. aureus*) e a truta arco-íris têm taxas de crescimento diminuídas (PERRY et al., 2020). A substituição total da farinha de peixe pela farinha de *H. illucens* não comprometeu a saúde intestinal do salmão do Atlântico (*Salmo salar*) (LI et al., 2016).

Mastoraki et al. (2020), utilizaram farinha de *T. molitor*, *H. illucens* e *M. domestica* (7,8%) na alimentação de camarões do báltico (*Palaemon adspersus*), em dietas à base de farinha de peixes e farinha de soja. A inclusão de *H. illucens* nas dietas de farinha de peixe resultou em um maior desempenho e maior taxa de sobrevivência. O desempenho não foi afetado pela inclusão de insetos nas dietas à base de farinha de soja, mas a sobrevivência foi maior nas dietas de inclusão de tenébrio e *H. illucens*. Os autores concluíram que as combinações de farinha de peixe- *H. illucens* e farinha de soja- *T. molitor* podem ser usadas para a criação de camarão do Báltico. Ainda, foi observado um aumento da atividade da glutatona redutase nos camarões alimentados farinha soja- *H. illucens*, aumentando a atividade antioxidante. A qualidade nutricional da parte comestível dos camarões não foi afetada pela inclusão de farinha de insetos nas dietas experimentais e foi semelhante ou superior aos valores encontrados nas populações selvagens de *P. adspersus*.

Motte et al. (2019), formularam rações isoproteicas e isoenergéticas com farinha de larva de *T. molitor* para camarão branco do pacífico (*Litopenaeus vannamei*). A ração com insetos melhorou o desempenho de crescimento e conversão alimentar dos camarões (50% da substituição da farinha de peixe). Além disso, os camarões alimentados com ração a base de inseto tiveram taxas de sobrevivência maiores quando desafiados a bactérias patogênicas (*Vibrio*

parahaemolyticus), reduzindo a imunossupressão. Os autores concluíram que a ração com adição de *T. molitor* é uma alternativa adequada à farinha de peixe na produção comercial de camarão devido ao alto valor proteico e à presença de quitina/outras substâncias bioativas que auxiliam no combate a infecção por patógenos.

A farinha de barata cinérea (*Nauphoeta cinérea*) foi testada na alimentação de rãs-touro (*Lithobates catesbeianus*). Não houve diferença significativa para peso final, consumo de ração e comprimento de vilosidade intestinal com a inclusão da farinha. O ganho de peso médio foi maior nos tratamentos com inclusão de 12,5 e 25%, concluindo-se que a inclusão de farinha de inseto na dieta de rã-touro é uma alternativa de ingrediente proteico promissor para a ranicultura (FERREIRA, 2020).

Por fim, um estudo de Maiolo et al. (2020) analisou algumas alternativas para a farinha de peixe na ração: biomassa de algas, farinha de larva de *H. illucens* e farinha de subprodutos de frango. Os efeitos ambientais foram avaliados considerando cinco impactos: aquecimento global (kg CO₂ eq.), acidificação (kg SO₂ eq.), eutrofização (kg PO₄⁻³ eq.), uso cumulativo de energia (MJ) e uso de água (m³ m⁻² meses⁻¹) como variáveis. Avaliando o ciclo de vida como indicador de sustentabilidade, o ranking baseado em desempenho indicou os cenários de subprodutos de frango e farinha de inseto como as opções mais sustentáveis.

4 O USO DE INSETOS NA ALIMENTAÇÃO DE AVES

Os IC'S podem ser fornecidos em forma de farinha, inteiros, desidratados ou até mesmo vivos, sendo esse último relativamente comum em produção de aves caipiras ou semiconfinadas por exemplo, para diminuir a bicagem de penas, melhorar o bem-estar animal ou diminuir o estresse ambiental nesse setor (ODDON et al., 2019; VELDKAMP; VAN NIEKERK, 2019).

Os insetos constituem boa fonte de aminoácidos para aves. De Marco (2015) observou um coeficiente de digestibilidade ileal aparente (CDIA) para a metionina de 0.80 nas farinhas de mosca soldado negra e *Tenebrio molitor*. Vale

ressaltar que essas espécies apresentam quantidade de metionina maior que as proteínas de origem vegetal usadas comumente na avicultura (BARROSO et al., 2014).

Al-Qazzaz et al., (2016) obtiveram melhora significativa na aparência, textura e sabor dos ovos de codornas com a inclusão de mosca-soldado negra na dieta das aves. A inclusão de 25% e 50%, quando comparadas à dieta controle, também melhoraram a qualidade dos ovos, mais especificamente com ovos de maior massa, melhor aparência, textura e sabor. As pré-pupas de mosca-soldado negra também foram consideradas altamente palatáveis para codornas, que apresentaram maior preferência pela farinha de inseto quando comparada a ração a base de trigo e soja fornecida *ad libitum* (RUHNKE et al., 2017). A inclusão de mosca-soldado negra também teve efeito sobre a modulação da microbiota intestinal e seus respectivos metabólitos em codornas de postura (BORRELLI et al., 2017), além de afetar positivamente os produtos da fermentação microbiana, tais como o ácido butírico, propiônico e acético, regulando a mucosa intestinal e melhorando o metabolismo sistêmico (PTAK et al., 2015). Ademais, esses produtos, como o butirato por exemplo, podem apresentar efeitos inibidores de virulências e patogenidades bacterianas (POLANSKY et al., 2016).

Outro elemento a favor da utilização da pré-pupa de mosca-soldado negra na avicultura é sua riqueza de ácido láurico (C12:0), de melhor e mais rápida absorção que ácidos graxos de cadeia longa, além de efeitos nutracêuticos (SALOMONE et al., 2017; SPRANGHERS et al., 2017). Também foram observados efeitos prebióticos na microbiota (DEVI et al., 2014) e efeitos antibióticos sobre bactérias causadoras de doenças gastrointestinais, devido a dominância de bactérias gram-positivas no início do intestino delgado (SKŘIVANOVÁ et al., 2006). Schiavone et al., (2019) encontraram melhora no peso final de carcaça em frangos de corte alimentados com 10% de substituição de soja por mosca-soldado negra.

A inclusão de farinha de grilo doméstico na dieta de codornas foi capaz de satisfazer as exigências nutricionais para essa espécie, especialmente para aminoácidos, com forte influência positiva no sistema imune (ABBASI et al., 2014). Com codornas mais saudáveis também há melhoras em índices de produtividade (PERMATAHATI et al., 2019).

A substituição total de farinha de peixe por farinha de grilo doméstico na dieta de codornas de postura aumentou a produção e qualidade dos ovos (peso total, peso da clara e textura da casca) apesar de afinar um pouco a espessura da casca (PERMATAHATI et al., 2019). A espessura da casca do ovo depende diretamente do peso e tamanho final deles (DUMAN et al., 2016). Jayanegara et al. (2017) utilizaram farinha de grilo doméstico com 6.59% de lisina e 1.88% de metionina, o que melhorou significativamente novos parâmetros de ovos avaliados, como a coloração da gema, também de interesse mercadológico. Resultado explicado pelos autores devido às altas concentrações de xantofilas disponíveis nessa dieta, uma das principais divisões do grupo dos carotenoides (WIRYAWAN et al., 2016).

O *Tenebrio molitor* também é uma espécie de IC com grande potencial de uso na alimentação de aves. O óleo desse inseto pode substituir totalmente o óleo de soja na nutrição de frangos de corte adultos, sem efeitos adversos em digestibilidade ou performance (KIERONCZYK et al., 2018a). Em estudo prévio, Bovera et al. (2016) identificaram um aumento significativo no comprimento intestinal de codornas de postura jovens alimentadas com esse inseto, mas não na forma de óleo. Frangos de corte apresentaram preferência por farinha de tenébrio comparado aos ingredientes convencionais (milho e soja) e melhoraram a eficiência alimentar, de acordo com Nascimento Filho et al. (2020).

O CDIA de 17 aminoácidos testados por Valencia (2009), foi maior para *Tenebrio molitor* que para a mosca-soldado negra. O CDIA do *Tenebrio molitor* para todos os aminoácidos essenciais foi maior que 0.80, enquanto alguns não essenciais apresentaram valores superiores aos da soja ou outras fontes proteicas analisadas. Já a energia metabolizável aparente (EMA) foi relativamente igual, tanto para *Tenebrio molitor* quanto para a mosca-soldado negra em frangos de corte, sendo superiores aos alimentos convencionais da avicultura (SAUVANT et al., 2004).

Bovera et al. (2015) observou melhora no desempenho produtivo de frangos de corte quando alimentados com *Tenebrio molitor*. Resultados semelhantes foram encontrados por Loponte et al. (2017). Esses autores também obtiveram melhora no peso final, ganho de peso e consumo de ração. Também foi observado efeito positivo no perfil de ácidos graxos da carne do

peito das aves alimentadas com *Tenebrio molitor*. Biasato et al. (2017) substituíram o milho e soja por *Tenebrio molitor* em dietas de frangos de corte e obtiveram também maior rendimento de carcaça.

Em síntese, o uso de insetos na alimentação de aves é promissor do ponto de vista nutricional e ambiental. Cabe aos atores da cadeia produtiva envidarem esforços para que haja quantidade e qualidade de insetos disponíveis para uso na nutrição avícola a preços competitivos com outras commodities no mercado.

5 INSETOS NA ALIMENTAÇÃO DE SUÍNOS

O uso de IC como fonte de proteína animal na alimentação de suínos é, também, considerado uma abordagem promissora e sustentável (ALLEGRETTI et al., 2018; MATISSE et al., 2016), nutricionalmente favorável, ricos em proteína, com adequado perfil de aminoácidos e lipídios (MAKKAR, 2018), apresentam compostos ativos, como peptídeos antimicrobianos e quitina (GASCO; FINKE; VAN HUIS, 2018) e, além disso, podem ser usados na bioconversão de resíduos, constituindo uma nova abordagem de economia circular sustentável (MENEGUZ et al., 2018). No entanto, ainda são poucos os estudos que avaliaram o uso de insetos na alimentação de suínos (CROSBIE et al., 2020).

Na literatura podemos encontrar estudos sobre desempenhos, digestibilidade e saúde intestinal de suínos alimentados com dietas com inclusão de *Bombyx mori* (ZHANG; ZHOU, 2002), *Tenebrio molitor* (CHEN et al., 2012; JI et al., 2016; JIN et al., 2016), *Musca domestica* (JI et al., 2016; TAN et al., 2020) e *Hermetia illucens* (NEWTON et al., 1977; VIROJE-WANASITHCHAIWAT, 1989; DRIEMEYER, 2016; VELTEN et al., 2017; SPRANGHERS et al., 2018; ALTMANN et al., 2019; BIASATO et al., 2019; CHIA et al., 2019; CROSBIE et al., 2020, TAN et al., 2020).

O uso de *H. illucens* na dieta de suínos recebeu uma atenção especial nos últimos anos, embora não seja um conceito inteiramente novo. A mais de quatro décadas, Newton et al. (1977) relataram que a adição de larvas de *H.*

illucens na dieta de suínos apresentou digestibilidade aparente semelhante à do PB do farelo de soja e, atualmente, Crosbie et al. (2020) sugerem que farinha de larva de *H. illucens* pode ser alternativa proteica adequada para inclusão em dietas suínas, pois apresenta lisina ileal digestível padronizada (LIDP) alta para a maioria dos aminoácidos (AA), apesar de fornecer, em geral, menos proteína digestível que o farelo de soja.

Em suíno o requerimento de proteína na dieta está relacionado às necessidades de LIDP (Stein et al., 2001) com proporções de outros aminoácidos essenciais em relação à lisina (NRC, 2012). No estudo de Crosbie et al. (2020) foi demonstrado que farinhas de larva de *H. illucens* (36,5% desengordurada e 50% engordurada) são fontes razoáveis de Lisina digestível para suínos em crescimento, com digestibilidade ileal padronizada de lisina (média 88%) tão alta quanto para farelo de soja (LIDP 89%; NRC, 2012), e maior que de fonte de proteínas tradicionais de origem animal, como farinha de sangue (LIDP de 84%; KERR et al., 2019) e farinha de peixe (LIDP de 86%; NRC, 2012).

TAN et al. (2020), usaram a digestibilidade ileal padronizada para determinar a disponibilidade de AA nas dietas de suínos contendo farinha de *M. domestica* e *H. illucens* como única fonte de nitrogênio, observaram que a farinha de *M. domestica* apresentou coeficiente de digestibilidade ileal padronizada (CDIP) de todos os AA superior, variando de 0,870 a 1,608, comparado aos da farinha de *H. illucens*, que variaram de 0,767 a 1.177. A maior digestibilidade ileal de AA da farinha de *M. domestica* pode ser devido ao maior conteúdo de PB (53% vs 43%, farinha de *M. domestica* e *H. illucens*, respectivamente) (TAN et al., 2020). Além disso, diferentes concentrações de quitina em farinha de inseto também podem ter influência na digestibilidade do AA nas dietas (MARONO et al., 2015).

Biasato et al. (2019) observaram que leitões aceitaram prontamente as dietas com inclusão de 0, 5 e 10% de farinha de *H. illucens* em substituição a 0, 30 e 60% do farelo de soja, não sendo observado efeitos sobre a digestibilidade da dieta, nem ganho de peso dos animais, indicando a inclusão de 10% de farinha de *H. illucens* para leitões pós desmama. Da mesma forma, Spranghers et al. (2018) não constatou efeito na digestibilidade dos nutrientes e desempenho de leitões desmamados alimentados com dietas incluindo farinha de larva de *H. illucens* engordurada (4% e 8%) e desengordurada (5,4%). Na

substituição gradual (0, 25, 75 e 100%) de farinha de peixe por farinha de larva de *H. illucens* engordurada Chia et al. (2019) concluíram que é possível uma substituição completa entre as fontes de proteína, sem efeitos adversos sobre o desempenho e características sanguíneas de suínos em crescimento.

Zhang e Zhou (2002) apresentaram evidências de que a inclusão de *Bombyx mori* na dieta de suínos em crescimento aumentou o ganho de peso em 23,6% e diminuiu o período de acabamento. Suínos alimentados com *M. domestica* (Ji et al., 2016) não apresentaram diferença no desempenho e na digestibilidade ileal aparente de aminoácidos, exceto para metionina. A inclusão de níveis crescente de *T. molitor* (0%; 1,5%; 3,0%; 4,5% e 6,0%), em substituição ao farelo de soja e óleo de soja na dieta de suínos pós-desmama, possibilitou um aumento linear da digestibilidade da matéria seca (MS) e da PB, o que resultou em melhora no desempenho sem qualquer efeito na resposta imune (JIN et al., 2016) corroborando os estudos de Chen et al (2012), que também observaram um aumento linear no peso final e ganho de peso de leitões desmamados com inclusão de até 6% de farinha de *T. molitor*. Os resultados heterogêneos de desempenho podem estar relacionados ao valor nutritivo da farinha de inseto, que pode ser influenciada pelas espécies, pelo estágio de vida do inseto (adulto, larva ou pupa) e pelo substrato de criação de insetos (SÁNCHEZ-MUROS et al., 2015).

De acordo com Jin et al. (2016), o aumento linear na ingestão diária de suínos com a inclusão crescente de farinha de larvas de *T. molitor* pode ser atribuído a melhor palatabilidade relacionada a inclusão de *T. molitor*. Newton et al. (1977) relataram que leitões não apresentaram diferença no consumo diário de dietas com farinha de larva *H. illucens* (33%, 169g/dia) comparado a dieta com farelo de soja (25,5%, 175 g/dia), concluindo que as dietas compostas com farinha de *H. illucens* são palatáveis.

Altmann et al. (2019) avaliaram a substituição o farelo de soja das dietas de suínos em crescimento e terminação por 50, 75 e 100% de farinha de *H. illucens* (parcialmente desengordurada; 61% de PB e 14% de lipídios) e não observaram efeito negativo na qualidade da carne. Para os parâmetros sensoriais os mesmos autores constataram aumento na suculência da carne de animais alimentados com proteína de inseto, o que pode afetar positivamente a preferência do consumidor por esses produtos (AASLYNG et al., 2007). A carne

dos suínos alimentados com farinha de larva de *H. illucens* apresentaram níveis significativamente mais altos de ácidos graxos poliinsaturados (PUFA) e cinco vezes mais ácido láurico que a carne dos animais controle (ALTMANN et al., 2019).

O nível nutricional (quantidade e qualidade da dieta) é um dos fatores que podem afetar a fisiologia dos animais, incluindo parâmetros sanguíneos (AJAO et al., 2013). Driemeyer (2016) e Jin et al. (2016) não observaram diferença nas concentrações de IgG, IgA e IgM em leitões alimentados com 3,5% de farinha de *H. illucens* e 6% de farinha de larva de *T. molitor*, respectivamente. Todos os parâmetros hematoquímicos registrados para leitões, alimentados com 30 e 60% de farinha de larva de *H. illucens* parcialmente desengorduradas, no estudo de Biasato et al. (2019), estiveram dentro dos intervalos de referência fisiológicos relatados para suínos (FRIENDSHIP et al., 1984), sugerindo que a utilização de dietas com insetos não influenciou negativamente o estado de saúde dos animais.

Em aves e suínos de corte, peptídeos antimicrobianos melhoram o desempenho, a digestibilidade dos nutrientes e a saúde intestinal, alteram positivamente a microbiota intestinal e a função imunológica (WANG et al., 2016), com baixo risco de resistência bacteriana (CHERNYSH et al., 2015). Os insetos possuem uma variedade de peptídeos antibacterianos induzíveis que são produzidos na presença de ataque ou infecção (SHEPPARD et al., 1994). Spranghers et al. (2018) relataram efeitos antimicrobianos intestinais em leitões desmamados alimentados com farinha de larva de *H. illucens*. Redução acentuada na diarreia de leitões entre 15 à 28 dias foi observado por Jin et al. (2016) quando os animais foram suplementados com 5% de farinha de *T. molitor*, *M. domestica* ou *Zophobas morio*. Os autores atribuem esses resultados ao efeito peptídico antimicrobiano das farinhas de insetos.

A quitina é um prebiótico conhecido por modular a microbiota intestinal benéfica em animais (BORRELLI et al., 2017). O estudo de Xu et al. (2012) indicou que a quitosana, um derivado desacetilado da quitina, pode inibir a proliferação de *E. coli* no intestino e melhorar a microflora intestinal de suínos pós-desmama. Yuanqing et al. (2013) recomendou 500 mg / kg de quitosana como antibiótico substituto em suínos desmamados. Contudo, ainda há muito

trabalho a ser feito para chegar à produção de antimicrobianos a base de insetos em larga escala para aplicação na pecuária (JÓZEFIAK; ENGBERG, 2017).

No momento, o uso de insetos na alimentação animal enfrenta um desafio econômico, pois a inclusão da farinha de inseto como fonte de proteína na dieta de suínos é inviável em termos de custo, devido à falta de infraestrutura para suportar a produção. De acordo com Crosbie et al. (2020) a farinha de *H. illucens* desengordurada, em uma base por kg, teria que ser aproximadamente metade do preço do farelo de soja para fornecer LIDP pelo mesmo custo, em relação a diferença relativa no fornecimento de LIDP entre ambas as fontes proteicas. Portanto, é mais apropriado explorar os benefícios funcionais dos insetos, até que a infraestrutura exista para produzir em maior escala. (BIASATO et al., 2019; CROSBIE et al., 2020).

6 INSETOS NA ALIMENTAÇÃO DE PET

O Brasil é o terceiro maior país em população total de animais de estimação, são 55,1 milhões de cães, 40 milhões de aves canoras e ornamentais, 24,7 milhões de gatos, 19,4 milhões de peixes e mais 2,4 milhões de outros animais, como pequenos mamíferos e reptéis (ABINPET, 2020). A crescente população de animais de estimação, tem estimulado pesquisas para fontes alternativas de proteína de alta qualidade e sustentáveis para a produção de ração (MCCUSKER et al., 2014; LERICHE et al., 2017a). Neste sentido, o uso de farinha de insetos tem elevado potencial para nutrição de cães e gatos.

A farinha de insetos apresenta alta qualidade nutricional e pode substituir, com sucesso, ingredientes usados na produção de ração (como o farelo de soja e farinha de peixe). As espécies *Tenebrio molitor*, *Hermetia illucens* e *Musca domestica* são as principais espécies recomendadas para produção de ração comercial para peixes (ver sessão “Uso de insetos na aquicultura”). Na produção de ração para aves destacam-se as espécies *H. illucens*, *Acheta domesticus* e *T. molitor* (ver sessão “Espécies de insetos comestíveis e uso na avicultura”). Estudo direcionados para nutrição de cão e gato (KILBURN et al., 2020; LEI et al., 2019; KIEROŃCZYK et al., 2018b; LERICHE

et al., 2017ab; LISENKO, 2017; BOSCH et al., 2014, MCCUSKER et al., 2014) apontam o uso das espécies *H. illucens*, *A. domesticus*, *T. molitor*, *Grylodes sigillatus* e *Zophobas morio*, em razão da alta digestibilidade de nitrogênio (N), maior composição de AA limitantes, presença de Taurina e efeito antioxidantes.

Insetos são comumente consumidos por felinos selvagens em todo o mundo contribuindo com até 6% de sua dieta total (PLANTINGA et al., 2011). Gatos adultos apresentam um requerimento proteico mínimo de 16%, necessidade de ingestão de dez AA essenciais, arginina, histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptofano e valina, além disso, apresentam necessidades diárias de taurina (NRC, 2006).

De acordo com Morris et al. (1990), baixas concentrações de taurina no sangue ou no plasma de carnívoros estritos, têm sido diretamente relacionadas à degeneração retinal e cardiomiopatia, tornando a taurina um AA essencial para gatos (NRC, 2006). As concentrações mínimas de inclusão de taurina na dieta de felinos recomendadas vão de 0,1 a 0,20 % (MS) (AAFCO, 2013) e 0,2 a 0,25 % (MS) (FEDIAF, 2008). Os insetos são ótima fonte de taurina, no estudo de McCusker et al. (2014) os autores observaram uma variação de taurina de 0,19 mg/g de MS em larvas de *H. illucens* a 6,22 mg / g de MS em *Chondracanthus spp.* Finke (2002) relatou uma concentração de 1,4 mg/ g da MS de taurina em grilos *A. domesticus* adultos. Em relação aos dez AA essenciais, *H. illucens* e *Chondracanthus spp*, assim como os demais insetos avaliados por McCusker et al. (2014) excederam os requisitos mínimos preconizados para cães e gatos no NRC (2006).

Há poucos estudos sobre a digestibilidade da proteína em felinos *in vivo*, Lisenko (2017) não observou diferença no coeficiente de digestibilidade na inclusão de 7,5% e 15% da farinha de barata de Madagascar *Gromphadorhina portentosa* (87,4%), barata cinérea *Nauphoeta cinerea* (88,2%) e tenébrio gigante *Zophobas morio* (88%) em substituição à uma dieta referência convencional (87,5%). Também não foram notadas diferenças na consistência das fezes, que permaneceram sólidas e consistentes, tampouco na microbiota fecal e em parâmetros sanguíneos. A autora conclui que a inclusão de até 15% de farinha de insetos na dieta de gatos adultos é segura.

Leriche et al. (2017a) avaliaram a tolerância digestiva de gatos adultos alimentados com dieta seca contendo farinha de *T. molitor* como fonte de proteína. Os autores relataram que não houve mudança no escore fecal (sem desenvolvimento de diarreia), na quantidade e no odor fecal. A dieta foi considerada palatável por 74% dos tutores e, sobre a pelagem, 70% dos tutores relataram que permaneceu inalterada e 26% que a dieta a melhorou.

Com relação aos cães, na Europa 12 alimentos secos para cães a base de insetos estão registrados, o primeiro foi lançado em 2015. Todos os 12 alimentos são classificados como hipoalergênicos e oito deles trazem em seu rótulo o selo de sustentabilidade (BEYNE, 2018), o que demonstra o avanço do uso de insetos na alimentação canina.

Bosch et al (2014) simularam o processo digestivo canino para avaliar a digestibilidade da proteína e AA essenciais de larvas de *M. domestica*, *T. molitor*, *Alphitobius diaperinus*, *Zophobas morio*, *H. illucens* e insetos adultos de *A. domesticus*, *Eublaberus distante*, *Blaberus craniifer* e *Blaptica dubia*, comparando com alimentos de referência (farinha de carne, farinha de peixe e farelo de soja). Os autores concluíram que o teor de proteína bruta (70,6%) e o perfil de AA (todos acima do requerimento do NRC, 2006) era mais elevados em *A. domesticus*, igualando-se ao da farinha de peixe (71% PB), porém, com digestibilidade de N maior (91,7%) que a F. peixe (85,7%).

Para alimentos extrusados com farinha de *H. illucens* parcialmente desengordurado (30% PB) ou *T. molitor* (30% PB), as digestibilidades aparentes da proteína foram 83,9 e 83,6% da ingestão em cães e 79,8 e 80,4% em gatos, respectivamente (VSP, 2017).

Ao avaliar beagles alimentados com dieta contendo 0, 8, 16 e 24% de farinha de *G. sigillatus* em substituição a farinha de carne de frango, Kilburn et al. (2020) observaram uma redução na digestibilidade da matéria seca (média 85,9%), proteína (média 84,3%), lipídeos (média 95,5%) e fibra (média 50,4%) das dietas com farinha de inseto em comparação a dieta controle (88,9, 88,2, 96,4 e 57,5%, respectivamente), atribuindo a maior quantidade de fibra na farinha de inseto, proveniente da quitina (DUMAS et al., 2018). Contudo, a digestibilidade aparente da MS de todos os tratamentos neste estudo foi

superior 80%, o que é comparável aos alimentos industrializados para cães (CASTRILLO et al., 2001).

Lei et al. (2019) estudaram a inclusão de 0%,1% e 2% de farinha de *H. illucens* na dieta de Beagle (19% PB) e observaram aumento da digestibilidade da MS (71,9, 74,5 e 75,2%, respectivamente) e do N (73,1, 77,1 e 78,5%, respectivamente), sem alterar a digestibilidade do EE (média 78,8%). O perfil lipídico no sangue dos beagles também não foi influenciado pela inclusão de farinha de *H. illucens*, indicando que não houve efeito prejudicial no metabolismo lipídico dos cães. Além disso, foi observado uma redução linear na concentração de TNG- α (13,6, 12,6 e 7,4 pg/mL) e aumento linear na concentração de Glutathione peroxidase (42,1, 50,9 e 83 nmol/min/mL) 6 horas após a alimentação com a inclusão de farinha de *H. illucens* (0, 1 e 2% respectivamente). A superprodução de TNF- α (citocina pró-inflamatória) tem efeitos negativos na integridade intestinal e na função epitelial (YU et al., 2017; XU et al., 2018), assim sua redução pode indicar que houve diminuição na intensidade do processo inflamatório induzido por lipopolissacarídeo bacteriano (LEI et al, 2019). Já o aumento na concentração da enzima glutathione peroxidase pode sugerir que a inclusão de *H. illucens* melhorou a capacidade antioxidante, em razão da presença de quitina (KHOUSHAB; YAMABHAI, 2010; NGO; KIM, 2014).

A quitina não é digerível por cães, mas a quitosana sim (Okamoto et al., 2001). Insetos são fonte de quitina, alguns gêneros de grilo podem apresentar 4,3 a 7,1% da MS das fibras na forma de quitina e 2,4 a 5,7% (peso seco) em quitosana (IBITOYE et al., 2018). A quitosana pode atuar como prebiótico, auxiliando na modulação da microbiota intestinal (STULL et al., 2018). Lisenko (2017) não observou diferença na microbiota intestinal de cães alimentados com farinha de insetos (*G. portentosa*, *N. cinérea* e *Z. morio*) em comparação a dieta controle. Jarett et al. (2019) observaram que o uso de níveis crescentes de farinha de *G. sigillatus* (0, 8, 16 e 25% em substituição a farinha de carne de frango) suportam o mesmo nível de diversidade microbiana que uma dieta saudável balanceada padrão, portanto, o impacto da farinha de insetos na capacidade funcional do microbioma intestinal é correspondentemente pequeno.

Lemos et al. (2020) avaliaram os parâmetros hematológicos e bioquímicos de cães sem raça definida após a inclusão de farinha da larva de *T. molitor* em diferentes níveis (0%, 2,5%, 5% e 7,5%) e não observaram diferenças significativas entre os tratamentos nos parâmetros avaliados (hemograma completo, contagem diferencial leucocitária, ureia, creatinina, alanina aminotransferase, fosfatase alcalina, colesterol, proteínas totais e frações, glicose, triglicérides, proteína C reativa, fibrinogênio e imunoglobulinas).

No geral, a inclusão de insetos na alimentação não afetou negativamente a saúde aparente do animal de estimação em estudos com duração de 15 dias (LISENKO, 2017), 28 dias (LERICHE et al., 2017a, 2017b), 29 dias (KILBURN et al., 2020) ou 42 dias (KRÖGER et al., 2017; LEI et al., 2019). Contudo, o impacto do consumo de insetos na saúde a longo prazo é desconhecido.

O cheiro do alimento desempenha papel fundamental na indicação de preferências nutricionais canina (HOUPPT et al., 1978). Kierończyk et al. (2018b) realizaram uma análise da atratividade olfativa de alimentos à base de *T. molitor*, *Shelfordella lateralis*, *H. illucens* e *Grylloides sigillatu* comparado a uma ração granulada seca comercial para cães e observaram um efeito positivo de *T. molitor*, bem como de *S. lateralis*, na melhora da atratividade. Os autores atribuíram a preferência as substâncias olfativas presentes nos insetos, assim como ao valor nutricional, visto que *T. molitor* (58,8%) e *S. lateralis* (73,4%) apresentam maior teor de proteína bruta comparados a *H. illucens* (40,4%) e *Grylloides sigillatu* (56,4%) e dieta comercial (28,6%). Desta forma, os insetos podem desempenhar uma alternativa para aditivos aromáticos comerciais na nutrição canina.

Para outros animais de estimação podemos citar a venda de insetos vivos usados como nutrição para exóticos, como anfíbios, répteis e roedores e, em alguns casos, insetos na forma seca ou liofilizada são incluídos nas dietas comerciais para aumentar a atratividade nas dietas de animais de companhia (KIEROŃCZYK et al., 2018b). Para pequenos mamíferos, Marciano et al. (2019) não constataram diferença na digestibilidade aparente da proteína em coelhos da raça Lionhead alimentados com dieta contendo 20% de farinha de *T. molitor* (18% PB) em substituição total ao farelo de soja (18% PB), nem no consumo dos animais (76 vs 79 g/dia, respectivamente), o que denotou boa aceitabilidade.

7 VIABILIDADE DO USO DE INSETOS NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL

Como vimos até este momento, sustentabilidade é um termo extremamente significativo e o equilíbrio do tripé em que se constrói esse conceito (social, econômico e ambiental) é constantemente buscado (FAO, 2018; TROELL et al., 2014). Com base em todas as premissas propostas, considerar os possíveis riscos no emprego dos insetos na alimentação animal é de extrema importância. Através de experiências já vividas em outros países é possível conhecer os riscos já evidenciados além de permitir ações mais assertivas frente a esses desafios (LÄHTEENMÄKI-UUTELA et al., 2017). A busca pela produção de uma boa fonte de alimento que atenda as demandas nutricionais propostas por órgãos reguladores internacionais têm fomentado a pesquisa científica mundial e os insetos têm recebido uma significativa atenção (FAO, 2013; TROELL et al., 2014).

Utilizar insetos como suplementação alimentar animal é considerado, para a maioria dos países, como uma nova abordagem de alimentação e esse emprego pode variar de acordo com o país em questão. Questões culturais podem obstaculizar seu uso na alimentação humana, mas pesquisas têm demonstrado que isto não chega a ser um impeditivo para o seu uso na alimentação de alguns animais como peixes e aves (SOGARI et al., 2019; SOGARI; MENOZZI; MORA, 2017). Em contrapartida a aceitação diminui quando se trata da aplicação deste tipo de alimento para porcos e gado (FARIA DOMINGUES et al., 2020; MANCUSO; BALDI; GASCO, L., 2016). A utilização de insetos na alimentação animal é válida, mas todos os riscos devem ser considerados buscando um nível de segurança alimentar aceitável (NAYAK; WATERSON, 2019; RAAMSDONK, VAN et al., 2017).

7.1 UNIÃO EUROPEIA

A União Europeia (UE) é formada pela união de 27 países europeus (UE, 2020). Dentro dos limites da UE, a Autoridade de Segurança Alimentar Europeia (*European Food Safety Authority – EFSA*) é incumbida de avaliar os riscos da

utilização de insetos na alimentação animal (EFSA, 2015a, 2015b; FINKE et al., 2015; PARLAMENTO EUROPEU, 2002). Segundo parecer da EFSA, riscos caracterizados como alergênicos, químicos, biológicos e, também, riscos ambientais com a criação destes insetos podem ser significativos. Tudo dependerá do inseto utilizado e das metodologias aplicadas no processo de produção do produto (EFSA, 2015a). De maneira geral, a EFSA determina um conjunto de insetos permitidos os quais devem ser criados segundo parâmetros pré-definidos (COMISSÃO EUROPEIA, 2017a).

O Regulamento 2017/1017 permite a utilização de insetos desde que eles sejam reconhecidos como seguros e não apresentem riscos patogênicos para o ser humano e outros animais (COMISSÃO EUROPEIA, 2017b). Um dos principais motivos de controle na UE é controlar e erradicar doenças como algumas encefalopatias espongiformes transmissíveis de insetos (COMISSÃO EUROPEIA, 2017a; MARBERG; KRANENBURG, VAN; KORZILIUS, 2017). Atualmente os insetos permitidos são as espécies de grilo (*Acheta domesticus*, *Grylloides sigillatus*, *Gryllus assimilis*), a larva-da-farinha ou tenébrio comum (*Tenebrio molitor*), a larva do cascudinho (*Alphitobius diaperinus*), a mosca-soldado negra (*Hermetia illucens*), e a mosca doméstica (*Musca domestica*) (COMISSÃO EUROPEIA, 2017a; SOGARI et al., 2019).

7.2 CHINA

O consumo de insetos para alimentação humana na China já data de mais de 2000 anos (FENG et al., 2018). Apesar deste cenário de consumo humano o país possui uma regulamentação específica quanto ao seu uso na produção de ração exigindo que novos ingredientes possuam autorização específica. Independente da grande experiência com o tema, questões sobre segurança alimentar, apesar de serem consideradas seguras no país, ainda não foram amplamente exploradas (FENG et al., 2018). Na China essas regulamentações são realizadas pela *Administrative Measures for Feed and Feed Additives* (LÄHTEENMÄKI-UUTELA et al., 2017).

Todos os aditivos a serem inseridos na alimentação animal precisam ser autorizados pelos órgãos governamentais. Todos os materiais, após autorizados, são inseridos no Catálogo de Materiais para Ração (*Feed Materials Catalogue – FMC*) e todos os órgãos estão subordinados ao Departamento Administrativo Agrícola (*Agricultural Administrative Department*). Dentro de províncias há governanças locais que supervisionam seguindo regulamentações nacionais de licenças para fabricação e padrões de rotulagem e higiene (BYRNE, 2018; LÄHTEENMÄKI-UUTELA et al., 2017).

7.3 COREIA DO NORTE E COREIA DO SUL

Em diversos países asiáticos a entomofagia é comumente aceita. É comum encontrar este tipo de produtos nos mercados locais. As duas Coreias, a Coreia do Norte e a Coreia do Sul, possuem origens similares que se separaram devido aos conflitos armados da Segunda Grande Guerra Mundial. Apesar de culturas similares, as duas Coreias possuem diferentes abordagens frente ao uso de insetos na alimentação animal. Ambos países são geridos por seus respectivos Ministérios da Agricultura. A Coreia do Norte, também conhecida como República da Coreia, não possui uma regulamentação específica quanto ao uso de insetos na produção de rações. O órgão denominado Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle da República da Coreia (HACCP) tem recebido solicitações para que este tipo de regulamentação seja desenvolvido. Na República da Coreia a proteína de inseto é classificada como de origem animal e, devido a legislação proibir o uso deste tipo de proteína na alimentação animal, a produção de rações com este tipo de material é proibida (JO; LEE, 2016).

Por outro lado, a Coreia do Sul, ou simplesmente Coreia, se apresenta bem mais flexível quanto a questão do uso de insetos tanto na alimentação humana quanto na produção de ração para alimentação animal (SOGARI et al., 2019). Apesar do consumo de inseto ser comum o governo Coreano tem dificultado o cenário interno. O governo coreano eliminou regras quanto ao número de espécies comestíveis de inseto. Outra ação problemática é quanto a legislação no país. Para o Ministério da Agricultura local, a produção de insetos

não é classificada como produção agrícola o que gera problemas de adequação legal para os produtores (PAJAC ŽIVKOVIĆ et al., 2017).

7.4 AUSTRÁLIA

O órgão responsável pelo controle e regulamentação de materiais utilizados na fabricação de ração é a Autoridade Australiana de Pesticidas e Medicina Veterinária (*Australian Pesticides and Veterinary Medicine Authority - APVMA*). Materiais utilizados na fabricação de ração precisam ser registrados no APVMA. Aditivos que fazem parte da dieta natural do animal não demanda registro específico. Todos os padrões de fabricação de ração seguem as regulamentações como a FeedSafe e FIAAaCoP e o padrão australiano AS 5812-2011 (LÄHTEENMÄKI-UUTELA et al., 2017).

7.5 ESTADOS UNIDOS

Nos Estados Unidos da América (EUA) a autoridade responsável é a Administração Federal de Alimentos e Medicamentos (*Federal Food and Drugs Administration - FDA*). Especificamente na regulamentação da fabricação de rações existe Associação de Oficiais de Controle de Rações Americanas (*Association of American Feed Control Officers – AAFCO*). Qualquer tipo de aditivo para fabricação de ração, seja de forma direta ou indireta, precisa estar de acordo com o § 348 da lei de Aditivos Alimentares americana (LÄHTEENMÄKI-UUTELA et al., 2017; LII, 2018). Uma das responsabilidades deste órgão é compor uma lista com os aditivos permitidos na fabricação de ração. Referente a insetos, apenas a mosca-soldado negra é listada como ingrediente permitido e apenas na aquicultura (SOGARI et al., 2019).

7.6 CANADÁ

No Canadá uma porcentagem significativa de consumidores já tem se voluntariado para experimentar insetos mais que uma vez (LÄHTEENMÄKI-UUTELA et al., 2017). Estes consumidores, quando questionados consideraram que este tipo de alimentação possui potencial para utilização futura com o possível aumento da população mundial. Com relação ao uso de insetos na produção de rações o Canadá gerencia as adições de ingredientes através da Agência Canadense de Inspeção de Alimentos (*Canadian Food Inspection Agency* - CFIA). Apresentando um comportamento comum mundialmente os órgãos governamentais agem de forma mais passiva frente estas novas estratégias de fabricação de ração em comparação com a indústria.

A utilização de insetos como ingrediente na fabricação de ração é considerada como uma nova abordagem e, por esta razão, estão debaixo da autoridade federal. A CFIA controla o registro de rações e dos ingredientes utilizados além de fiscalizar as unidades de fabricação. Para requerer a autorização para utilização de insetos como ingredientes para ração é necessário um dossiê que aborde as espécies utilizadas, o processo a ser executado, o estágio de crescimento, identificação dos riscos biológicos, dentre outros (CANADA, 2018). Atualmente é autorizado o uso apenas da mosca-soldado negra e, neste caso, na criação de aves e peixes (LÄHTEENMÄKI-UUTELA et al., 2017; SOGARI et al., 2019).

7.7 MÉXICO

O México possui uma longa tradição de consumo humano de insetos. Segundo pesquisas uma porcentagem significativa da população consome insetos ocasionalmente ou de maneira regular. Apesar de toda esta tradição, não existe regulamentações específicas para a utilização de insetos na fabricação de ração. Por esta razão no país não é exigido nenhum registro para uso dos insetos (LÄHTEENMÄKI-UUTELA et al., 2017). Em contrapartida, visando evitar riscos, de maneira geral, as mesmas legislações de segurança alimentar

animal, adicionadas a Lei Federal de Sanidade Animal e o Regulamento de Sanidade Animal, são aplicadas (MEXICO, 2016, 2018).

7.8 BRASIL

No Brasil ainda não existe uma legislação que aborde especificamente o uso de insetos na alimentação animal, ainda que no SIPE – Sistema Integrado de Produtos e Estabelecimentos do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), constem algumas espécies de insetos alimentícios (mosca-soldado negra, tenébrio comum, tenébrio gigante, barata cinérea e grilo preto) com status ativo para a alimentação de animais não ruminantes.

Os decretos 7.045/2009, 6.296/2007 do MAPA e a lei 6.198/1974 direcionam a responsabilidade ao MAPA de fiscalização a respeito da fabricação de ração para animais (BRASIL, 1974, 2007, 2009). Apesar de não haver nada claramente descrito nas legislações disponíveis a Instrução normativa (IN) 13 de 2004 apresenta algumas considerações sobre a utilização de aditivos na fabricação de ração. Na seção 3 denominada Princípios gerais, quando se fala sobre o processo de fabricação referente ao registro de nova fórmula, no item “f” levanta-se a necessidade de estudos científicos que avalie os riscos à saúde animal do aditivo utilizado (BRASIL, 2004). Além do mais a IN 44/2015 MAPA atualiza a IN 13/2004 MAPA onde pontua sobre o uso de aditivos na fabricação de ração para alimentação animal. Nesse documento não há declarado o nome inseto, mas o item 2.1 apresenta considerações que podem ser aplicadas, pois os insetos possuem um valor nutritivo significativo que pode encaixá-lo na descrição (BRASIL, 2015).

Ainda que não haja regulamentações específicas no Brasil para o uso de insetos alimentícios, orienta-se observar estudos e o posicionamento de órgãos reguladores internacionais. Frente a estas dificuldades a FAO (*Food and Agriculture Organization*) considera o nicho de fabricação de rações como um dos possíveis impulsionadores da geração de regulamentações para essa área (FAO, 2013, 2017). É importante ressaltar que o tema está sendo considerado amplamente em diversos meios de comunicação e, apesar de não existir uma

formalização por parte dos órgãos reguladores do Brasil, considerando a tendência mundial, é válido esperar que regulamentações específicas sejam desenvolvidas em breve.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dentro da perspectiva de sustentabilidade e o valor nutricional dos insetos apresentados, a utilização na alimentação animal é válida, desde que todos os quesitos de biossegurança sejam considerados. A viabilidade técnica da inclusão de insetos como ingrediente na alimentação de animais de produção não-ruminantes está comprovada, diante das inúmeras evidências científicas apresentadas. Ainda há necessidade de se explorar a viabilidade econômica do uso deste nosso insumo, de modo a garantir a disponibilidade em quantidade, qualidade e preços competitivos no mercado.

Do ponto de vista mercadológico, a criação e uso de insetos alimentícios é promissora e, apesar de algumas barreiras culturais ainda existirem no Ocidente, a tendência é de grande expansão nos próximos anos. Todo esse cenário favorece um ambiente promissor, tanto para novas pesquisas e desenvolvimento científico, quanto para novos empreendimentos e oportunidades de negócios como um todo. No Brasil, a cadeia de insetos alimentícios ainda é incipiente e há grande necessidade de desenvolvimento, no que tange a investimentos, tecnologia e qualificação de recursos humanos. São também necessários esforços dos órgãos reguladores, de modo a envidar esforços no desenvolvimento de normativas que visem regulamentar a produção e utilização de insetos na alimentação animal, pavimentando assim o caminho de quem deseja se engajar nesta inovadora atividade.

Por ora os insetos alimentícios estão longe de ser os protagonistas da nutrição animal, mas sem dúvidas, apresentam-se como uma importante e promissora alternativa para expansão sustentável da cadeia de proteína animal no mundo.

REFERÊNCIAS

- AAFCO. **Model regulations for pet and specialty pet food under the model bill**. Champaign, IL: Association of American Feed Control Officials, Official Publication, pp. 135–150, Inc., 2013.
- AASLYNG, M. D. M. et al. The impact of sensory quality of pork on consumer preference. **Meat science**, v.71 (1), 61-73, 2007
- ABBASI, M. A. et al. Effects of different levels of dietary crude protein and threonine on performance, humoral immune responses and intestinal morphology of broiler chicks. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 16, n. 1, p. 35-44, 2014.
- ABINPET. O mercado PET Brasil 2019. **Associação Brasileira da Indústria de Produtos para Animais de Estimação**, 2019. Disponível em: <<http://abinpet.org.br/mercado/>>. Acesso em: 08 jul. 2020.
- AJAO, B. H.; OLA, S. I.; ADAMEJI, O. V. et al. The relationship of ambient temperature and relative humidity to the thermorespiratory function of greater grasscuter. **Proc. of the 18th Annual Conf. of Anim. Sci. Assoc. of Nig. Proc. of the 18th Annual Conf. of Anim. Sci. Assoc. of Nig.**, p 92, 2013.
- AL-QAZZAZ, M. F. A. et al. Effect of using insect larvae meal as a complete protein source on quality and productivity characteristics of laying hens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 45, n. 9, p. 518-523, 2016
- ALLEGRETTI, C.; TALAMINI E.; SCHMIDT V., et al. Insect as feed: an energy assessment of insect meal as a sustainable protein source for the Brazilian poultry industry. **J. Clean. Prod.**, v. 171, p. 403–412, 2018.
- ALTMANN, B. A.; NEUMANN, C.; ROTHSTEIN, S. et al. Do dietary soy alternatives lead to pork quality improvements or drawbacks? A look into micro-alga and insect protein in swine diets. **Meat Science**, v. 153, p. 26–34, 2019.
- BARROSO, F. G. et al. The potential of various insect species for use as food for fish. **Aquaculture**, v. 422, p. 193-201, 2014.
- BEYNEN, A.C. Insect based petfood. **Researchgate**, 2018. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/327436986_Beynen_AC_2018_Insect-based_petfood>. Acesso em: 08 jul. 2020.
- BIASATO, I. et al. Effects of yellow mealworm larvae (*Tenebrio molitor*) inclusion in diets for female broiler chickens: implications for animal health and gut histology. **Animal Feed Science and Technology**, v. 234, p. 253-263, 2017.

BIASATO, I.; RENNA, M.; GAI, F. et al. Partially defatted black soldier fly larva meal inclusion in piglet diets: effects on the growth performance, nutrient digestibility, blood profile, gut morphology and histological features. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v. 10, n. 12, 2019.

BORRELLI, L. et al. Insect-based diet, a promising nutritional source, modulates gut microbiota composition and SCFAs production in laying hens. **Scientific reports**, v. 7, n. 1, p. 1-11, 2017

BOSCH G, ZHANG S, OONINCX AB, HENDRIKS WH. Protein quality of insects as potential ingredients for dog and cat foods. **Journal of Nutritional Science**, v. 3, n. 29, p. 1-4, 2014.

BOVERA, F. et al. Yellow mealworm larvae (*Tenebrio molitor*, L.) as a possible alternative to soybean meal in broiler diets. **British poultry science**, v. 56, n. 5, p. 569-575, 2015.

BOVERA, F. et al. Use of *Tenebrio molitor* larvae meal as protein source in broiler diet: Effect on growth performance, nutrient digestibility, and carcass and meat traits. **Journal of Animal Science**, v. 94, n. 2, p. 639-647, 2016.

BRASIL. **Decreto Nº 6.296, De 11 De Dezembro De 2007. Diário Oficial da União.**

BRASIL. **DECRETO Nº 7.045, DE 22 DE DEZEMBRO DE 2009. Diário Oficial da União.** Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-pecuarios/alimentacao-animal/arquivos-alimentacao-animal/legislacao/decreto-no-7-045-de-22-de-dezembro-de-2009.pdf>>. Acesso em: 10 ago. 2020.

BRASIL. **Instrução Normativa 13 de 30 de Novembro de 2004. Diário Oficial da União.** Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-pecuarios/alimentacao-animal/aditivos>>. Acesso em: 10 ago. 2020.

BRASIL. **Instrução Normativa 44 de 15 de Dezembro de 2015. Diário Oficial da União.** Disponível em: <

<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-pecuarios/produtos-veterinarios/legislacao-1/instrucoes-normativas/instrucao-normativa-sda-mapa-ndeg-44-de-15-12-2015.pdf/@download/file/instrucao-normativa-sda-mapa-ndeg-44-de-15-12-2015.pdf>>. Acesso em: 10 ago. 2020.

BRASIL. **Lei Ordinária 6198 / 1974. Diário Oficial da União.**

BRUNI, L. et al. Characterisation of the intestinal microbial communities of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed with *Hermetia illucens* (black soldier fly) partially defatted larva meal as partial dietary protein source. **Aquaculture**, v. 487, p. 56-63, 2018.

BYRNE, J. Stricter regulation of China 's feed imports. **Feed Navigator**, 2018. Disponível em: <<https://www.feednavigator.com/Article/2018/05/29/Stricter-regulation-of-China-s-feed-imports>>. Acesso em: 10 ago. 2020.

CANADA. RG-1 Regulatory Guidance: Feed Registration Procedures and Labelling Standards. **Government of Canada**, 2018. Disponível em: <<https://www.inspection.gc.ca/animal-health/livestock-feeds/regulatory-guidance/rg-1/eng/1329109265932/1329109385432>>. Acesso em: 10 ago. 2020.

CASTRILLO, C.; VICENTE, F.; GUADA, J. A. The effect of crude fibre on apparent digestibility and digestible energy content of extruded dog foods. **J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. (Berl)**, v. 85, p. 231–236, 2001.

CHEN, Z. B. **Analysis for nutritional value of four kinds of insects and use of *Tenebrio molitor* power in weaning pig production**. Shandong: China knowledge resource integrated database (CNKI), Shandong Agricultural University, 2012.

CHERNYSH, S.; GORDYA, N.; SUBOROVA, T. Insect antimicrobial peptide complexes prevent resistance development in bacteria. **PLOS ONE**, v. 10, n. 7, p. e0130788, 2015.

CHIA, S. Y.; TANGA, C. M.; OSUGA, I. M. et al. Effect of dietary replacement of fishmeal by insect meal on growth performance, blood profiles and economics of growing pigs in Kenya. **Animals**, v. 9, p. 705, 2019.

COMISSÃO EUROPEIA. **Regulamento (UE) 2017/893 da Comissão de 24 de maio de 2017. Jornal Oficial da União Europeia**. 2017a.

COMISSÃO EUROPEIA. **Regulamento (UE) 2017/1017 da Comissão de 15 de junho de 2017 que altera o Regulamento (UE) no 68/2013 relativo ao Catálogo de matérias-primas para a alimentação animal. Jornal Oficial da União Europeia**. 2017b.

CROSBIE, M.; ZHU, C.; SHOVELLER, A. K. et al. Standardized ileal digestible amino acids and net energy contents in full fat and defatted black soldier fly larvae meals (*Hermetia illucens*) fed to growing pigs. **Translational Animal Science**, v. 4, n. 3, 2020.

DANIELI, P. P. et al. The effects of diet formulation on the yield, proximate composition, and fatty acid profile of the black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) prepupae intended for animal feed. **Animals**, v. 9, n. 4, p. 178, 2019.

DE MARCO, M. et al. Nutritional value of two insect larval meals (*Tenebrio molitor* and *Hermetia illucens*) for broiler chickens: apparent nutrient digestibility, apparent ileal amino acid digestibility and apparent metabolizable energy. **Animal Feed Science and Technology**, v. 209, p. 211-218, 2015.

DEVI, S. M.; KIM, I. H. Effect of medium chain fatty acids (MCFA) and probiotic (*Enterococcus faecium*) supplementation on the growth performance, digestibility and blood profiles in weanling pigs. **Veterinarni Medicina**, v. 59, n. 11, 2014.

DUMAN, M. et al. Relation between egg shape index and egg quality characteristics. **European Poultry Science**, v. 80, p. 1-9, 2016.

DUMAS, A.; RAGGI, T.; BARKHOUSE, J.; LEWIS, E.; WELTZIEN, E. The oil fraction and partially defatted meal of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) affect differently growth performance, feed efficiency, nutrient deposition, blood glucose, and lipid digestibility of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, v. 492, p. 24–34, 2018.

DRIEMEYER, H. **Evaluation of black soldier fly (*hermetia illucens*) larvae as an alternative protein source in pig creep diets in relation to production, blood and manure microbiology parameters**. Thesis (MScAgric)--Stellenbosch University. Africa do Sul. 114p, 2016.

EFSA. Risk profile related to production and consumption of insects as food and feed. **EFSA Journal**, v. 13, n. 10, 2015a.

EFSA. Annual report of the Scientific Network on Microbiological Risk Assessment 2015. **EFSA Supporting Publications**, v. 12, n. 12, 2015b.

EWALD, N. et al. Fatty acid composition of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*)—Possibilities and limitations for modification through diet. **Waste Management**, v. 102, p. 40-47, 2020.

FAO. **Edible insects. Future prospects for food and feed security**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, v. 171, 2013

FAO. Indicator 2.1.1 - Prevalence of undernourishment. **Sustainable Development Goals**, 2018. Disponível em: <<http://www.fao.org/sustainable-development-goals/indicators/211/en/>>. Acesso em: 04 fev. 2020.

FAO. **The future of food and agriculture – Trends and challenges**. Rome: Food and Agriculture Organization. 2017

FARIA DOMINGUES, C. H. DE *et al.* Understanding the factors influencing consumer willingness to accept the use of insects to feed poultry, cattle, pigs and fish in Brazil. **PLoS ONE**, v. 15, n. 4, p. 1–11, 2020.

FEDIAF. Nutritional guidelines for complete and complementary pet food for cats and dogs. **European Pet Food Industry Federation**, 2008. Disponível em: <<http://www.fediac.org/self-regulation/>>. Acesso em: 08 jul. 2020.

FENG, Y. *et al.* Edible insects in China: Utilization and prospects. **Insect Science**, v. 25, n. 2, p. 184–198, 2018.

- FERREIRA, M. E. O. **Desempenho e parâmetros hematológicos de Rãs-touro (*Lithobates catesbeianus*) alimentadas com ração contendo farinha de inseto**. Dissertação (Mestrado) – Universidade José do Rosário Vellano. UNIFENAS, Alfenas, MG, 2020.
- FINKE, M. D. Complete nutrient composition of commercially raised Inver. **Zoo Biology**, v. 21, n. 3, p. 269-285, 2002.
- FINKE, M. D. *et al.* The European Food Safety Authority scientific opinion on a risk profile related to production and consumption of insects as food and feed. **Journal of Insects as Food and Feed**, v. 1, n. 4, p. 245–247, 2015.
- FONTES, T. V. *et al.* Digestibility of insect meals for Nile tilapia fingerlings. **Animals**, v. 9, n. 4, p. 181, 2019.
- FRIENDSHIP, R. M.; LUMSDEN, J. H.; MCMILLAN, I. *et al.* Hematology and biochemistry reference values for Ontario swine. **Can J Comp Med**, v. 48, n. 4, p. 390-393, 1984.
- GASCO, L.; FINKE, M.; VAN HUIS, A. Can diets containing insects promote animal health? **J. Insects Food Feed**, v. 4, p. 1–4, 2018.
- HENRY, M. *et al.* Review on the use of insects in the diet of farmed fish: past and future. **Animal Feed Science and Technology**, v. 203, p. 1-22, 2015.
- HEO, J. M.; OPAPEJU, F. O.; PLUSKE, J. R. *et al.* Gastrointestinal health and function in weaned pigs: a review of feeding strategies to control post-weaning diarrhoea without using in-feed antimicrobial compounds. **J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.**, v. 97, p. 207–237, 2012.
- HOUP, K. A.; HINTZ, H. F.; SHEPHERD, P. The role of olfaction in canine food preferences. **Chem. Sens.**, v. 3, p. 281–290, 1978.
- HUYBEN, D. *et al.* High-throughput sequencing of gut microbiota in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed larval and pre-pupae stages of black soldier fly (*Hermetia illucens*). **Aquaculture**, v. 500, p. 485-491, 2019.
- IBITOYE, E.B. *et al.* Extraction and physicochemical characterization of chitin and chitosan isolated from house cricket. **Biomedical Materials**, v. 13, n. 2, 2018.
- JARETT, J.K. *et al.* Diets with and without edible cricket support a similar level of diversity in the gut microbiome of dogs. **PeerJ**, v. 7, p. e7661, 2019.
- JAYANEGARA, A. *et al.* Evaluation of some insects as potential feed ingredients for ruminants: Chemical composition, in vitro rumen fermentation and methane emissions. **Journal of Indonesian Tropical Animal Agriculture**, v. 42, n. 4, p. 247-254, 2017.

- JI, Y. J.; LIU, H. N.; KONG, X. F. et al. Use of insect powder as a source of dietary protein in early-weaned piglets. **Journal of Animal Science**, v. 94, p. 111-116, 2016.
- JIN, X. H.; HEO, P. S.; HONG, J. S. et al. Supplementation of Dried Mealworm (*Tenebrio molitor* larva) on Growth Performance, Nutrient Digestibility and Blood Profiles in Weaning Pigs Asian Australas. **J. Anim. Sci**, v. 29, n. 7, p. 979-986, 2016.
- JO, Y. H.; LEE, J. W. Insect feed for animals under the Hazard Analysis and Critical Control Points (HACCP) regulations. **Entomological Research**, v. 46, n. 1, p. 2-4, 2016.
- JÓZEFIAK, A. et al. Effects of insect diets on the gastrointestinal tract health and growth performance of Siberian sturgeon (*Acipenser baerii* Brandt, 1869). **BMC veterinary research**, v. 15, n. 1, p. 348, 2019.
- JÓZEFIAK, A.; ENGBERG, R. M. Insect proteins as a potential source of antimicrobial peptides in livestock production. **A review. Journal of Animal and Feed Sciences**, v. 26, p. 87-99, 2017.
- KERR, B. J.; URRIOLOA, P. E.; JHA, E. et al. Amino acid composition and digestible amino acid content in animal protein by-product meals fed to growing pigs. **J. Anim. Sci**, v. 11, p. 4540-4547, 2019.
- KHOUSHAB, F.; YAMABHAI, M. Chitin research revisited. **Marine Drugs**, v. 8, p. 1988-2012, 2010.
- KIEROŃCZYK, B. et al. Effects of replacing soybean oil with selected insect fats on broilers. **Animal Feed Science and Technology**, v. 240, p. 170-183, 2018a.
- KIEROŃCZYK, B. et al. Do insects smell attractive to dogs? A comparison of dog reactions to insects and commercial feed aromas – a preliminary study. **Ann. Anim. Sci.**, v. 18, n. 3, p. 795-800, 2018b.
- KILBURN, L. R. et al. Cricket (*Gryllobates sigillatus*) meal fed to healthy adult dog does not affect and minimally impacts apparent total tract digestibility. **Journal of Animal Science**, v. 98, n. 3, p. 1-8, 2020.
- KRÖGER, S.; HEIDE, C.; ZENTEK, J. Influence of proteins from the Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) on nutrient digestibility and faecal and immunological parameters in dogs. **Proceedings 21st European Society of Veterinary and Comparative Nutrition Congress**, Cirencester, p. 102, 2017.
- LÄHTEENMÄKI-UUTELA, A. et al. Insects as Food and Feed: Laws of the European Union, United States, Canada, Mexico, Australia, and China. **European Food and Feed Law Review**, v. 1, p. 22-36, 2017.
- LAVALETTE, M. **Les insectes: une nouvelle ressource en protéines pour l'alimentation humaine**. Tese de Doutorado. Université de Lorraine, 2013.

LEI, X.J. et al. Evaluation of supplementation of defatted black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal in beagle dogs. **Ann. Anim. Sci.**, v. 19, n. 3, p. 767–777, 2019.

LEMOS, I.A. **Níveis de inclusão de farinha de larva de tenébrio na dieta de cães sobre os parâmetros sanguíneos**. Dissertação de mestrado. Montes Claros, MG. Universidade Federal de Minas Gerais. 39p. 2020.

LERICHE, I.; FOURNEL, S.; CHALA, V. Assessment of the digestive tolerance in cats of a new diet based on insects as the protein source. **J Feline Med Surg.**, v. 19, n. 965, 2017a.

LERICHE, I.; FOURNEL, S.; CHALA, V. Assessment of the digestive tolerance in dogs of a new diet based on insects as the protein source. **Proceedings 21st European Society of Veterinary and Comparative Nutrition Congress**, Cirencester, p 103, 2017b.

LI, S. et al. Influence of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae oil on growth performance, body composition, tissue fatty acid composition and lipid deposition in juvenile Jian carp (*Cyprinus carpio* var. Jian). **Aquaculture**, v. 465, p. 43-52, 2016.

LII. 21 U.S. Code § 348. Food additives. **Legal Information Institute**, 2018. Disponível em: <<https://www.law.cornell.edu/uscode/text/21/348>>. Acesso em: 10 ago. 2020.

LIRA, J. A. **Avaliação da farinha de tenébrio (*Tenebrio molitor*) na alimentação de juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*)**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Nilton Lins. Manaus, AM, 2015.

LISENKO, K. G. **Valor nutricional de farinhas de insetos para cães e gatos**. Tese (Doutorado) Universidade Federal de Lavras, UFLA, Lavras, MG, Brasil, 123 p., 2017.

LOCK, E.; BIANCAROSA, I.; GASCO, L. **Insects as raw materials in compound feed for aquaculture. In: Edible insects in sustainable food systems**. Springer, Cham, p. 263-276, 2018.

LOPONTE, R. et al. Growth performance, blood profiles and carcass traits of Barbary partridge (*Alectoris barbara*) fed two different insect larvae meals (*Tenebrio molitor* and *Hermetia illucens*). **Research in veterinary science**, v. 115, p. 183-188, 2017.

MAIOLO, S. et al. Fishmeal partial substitution within aquafeed formulations: life cycle assessment of four alternative protein sources. **INTERNATIONAL JOURNAL OF LIFE CYCLE ASSESSMENT**, 2020

MAKKAR, H. P. S. Review: Feed demand landscape and implications of food-not feed strategy for food security and climate change. **Animal**, v. 12, p. 1744–1754, 2018.

MANCUSO, T.; BALDI, L.; GASCO, L. An empirical study on consumer acceptance of farmed fish fed on insect meals: the Italian case. **Aquaculture International**, v. 24, n. 5, p. 1489–1507, 2016.

MARBERG, A.; KRANENBURG, H. VAN; KORZILIUS, H. The big bug: The legitimization of the edible insect sector in the Netherlands. **Food Policy**, v. 71, n. April, p. 111–123, 2017.

MARCIANO, L. E. A.; ARAÚJO, T. M.; LIMA, N. R.; FERNANDES, L. S.; COSTA, M. L. L. Desempenho de coelhos alimentados com farinha de *Tenebrio molitor*. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 6, n. 1, p. 042-049, 2019.

MARONO, S.; PICCOLO, G.; LOPONTE, R. et al. In vitro crude protein digestibility of *Tenebrio molitor* and *Hermetia illucens* insect meals and its correlation with chemical composition traits. **Ital. J. Anim. Sci.**, v. 14, p. 3889, 2015.

MASTORAKI, M. et al. The effect of insect meal as a feed ingredient on survival, growth, and metabolic and antioxidant response of juvenile prawn *Palaemon adspersus* (Rathke, 1837). **Aquaculture Research**, v. 51, n. 9, p. 3551-3562, 2020.

MATISSE, S.; BOON, N.; PIEKARA, I. et al. Microbial protein: future sustainable food supply route with low environmental footprint. **Microb. Biotechnol.**, v. 9, p. 568–575, 2016.

MCCUSKER, S.; BUFF, P. R.; YU, Z.; FASCETTI, A. J. Amino acid content of selected plant, algae and insect species: a search for alternative protein sources for use in pet foods. **J. Nutr. Sci.**, v. 3, p. e39, 2014.

MENEGUZ, M.; SCHIAVONE, A.; GAI, F. et al. Effect of rearing substrate on growth performance, waste reduction efficiency and chemical composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae. **J. Sci. Food. Agric.**, v. 98, p. 5776–5784, 2018.

MEXICO. **Reglamento De La Ley Federal De Sanidad Vegetal. Diario Oficial de la federacion (DOF)**. 2016. Disponível em: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LFSV.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2020.

MEXICO. **Ley Federal De Sanidad Animal. Diario Oficial de la Federación**. 2018.

MORRIS, J. G.; ROGERS, Q. R.; PACIORETTY, L. M. Taurine: an essential nutrient for cats. **J. Sm. Anim. Pract.**, v. 31, p. 502–509, 1990.

MOTTE, C. et al. Replacing fish meal with defatted insect meal (Yellow Mealworm *Tenebrio molitor*) improves the growth and immunity of pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). **Animals**, v. 9, n. 5, p. 258, 2019.

NASCIMENTO FILHO et al. Cafeteria-Type Feeding of Chickens Indicates a Preference for Insect (*Tenebrio molitor*) Larvae Meal. **Animals**, v.10, n.4, 627-640, 2020.

NAYAK, R.; WATERSON, P. Global food safety as a complex adaptive system: Key concepts and future prospects. **Trends in Food Science and Technology**, v. 91, n. April, p. 409–425, 2019.

NEWTON GL, BOORAM CV, BARKER RW. et al. Dried *Hermetia Illucens* larvae meal as a supplement for swine. **J Anim Sci.**, v. 44, p. 395–400, 1977.

NGO, D. H.; KIM, S. K. Antioxidant effects of chitin, chitosan and their derivatives. **Adv. Food Nutr. Res.**, v. 73, p. 15–31, 2014.

NRC. **Nutrient Requirements of Dogs and Cats**. National Academies Press: Washington, DC, USA, 2006.

NRC. **Nutrient requirements of swine**. 11th edition. National Academy Press: Washington, 2012.

ODDON, S. B. et al. Live insect larvae in broiler nutrition: effects on performance and gut health—preliminary results. In: **23rd European Society of Veterinary and Comparative Nutrition (ESVCN) Congress. European Society of Veterinary & Comparative Nutrition**, p. 100-100, 2019.

OKAMOTO Y. et al. Physical changes of chitin and chitosan in canine gastrointestinal tract. **Carbohydrate Polymers**, v. 44, n. 3, p. 211-215, 2001.

PAJAČ ŽIVKOVIĆ, I. et al. Genetic divergence between the South Korean and Mongolian populations of the dung beetle, *Gymnopleurus mopsus*. **Entomological Research**, v. 47, n. May, p. 1–8, 2017.

PANINI, R. L. et al. Potential use of mealworms as an alternative protein source for Pacific white shrimp: Digestibility and performance. **Aquaculture**, v. 473, p. 115-120, 2017.

PARLAMENTO EUROPEU. Regulamento N° 178/2002 do Parlamento Europeu e do Conselho de 28 de Janeiro de 2002. **Jornal Oficial das Comunidades Europeias**, v. 31, p. 1–24, 2002.

PERMATAHATI, D.; MUTIA, R.; ASTUTI, D. A. Effect of Cricket Meal (*Gryllus bimaculatus*) on Production and Physical Quality of Japanese Quail Egg. **Tropical Animal Science Journal**, v. 42, n. 1, p. 53-58, 2019.

PERRY, W. B. et al. The role of the gut microbiome in sustainable teleost aquaculture. **Proceedings of the Royal Society B**, v. 287, n. 1926, p. 20200184, 2020.

PLANTINGA, E. A.; BOSCH, G.; HENDRIKS, W. H. Estimation of the dietary nutrient profile of free-roaming feral cats: possible implications for nutrition of domestic cats. **Br. J. Nutr.**, v. 106, p. S35–S48, 2011.

POLANSKY, O. et al. Important metabolic pathways and biological processes expressed by chicken cecal microbiota. **Applied and environmental microbiology**, v. 82, n. 5, p. 1569-1576, 2016.

PTAK, A. et al. Phytase modulates ileal microbiota and enhances growth performance of the broiler chickens. **Plos one**, v. 10, n. 3, p. e0119770, 2015.

- RAAMSDONK, L. W. D. VAN; FELLS-KLERX, H. J. VAN DER; JONG, J. DE. New feed ingredients: the insect opportunity. **Food Additives and Contaminants - Part A Chemistry, Analysis, Control, Exposure and Risk Assessment**, v. 34, n. 8, p. 1384–1397, 2017.
- RENNA, M. et al. Evaluation of the suitability of a partially defatted black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) larvae meal as ingredient for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum) diets. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v. 8, n. 1, p. 57, 2017.
- RUHNKE, I. et al. Feed refusal of laying hens—a case report i. ruhnke, c. normant1, 2, z. iqbal1, dlm campbell1, 3, j. zentek 4 and m. choct1. In: **28th ANNUAL AUSTRALIAN POULTRY SCIENCE SYMPOSIUM**. p. 213, 2017.
- SALOMONE, R. et al. Environmental impact of food waste bioconversion by insects: application of life cycle assessment to process using *Hermetia illucens*. **Journal of Cleaner Production**, v. 140, p. 890-905, 2017.
- 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**, v. 65, p. 16–27, 2015.
- SAUVANT, D.; PEREZ, J. M.; TRAN, G. (Ed.). Tables of composition and nutritional value of feed materials: pigs, poultry, cattle, sheep, goats, rabbits, horses and fish. **Wageningen Academic Publishers**, 2004.
- SCHIAVONE, A. et al. Black soldier fly defatted meal as a dietary protein source for broiler chickens: Effects on carcass traits, breast meat quality and safety. **Animal**, v. 13, n. 10, p. 2397-2405, 2019.
- SHEPPARD, D. C.; NEWTON, G. L.; THOMPSON, S. A. et al. A value added manure management system using the black soldier fly. **Biores. Tech.**, v. 50, p. 275-279, 1994.
- SKŘIVANOVÁ, E. et al. Susceptibility of *Escherichia coli*, *Salmonella* sp and *Clostridium perfringens* to organic acids and monolaurin. **Veterinární medicína**, 2006.
- SOGARI, G. et al. The potential role of insects as feed: A multi-perspective review. **Animals**, v. 9, n. 4, p. 119, 2019.
- SOGARI, G.; MENOZZI, D.; MORA, C. Exploring young foodies' knowledge and attitude regarding entomophagy: A qualitative study in Italy. **International Journal of Gastronomy and Food Science**, v. 7, n. June 2016, p. 16–19, 2017.
- SPRANGHERS, T. et al. Nutritional composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) prepupae reared on different organic waste substrates. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 97, n. 8, p. 2594-2600, 2017.

- SPRANGHERS, T.; MICHIELS, J.; VRANCX, J. et al. Gut antimicrobial effects and nutritional value of black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) prepupae for weaned piglets. **Anim Feed Sci Technol.**, v. 235, p. 33–42, 2018.
- ST-HILAIRE, S. et al. Fly prepupae as a feedstuff for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. **Journal of the world aquaculture society**, v. 38, n. 1, p. 59-67, 2007.
- STEIN, H. H.; KIM, S. W.; NIELSEN, T. T. et al. Comparative standardized ileal protein and amino acid digestibilities by growing pigs and sows. **J. Anim. Sci.**, v. 79, p. 2113–2122, 2001.
- STULL, V. J. et al. Impact of edible cricket consumption on gut microbiota in healthy adults, a double-blind, randomized crossover trial. **Scientific Reports**, v. 8, n. 1, p. 10762, 2018.
- TAN, X.; YANG, H. S.; WANG, M. et al. Amino acid digestibility in housefly and black soldier fly prepupae by growing pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v. 263, 2020.
- TOCHER, D. R. Omega-3 long-chain polyunsaturated fatty acids and aquaculture in perspective. **Aquaculture**, v. 449, p. 94-107, 2015.
- TROELL, M. *et al.* Does aquaculture add resilience to the global food system? **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 111, n. 37, p. 13257–13263, 2014.
- TUBIN, J. S. B. et al. *Tenebrio molitor* meal in diets for Nile tilapia juveniles reared in biofloc system. **Aquaculture**, v. 519, p. 734763, 2020.
- UE. A União Europeia (UE) em poucas palavras. 2020. Disponível em: <https://europa.eu/european-union/about-eu/eu-in-brief_pt>. Acesso em: 10 ago. 2020.
- VALENCIA, D. G. et al. Ileal digestibility of amino acids of pea protein concentrate and soya protein sources in broiler chicks. **Livestock Science**, v. 121, n. 1, p. 21-27, 2009.
- VASCONCELOS, G. T. **Uso de farinha de insetos na nutrição de peixes**. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP, 2019.
- VELDKAMP, T.; VAN NIEKERK, T. G. C. M. Live black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) for turkey poults. **Journal of Insects as Food and Feed**, v. 5, n. 4, p. 301-311, 2019.
- VELTEN, S.; NEUMANN, C.; DORPER, A. et al. **Response of piglets due to amino acid optimization of mixed diets with 75% replacement of soybean-meal by partly defatted insect meal (*H. illucens*)**. INSECTA Conference, Berlin, Germany, 2017.
- VIROJE-WANASITHCHAIWAT, M. S. Effects of fly larval meal grown on pig manure as a source of protein in early weaned pig diets. **Thurakit-Ahansat (Thailand)**, v. 6, p. 28–31, 1989.

VOBRA SPECIAL PETFOODS (VSP). **Evaluatie van insectenbronnen in Sanimed Intestinal**. Intern verslag, 2017

WANG, S.; ZENG, X.; YANG, Q.; QIAO, S. Antimicrobial peptides as potential alternatives to antibiotics in food animal industry. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 17, p. 603, 2016.

WIRYAWAN, K. G. et al. Egg production and quality of quails fed diets with varying levels of methionine and choline chloride. **Media Peternakan**, v. 39, n. 1, p. 34-39, 2016.

XU, X. et al. Medium-chain TAG improve intestinal integrity by suppressing toll-like receptor 4, nucleotidebinding oligomerisation domain proteins and necroptosis signalling in weanling piglets challenged with lipopolysaccharide. **Br. J. Nutr.**, v. 119, p. 1019–1028, 2018.

XU, Y. Q.; SHI, B. L.; LI, J. L. et al. Effects of chitosan on intestinal flora in weaned pigs. **Feed Res.**, v. 10, p. 54–56, 2012.

YI, L. et al. Extraction and characterisation of protein fractions from five insect species. **Food chemistry**, v. 141, n. 4, p. 3341-3348, 2013.

YU, H.T. et al. Dietary supplemented antimicrobial peptide microcin J25 improves the growth performance, apparent total tract digestibility, fecal microbiota, and intestinal barrier function of weaned pigs. **J. Anim. Sci.**, v. 95, p. 5064–5076, 2017.

YUANQING, X. S.; BINLIN, G.; YIWEI, L. et al. Effects of chitosan on the development of immune organs and gastrointestinal tracts in weaned piglets. **Feed Ind.**, v. 3, p. 008, 2013.

ZARANTONIELLO, M. et al. Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) reared on roasted coffee by-product and *Schizochytrium* sp. as a sustainable terrestrial ingredient for aquafeeds production. **Aquaculture**, v. 518, p. 734-659, 2020.

ZHANG, J. H. E.; ZHOU, E. F. **Feed resource and utilization**. China Agriculture Press: Beijing; 2002.

