

INSETOS

NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL:

UM PANORAMA GERAL



Andressa Jantzen da Silva Lucas


Editora da Terra

**INSETOS NA
ALIMENTAÇÃO ANIMAL:
um panorama geral**



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE
FURG

Reitor
DANILO GIROLDO
Vice-Reitor
RENATO DURO DIAS
Chefe do Gabinete do Reitor
JACIRA CRISTIANE PRADO DA SILVA
Pró-Reitor de Extensão e Cultura
DANIEL PORCIUNCULA PRADO
Pró-Reitor de Planejamento e Administração
DIEGO D'ÁVILA DA ROSA
Pró-Reitor de Infraestrutura
RAFAEL GONZALES ROCHA
Pró-Reitora de Graduação
SIBELE DA ROCHA MARTINS
Pró-Reitora de Assuntos Estudantis
DAIANE TEIXEIRA GAUTÉRIO
Pró-Reitora de Gestão e Desenvolvimento de Pessoas
LUCIA DE FÁTIMA SOCOOWSKI DE ANELLO
Pró-Reitor de Pesquisa e Pós-Graduação
EDUARDO RESENDE SECCHI
Pró-Reitora de Inovação e Tecnologia da Informação
DANÚBIA BUENO ESPÍNDOLA

EDITORA DA FURG

Coordenadora
CLEUSA MARIA LUCAS DE OLIVEIRA

COMITÊ EDITORIAL

Presidente
DANIEL PORCIUNCULA PRADO
Titulares
ANDERSON ORESTES CAVALCANTE LOBATO
ANGELICA CONCEIÇÃO DIAS MIRANDA
CARLA AMORIM NEVES GONÇALVES
CLEUSA MARIA LUCAS DE OLIVEIRA
EDUARDO RESENDE SECCHI
ELIANA BADIALE FURLONG
LEANDRO BUGONI
LUIZ EDUARDO MAIA NERY
MARCIA CARVALHO RODRIGUES

Editora da FURG
Câmpus Carreiros
CEP 96203 900 – Rio Grande – RS – Brasil
editora@furg.br

Integrante do PIDL

Editora Associada à

ABEU
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA
DE EDITORES UNIVERSITÁRIOS

EDUNI-SUL
ASSOCIAÇÃO DAS EDITORAS
UNIVERSITÁRIAS DO SUL

Andressa Jantzen da Silva Lucas

INSETOS NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL: um panorama geral



Rio Grande
2021

© Andressa Jantzen da Silva Lucas

2021

Designer da capa: Katiane Acosta

Diagramação da capa: Anael Macedo

Formatação e diagramação: João Balansin

Gilmar Torchelsen

Cinthia Pereira

Revisão ortográfica e linguística: Liliana Mendes

Ficha Catalográfica

L933i Lucas, Andressa Jantzen da Silva.
Insetos na alimentação animal: um panorama geral
[Recurso Eletrônico] / Andressa Jantzen da Silva Lucas. –
Rio Grande, RS : Ed da FURG, 2021.
146 p. ; il.

Modo de acesso: <http://repositório.furg.br>
ISBN 978-65-5754-081-7 (eletrônico)

1. Alimentação Animal 2. Insetos 3. Nutrição Animal
I. Título.

CDU 591.53

Catálogo na Fonte: Bibliotecário José Paulo dos Santos –
CRB10/2344

Ao fraterno amigo, saudoso professor e eterno orientador Professor Carlos Prentice. Obrigada pela amizade, pelo apoio e incentivo ao longo da minha árdua jornada de vida, pesquisa e profissão. Obrigada por acreditar quando nem eu mesma acreditava. Infelizmente, o senhor nos deixou precocemente durante o desenvolvimento da nossa obra, mas seguimos por aqui com o mesmo compromisso e dedicação. E como o próprio professor dizia ao se despedir:

“Estamos em contato”.

Ao meu avô, Frederico Silva, que, da mesma forma, nos deixou durante o desenvolvimento deste E-Book. Obrigada por tanto. Obrigada por me permitir chegar onde estou. Obrigada pelos princípios e por me fazer compreender a importância do conhecimento. Viverás para sempre em meu coração e em minhas lembranças.

“Sed fugit interea fugit irreparabile tempus”

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 Vantagens de se utilizar insetos como fonte de alimento quando comparadas com outras fontes	17
Figura 5.1 O papel dos insetos na economia circular	75
Figura 8.1 Criação de <i>Hermetia illucens</i> (A) insetos adultos, (B) larvas e (C) ovos	107
Figura 8.2 Criação de <i>Tenebrio molitor</i> em larga escala	107
Figura 8.3 Processamento em escala industrial de insetos (<i>Tenebrio molitor</i>)	110
Figura 8.4 Ração à base de insetos para peixes	113
Figura 8.5 Mix de insetos para alimentação de jacarés ..	113
Figura 8.6 Mix de insetos em pasta para alimentação animal	114
Figura 9.1 Produção de ração por espécie animal no ano de 2019 (em milhões de toneladas)	121
Figura 9.2 A criação de insetos para alimentação animal no contexto de uma economia circular	127
Figura 9.3 Produtos para cães da marca Midgard	131
Figura 9.4 Ração para cães da marca Yora	132
Figura 9.5 Larvas desidratadas de tenébrio gigante (<i>Zophobias morio</i>), tenébrio comum (<i>Tenebrio molitor</i>) e barata cinérea (<i>Nauphoeta cinerea</i>) desidratada	132

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1 Algumas espécies animais que podem ser alimentadas com insetos	21
Tabela 4.1 Comparação entre aminoácidos de diferentes fontes	60
Tabela 5.1 Porcentagem (base seca) do conteúdo proteico de insetos	72
Tabela 9.1 Produção global de ração (em milhões de toneladas)	123
Tabela 9.2 Lista das principais empresas atuantes no mercado que utilizam insetos como ingredientes na ração para diferentes animais, avaliado em 117 milhões de dólares. Durante os anos, a empresa vem expandindo seu negócio e, atualmente, possui escritórios na Califórnia, Cingapura, Bangalore, Hong Kong e Londres	129
Tabela 9.3 Lista das principais empresas atuantes no mercado que utilizam insetos como ingredientes na ração para animais de estimação	131
Tabela 10.1 Famílias e espécies de insetos cultivados no Brasil	139
Tabela 10.2 Principais grupos de animais (PET) e as possíveis formas de consumo de insetos	140
Tabela 10.3 Principais grupos de animais (domésticos de produção) e as possíveis formas de consumo de insetos .	140

SUMÁRIO

Prefácio	12
Capítulo I	
O uso de insetos na alimentação animal	15
1.1 Introdução	15
1.2 Aspectos ecológicos e sustentáveis	16
1.3 Nutrientes contidos e benefícios à saúde animal	18
1.4 Exemplo de animais que podem ser alimentados com insetos	20
1.5 Conclusão	23
Referências bibliográficas	23
Capítulo II	
Necessidades nutricionais de insetos para serem usados como fonte alimentar	28
2.1 Introdução	28
2.2 Necessidades nutricionais	29
2.3 Nutriente no estágio do inseto	32
2.4 Fontes alternativas como nutrientes para insetos	34
2.5 Tendências e desempenhos das dietas	36
2.6 Composição nutricional dos insetos	38
2.7 Conclusão	39
Referências bibliográficas	39

Capítulo III	
Insetos na alimentação de aves	42
3.1 Introdução	42
3.2 Benefícios nutricionais da inserção de insetos na alimentação de aves	43
3.3 Benefícios econômicos da inserção de insetos na alimentação de aves	46
3.4 Benefícios ambientais da inserção de insetos na alimentação de aves	48
3.5 Conclusão	49
Referências bibliográficas	50
Capítulo IV	
Insetos na alimentação de suínos	55
4.1 Introdução	55
4.2 Benefícios dos insetos na dieta e bem-estar animal.	56
4.3 Nutrientes requeridos na alimentação de suínos e o uso de insetos como fonte alternativa	57
4.4 Insetos empregados na suinocultura	61
4.5 Conclusão	63
Referências bibliográficas	63
Capítulo V	
Insetos na dieta de ruminantes	68
5.1 Introdução	68
5.2 A dieta de animais ruminantes	69
5.3 Adição de insetos na dieta de ruminantes	71
5.4 Vantagens da utilização de insetos na dieta de ruminantes	74
5.5 Conclusão	75
Referências bibliográficas	75

Capítulo VI	
Uso de insetos para rações de animais domésticos.	78
6.1 Introdução	78
6.2 Mercado pet	80
6.3 Farinha de insetos na alimentação de animais domésticos	81
6.4 Importância da proteína na alimentação de animais domésticos	83
6.5 Biodisponibilidade dos nutrientes da farinha de insetos	84
6.6 Conclusão	87
Referências bibliográficas	87

Capítulo VII	
O uso de insetos na aquacultura	91
7.1 Introdução	91
7.2 Insetos como fonte de alimento	92
7.3 O valor nutricional dos insetos para organismos cultivados	94
7.4 Efeitos da inclusão de insetos em dietas	96
7.5 Conclusão	97
Referências bibliográficas	98

Capítulo VIII	
Tecnologia e processamento de rações a base de insetos	103
8.1 Introdução	103
8.2 Criação de insetos para alimentação animal	104
8.3 Processamento de insetos para alimentação	108
8.4 Alimentação animal à base de insetos	111
8.5 Conclusão	114
Referências bibliográficas	114

Capítulo IX

Indústria baseada em insetos: status atual, mercado e legislação	120
9.1 Introdução	120
9.2 O mercado atual de insetos comestíveis na alimentação animal e suas projeções futuras	121
9.3 Legislação no Brasil e no mundo	124
9.4 Empresas atuantes no mercado que utilizam insetos como matéria-prima para fabricação de rações	126
9.5 Conclusão	133
Referências bibliográficas	133

Capítulo X

Como utilizar insetos para rações e alimentos para animais? Perspectiva de um zootecnista atuante no mercado	138
10.1 Introdução	139
10.2 Insetos na alimentação animal	139
10.3 Considerações finais	141
Informações sobre o autor do capítulo	143

Capítulo XI

Conclusões e perspectivas futuras	144
Informações sobre a autora	146

PREFÁCIO

Apesar de o termo “insetos como fonte de alimento” ainda causar estranheza e repugna para algumas pessoas, é inegável que este contexto vem ganhando força nas mais diferentes maneiras. A entomofagia, ou ato de comer insetos, surgiu há milhões de anos, mas apenas, recentemente, vem ganhando força nas culturas ocidentais. O mesmo acontece com o uso de insetos para alimentação animal. Embora estes bichinhos constituam parte natural da dieta de aves, répteis e de outros diferentes animais, o ato de criá-los e comercializá-los como alimento, também, pode ser considerado recente.

Os insetos surgem como uma alternativa “esquecida” aos problemas que viemos enfrentando mundialmente. Emissões de gases do efeito estufa, consumo de água, crescimento populacional, desmatamento e, até mesmo, a fome. A criação de insetos, seja ela para consumo animal, seja humano, pode ajudar a minimizar todos estes prejuízos causados ao longo dos anos. Os insetos são constituídos por proteínas de alta qualidade, por ácidos graxos insaturados dos tipos ômega 6 e ômega 9. E boa parte de sua fração sacarídica é composta por quitina. Não menos importante, os insetos possuem vitaminas, principalmente, do complexo B e C e minerais, como cálcio, potássio, magnésio, fósforo, sódio e ferro.

Nesse contexto, temos a chamada economia circular, que, como o próprio nome sugere, esse tipo de economia gira em torno de um ciclo fechado. Pequenos agricultores que optam por iniciar uma criação de insetos para alimentação animal se beneficiam com o fato de que esses podem ser alimentados com os resíduos orgânicos oriundos

da própria propriedade rural. Uma vez chegados ao seu estágio de vida requerido (ninfa, larva, pupa ou adulto), os insetos são abatidos, beneficiados e vendidos para uso em rações animais. Os resíduos da criação dos insetos podem servir de adubo para a plantação, retornando ao início do ciclo.

Por esses e por outros motivos, é razoável supor que o número de publicações científicas sobre o uso de insetos como ração animal tenha aumentado, significativamente, nos últimos anos, principalmente, no que diz respeito ao uso de insetos como alimentação na aquicultura. O aumento do interesse nos insetos como fonte alternativa de proteína deve-se, provavelmente, ao aumento do custo e à disponibilidade limitada de farinha de peixe, que é o ingrediente proteico ideal para alimentação de animais aquáticos. O mesmo ocorre com a alimentação para o gado. A farinha de soja utilizada apresenta alta digestibilidade, alta qualidade e o melhor perfil de aminoácidos dentre as fontes de proteínas vegetais disponíveis. Porém, torna-se necessário concluir a dieta, adicionando alguns aminoácidos específicos ou uma proteína de alto valor biológico que apresente um equilíbrio entre aminoácidos essenciais e não essenciais.

A ideia de escrever este E-book surgiu a partir da dificuldade que se tem de encontrar informações acerca do tema insetos na alimentação animal no Brasil. Apesar de nosso país estar incluído na lista dos que praticam entomofagia devido à quantidade de povoados indígenas em nossas terras, ainda é pequeno o número de pesquisas que desenvolvemos por aqui, quando comparado a outros países. Da mesma maneira, o número de empresas que se dedicam à criação e ao processamento de insetos para alimentação animal, também, é pequeno. Diante desse cenário, o presente livro teve como objetivo fazer uma revisão acerca do tema insetos na alimentação animal, bem como algumas questões estão ligadas, indiretamente, ao assunto. Sustentabilidade, processamento, mercado, legislação, desafios e perspectivas futuras são alguns dos temas abordados nos onze capítulos escritos por profissionais de diferentes áreas. Por fim, a visão de uma empresa Brasileira do ramo traz uma versão

mais realista do mercado atual no Brasil. Esperamos que, de alguma maneira, o conteúdo, aqui reunido, seja de grande valia para projetos futuros acadêmicos e para futuros empreendimentos.

CAPÍTULO I

O USO DE INSETOS NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL

Andressa Jantzen da Silva Lucas*
Carlos Prentice (in memoriam)

1.1 INTRODUÇÃO

A produção de alimentos de origem animal torna-se cada vez mais cara em termos econômicos e ambientais. Esta situação é provocada, principalmente, pela elevação da demanda devido ao aumento da população humana e à maneira como estes vêm pressionando os recursos naturais e o ecossistema em busca de novas fontes proteicas (SÁNCHEZ-MUROS; BARROSO; DE HARO, 2016). A demanda por ração animal e ingredientes para ração tem aumentado da mesma forma e deve aumentar ainda mais devido aos mesmos motivos (VERBEKE; SANS; VAN LOO, 2015). A alimentação animal é considerada um dos aspectos mais caros de toda a cadeia que envolve a produção animal e é muito prejudicial do ponto de vista ambiental (FAO, 2004). Além disso, foi identificada como um dos principais contribuintes para a ocupação de terras aráveis, acidificação do solo, mudanças climáticas e uso de energia e água (MUNGKUNG *et al.*, 2013).

O uso de insetos, na alimentação animal, surge como uma fonte alternativa às já existentes. Sua inclusão, na dieta, justifica-se pelo fato de que esses artrópodes possuem um excelente valor nutritivo, sendo uma fonte rica de proteínas,

* Doutoranda na Escola de Química e Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande – FURG; andressalucas@furg.br

lipídios, minerais, vitaminas e fibras (LUCAS *et al.*, 2020; OLIVEIRA *et al.*, 2017). Não só podemos citar o alto valor nutritivo agregado, mas também e, principalmente, todos os benefícios que o consumo de insetos traz ao meio ambiente. Insetos comestíveis podem compensar o aumento da demanda por proteína de origem animal, evitando o desmatamento de florestas para uso como pastagem; possuem uma alta eficiência de conversão de alimentos em comparação com a pecuária convencional e são responsáveis por emissões relativamente baixas de gases de efeito estufa e amônia (POMA *et al.*, 2017).

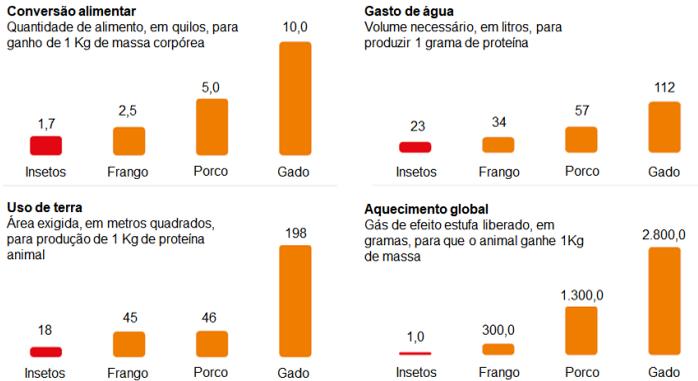
Neste capítulo, tentamos abordar, brevemente, o motivo de se utilizar insetos na alimentação animal, como seu uso impacta o meio ambiente e quais espécies animais podem ser alimentadas com insetos.

1.2 ASPECTOS ECOLÓGICOS E SUSTENTÁVEIS

Prevê-se que a população humana, na terra, cresça, exponencialmente, em um futuro próximo, alcançando a faixa de nove bilhões de habitantes até o ano de 2050, impactando, diretamente, no aumento da demanda por alimentos de origem animal. Para atender a essa crescente demanda, espera-se uma exaustão adicional dos recursos agrícolas, florestais, pesqueiros, hídricos e da biodiversidade acompanhada de impactos ambientais negativos (VAN HUIS *et al.*, 2013).

Nos últimos anos, o uso de insetos para alimentação foi proposto como uma solução promissora para uma futura crise no fornecimento de alimentos. A criação de insetos para alimentação humana e ração animal tem algumas vantagens significativas, como alto teor de proteínas, taxa efetiva de conversão alimentar, baixas emissões de gases de efeito estufa e baixos requisitos de água quando comparados com outras fontes (Figura 1.1) (VAN HUIS, 2020).

Figura 1.1 – Vantagens de se utilizar insetos como fonte de alimento quando comparadas com outras fontes



Fonte: Adaptado de Van Huis *et al.* (2013) e Chaves (2020)

Além disso, os insetos podem se alimentar de subprodutos orgânicos e de outras biomassas que não competem diretamente com o suprimento de alimento humano. Segundo Ramos-Elorduy (1997), os insetos são capazes de metabolizar resíduos orgânicos, realizando uma transformação significativa dos nutrientes presentes de baixa qualidade em substratos proteicos de alta qualidade, portanto podem ser utilizados na formulação de rações animais para galinhas, suínos, peixes, dentre outros. Os insetos são considerados ingredientes promissores para a alimentação animal porque contêm altos níveis de proteína de qualidade, ciclos de vida curtos e fáceis de produzir e manusear, dependendo do substrato usado para sua produção (GASCO; BIANCAROSA; LILAND, 2020). A diminuição do uso das principais fontes de proteína, na alimentação animal (farelo de peixe e farelo de soja), tem impactos ambientais significativos, uma vez que o cultivo da soja causa o desmatamento de áreas com alto valor biológico, alto consumo de água, utilização de pesticidas e fertilizantes e variedade transgênica, que causam deterioração ambiental significativa (GARCIA; ALTIERI, 2005).

1.3 NUTRIENTES CONTIDOS E BENEFÍCIOS À SAÚDE ANIMAL

Os insetos são uma importante fonte de alimento para animais e seres humanos e, por esse motivo, relatos de sua composição nutricional são encontrados em artigos de diversas áreas. As principais espécies consumidas são, por ordem de importância, besouros (Coleoptera); lagartas (Lepidoptera); formigas, abelhas e vespas (Hymenoptera); gafanhotos (Orthoptera); pulgões e cigarrinhas (Hemiptera); cupins (Isoptera), moscas (Diptera), dentre outros (STAMER, 2015).

O papel dos insetos, no bem-estar animal, pode ser um benefício adicional do uso de insetos na cultura animal de várias maneiras. Em geral, insetos comestíveis são considerados como boas fontes de proteínas, gorduras, fibras, vitaminas e minerais. O consumo de 100 g de lagartas, por exemplo, fornece 76% da quantidade diária necessária de proteínas e quase 100% da quantidade diária necessária de vitaminas (AGBIDYE; OFUYA; AKINDELE, 2009). Apenas três pupas do bicho-da-seda são consideradas tão ricas em nutrientes quanto um ovo de galinha; sua composição é de cerca de 50% de proteínas e 30% de lipídios (MITSUHASHI, 2010). A concentração de proteína, nas várias espécies de insetos, é, geralmente, muito elevada (50-70% em base seca) (SOSA; FOGLIANO, 2017) e apresentam um excelente perfil de aminoácidos e ácidos graxos (OLIVEIRA *et al.*, 2017). A principal vantagem dos insetos sobre outras fontes de proteína é o baixo custo ambiental da produção, que se torna essencial para satisfazer o aumento da demanda global proteica (VAN HUIS *et al.*, 2013).

A maior parte da atenção dada aos insetos como fonte de alimento concentra-se no conteúdo proteico dos mesmos. No entanto, os lipídios, também, são um componente principal dos insetos e podem ser obtidos durante o isolamento das proteínas (YI *et al.*, 2013; AMARENDER *et al.*, 2020). Geralmente, o conteúdo lipídico presente nos insetos varia de 10% a 50% do seu peso seco e apresentam maior quantidade de ácidos linoleica (18: 2 n-6) e α -linolênico (18: 3 n-3)

quando comparados a outras fontes (LUCAS *et al.*, 2020). O teor de ácidos graxos contido nos insetos está relacionado a diferentes fatores, como, por exemplo, o diferente estágio de vida destes artrópodes. Em estudo recente sobre como os diferentes estágios do desenvolvimento que interferem na composição proximal da barata cinérea (*Nauphoeta cinerea*), evidenciou-se tal afirmação, uma vez que o conteúdo lipídico, presente na ninfa do inseto, foi de 41,7%, quase o dobro do obtido no inseto adulto (22,5%) (LUCAS; OLIVEIRA; PRENTICE, 2019).

Estudos, também, demonstram que a quitina presente no exoesqueleto dos insetos pode trazer benefícios quando adicionada à alimentação animal. Por exemplo, foi demonstrado que a quitina aumentou o sistema imunológico de dourado (*Coryphaena hippurus*) (ESTEBAN *et al.*, 2000). A observação da atividade quitinolítica em peixes indica que a quitina ingerida pode ter uma função nutritiva substancial na ingestão de energia (FINES; HOLT, 2010). Porém, estudos sugerem que a determinação da digestibilidade da quitina, em diferentes animais e seu efeito na digestibilidade de outros nutrientes, é o primeiro passo a ser dado. Também, é necessário obter os níveis adequados ou aceitáveis de quitina na dieta. A quitosana, principal derivado da quitina, possui propriedades biológicas, como atividade antimicrobiana, antioxidante, anti-inflamatória, dentre outras (BAKSHIA *et al.*, 2020). Se o uso de insetos na alimentação animal expandir comercialmente, a obtenção da quitina como subproduto da criação dos insetos será muito mais sustentável e rentável em maior escala do que as fontes de obtenção atuais.

Maiores informações sobre os nutrientes contidos em diferentes espécies de insetos bem como seus conteúdos de minerais, aminoácidos essenciais, vitaminas, ácidos graxos, fibras e quitina podem ser encontradas na literatura (WILLIAMS *et al.*, 2016; RUMPOLD; SCHLÜTER, 2013; SÁNCHEZ-MUROS; BARROSO; MANZANO-AGUGLIARO, 2014).

1.4 EXEMPLO DE ANIMAIS QUE PODEM SER ALIMENTADOS COM INSETOS

Uma ampla gama de estudos comprovam a utilização de insetos como fonte de nutrientes de alta qualidade para ração animal (GASCO; BIANCAROSA; LILAND, 2020; GASCO; FINKE; VAN HUIS, 2018; RAMOS-ELORDUY, 1997; VAN HUIS, 2020; VARELAS; LANGTON, 2017; VERBEKE *et al.*, 2015), que podem ser substituídos, com sucesso, pelos ingredientes já utilizados (pescado, soja, outros). A Tabela 1.1 apresenta algumas das diferentes espécies animais que podem ser alimentadas com insetos. Entre os ingredientes utilizados para produzir alimentos compostos, os ricos em proteínas constituem a parte mais importante e cara da dieta (GASCO *et al.*, 2019). Recentemente, o *Tenebrio molitor* foi reconhecido como a principal espécie para a produção comercial de alimentos para animais (VAN HUIS, 2020). Sánchez-Muros, Barroso e de Haro (2016) avaliaram, em uma revisão detalhada, o potencial uso de insetos para alimentação animal. No estudo, foram citadas 24 espécies de insetos pertencentes a 6 ordens diferentes (Blattodea, Coleoptera, Diptera, Isoptera, Lepidoptera e Orthoptera) como sendo possíveis de utilização. Grande parte dos insetos estudados foram das espécies pertencentes às ordens Diptera (48%) e Lepidoptera (29%). Na pecuária e na aquicultura, predominaram os experimentos com mosca doméstica (*Musca domestica*) e bicho-da-seda (*Bombyx mori*). Além disso, estudos que utilizaram outras espécies, como, por exemplo, mosca-preta, (*Hermetia illucens*) e tenébrio comum (*Tenebrio molitor*), também, são comuns. Bichos-da-seda, gafanhotos, larvas de moscas e grilos podem servir de alimento com segurança para avicultura, sem comprometer a qualidade final da carne (GONÇALVES; BASTOS, 2014). No entanto, quando o assunto é a inserção de insetos na alimentação animal cabe salientar que alguns animais já possuem estes artrópodes como parte natural de sua dieta.

Makkar *et al.* (2014), em estudo intitulado “*State-of-the-art on use of insects as animal feed*”, coletaram

e sintetizaram informações disponíveis sobre as cinco principais espécies de insetos estudadas em relação ao potencial uso de larvas de mosca de soldado negro, mosca doméstica, tenébrio comum, bicho-da-seda e gafanhotos como substitutos da farinha de soja e da farinha de peixe nas dietas de aves, suínos, espécies de peixes e ruminantes. Os estudos realizados confirmaram que os insetos podem substituir de 25 a 100% da farinha de soja ou farinha de peixe, dependendo da espécie do animal. Porém, a maioria dos insetos é deficiente em cálcio, metionina e lisina, necessitando a suplementação dos mesmos, especialmente, para animais em crescimento e galinhas poedeiras.

Tabela 1.1 – Algumas espécies animais que podem ser alimentadas com insetos

Animal	Inseto	Referência
Suínos, aves, pescado, crustáceos, crocodilos, sapos	Larvas de mosca de soldado negro (<i>Hermetia illucens</i>)	
Suínos, aves, aves de corte, galinhas poedeiras, peixes, crustáceos, roedores	Mosca doméstica (<i>Musca domestica</i>)	Makkar <i>et al.</i> (2014)
Porcos, aves de corte, galinhas poedeiras, peixes	Tenébrio comum (<i>Tenebrio molitor</i>)	
Aves, suínos, peixes e bovinos	Larvas de mosca de soldado negro (<i>Hermetia illucens</i>)	Tomberlin e Van Huis (2020)
Aves, suínos, peixes e animais domésticos	Larvas de mosca de soldado negro (<i>Hermetia illucens</i>)	
Aves de corte	Tenébrio comum (<i>Tenebrio molitor</i>) e tenébrio gigante (<i>Zophobas morio</i>)	Van Huis (2020)

Animal	Inseto	Referência
Aves	Gafanhotos, grilos, baratas, cupins, percevejos, cigarras, pulgões, besouros, lagartas, moscas, abelhas, vespas e formigas	Ravindran e Blair (1993)
Peixes	Larvas de mosca de soldado negro (<i>Hermetia illucens</i>), mosca doméstica (<i>Musca domestica</i>) e tenébrio comum (<i>Tenebrio molitor</i>)	Llagostera <i>et al.</i> (2019)
Aves	Barata americana (<i>Periplaneta americana</i>), Tenébrio comum (<i>Tenebrio molitor</i>), larvas de mosca de soldado negro (<i>Hermetia illucens</i>), mosca doméstica (<i>Musca domestica</i>), bicho-da-seda (<i>Bombyx mori</i>), grilo comum (<i>Acheta domesticus</i>)	Sánchez-Muros, Barroso e de Haro (2016)
Moluscos	Bicho-da-seda (<i>Bombyx mori</i>)	Cho (2010)

Estudos, também, comprovam a qualidade proteica dos insetos para uso em rações para cães e gatos, embora se estime que 6% da dieta de gatos selvagens já seja composta de insetos (PLANTINGA; BOSCH; HENDRIKS, 2011; BOSCH *et al.*, 2014). No entanto, ainda pouco, se sabe sobre os possíveis riscos do consumo de insetos por animais. Diversos estudos e revisões se referem a possíveis riscos

de segurança química e microbiológica, riscos de alergenicidade, deficiências em aminoácidos específicos ou problemas de digestibilidade e palatabilidade, a maioria dos quais ainda não bem compreendido ou totalmente gerenciável (CHARLTON *et al.*, 2015; RUMPOLD; SCHLÜTER, 2013).

1.5 CONCLUSÃO

Atualmente, existe um interesse crescente nos insetos como fonte de alimentos para animais e humanos. Os estudos revisados, neste capítulo, mostram o grande potencial que os insetos têm como uso em ração animal. Até agora, as espécies de insetos testadas, em alimentos para animais, são limitadas, portanto o número de espécies de insetos avaliadas e criadas para esse fim deve aumentar ainda mais. Ficou evidente que o uso destes artrópodes pode trazer muitos benefícios ao meio ambiente à medida que são necessários menos recursos, como por exemplo, a água, durante sua criação e processamento. Também, é notável que a composição nutricional dos insetos permite a substituição completa de algumas refeições de origem vegetal, como, por exemplo, a soja utilizada nas rações. É importante destacar que o uso da quitina/quitosana presente nos insetos como componente da ração ainda precisa ser mais explorado e estudado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGBIDYE, F. S.; OFUYA, T. I.; AKINDELE, S. O. Marketability and nutritional qualities of some edible forest insects in Benue State, Nigeria. **Pakistan Journal of Nutrition**, v.8, p.917-922, 2009.
- AMARENDER, R. V.; BHARGAVA, K.; DOSSEY, A. T.; GAMAGEDARA, S. Lipid and protein extraction from edible insects – Crickets (*Gryllidae*). **LWT – Food Science and Technology**, v.125, p.109222, 2020.
- BAKSHIA, P. S.; SELVAKUMARA, D.; KADIRVELUB, K.; KUMARA, N. S. Chitosan as an environment-friendly biomaterial – A review on recent modifications and applications. **International Journal of Biological Macromolecules**, v.150, p.1072-1083, 2020.

- BOSCH, G., ZHANG, S., OONINCX, D. G. A. B., & HENDRIKS, W. H. Protein quality of insects as potential ingredients for dog and cat foods. **Journal of Nutrition Sciences**, v.3, p.e29, 2014.
- CHARLTON, A. J.; DICKINSON, M.; WAKEFIELD, M. E.; FITCHES, E.; KENIS, M.; HAN, R.; ZHU, F.; KONE, N.; GRANT, M.; DEVIC, E.; BRUGGEMAN, G.; PRIOR, R.; SMITH, R. Exploring the chemical safety of fly larvae as a source of protein for animal feed. **Journal of Insects as Food Feed**, v.1, p.7-16, 2015.
- CHAVES, L. R. Insetos comestíveis. **Pesquisa FAPESP**, 2020. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/insetos-comestiveis/> Acesso em 24/07/2020.
- CHO, S. H. Effect of fishmeal substitution with various animal and/or plant protein sources in the diet of the abalone *Haliotis discus hannai* Ino. **Aquaculture Research**, 41, e587-e593.
- ESTEBAN, M. A.; MULERO, V.; CUESTA, A.; ORTUÑO, J.; MESEGUER, J. Effects of injecting chitin particles on the innate immune response of gilthead seabream (*Sparus aurata* L.). **Fish Shellfish Immunology**, v.10, p.543-554, 2000.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) 2004. **Protein Sources for the Animal Feed Industry**, FAO Animal Production and Health Proceedings. FAO, Bangkok. Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-y5019e.pdf> Acesso em: 24/07/2020.
- FINES, B. C.; HOLT, G. J. Chitinase and apparent digestibility of chitin in the digestive tract of juvenile cobia *Rachycentron canadum*. **Aquaculture**, v.303, p.34-39, 2010.
- GARCIA, M. A.; ALTIERI, M. A.. Transgenic crops: implications for biodiversity and sustainable agriculture. **Bulletin of Science, Technology & Society**, 25, 335-353, 2005.
- GASCO, L.; BIANCAROSA, I.; LILAND, N. S. From waste to feed: a review of recent knowledge on insects as producers of protein and fat for animal feeds. **Green and Sustainable Chemistry**, 2020. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2020.03.003>.
- GASCO, L.; BIASATO, I.; DABBOU, S.; SCHIAVONE, A.; GAI, F. Animals fed insect-based diets: state-of-the-art on digestibility, performance and product quality. **Animals**, v.9, p.170, 2019.
- GASCO, L.; FINKE, M.; VAN HUIS, A. Can diets containing insects promote animal health? **Journal of Insects as Food and Feed**, v.4, p.1-4, 2018.

- GONÇALVES, A. S.; BASTOS, J. A. B. Insetos na alimentação animal. [S. l.]: Virtual Books, 2014. Disponível em: <http://www.crmvmg.gov.br/RevistaVZ/Revista22.pdf>. Acesso em: 14/07/ 2020.
- LLAGOSTERA, P. F.; KALLAS, Z.; REIG, L.; GEA, D. A. The use of insect meal as a sustainable feeding alternative in aquaculture: Current situation, Spanish consumers' perceptions and willingness to pay. **Journal of Cleaner Production**, v.229, p.10-21, 2019.
- LUCAS, A. J. S.; OLIVEIRA, L. M.; DA ROCHA, M.; PRENTICE, C. Edible insects: an alternative of nutritional, functional and bioactive compounds. **Food Chemistry**, v.311, p.126022, 2020.
- LUCAS, A. J. S.; OLIVEIRA, L. M.; PRENTICE, C. Como os diferentes estágios do desenvolvimento interferem na composição proximal da barata cinérea (*Nauphoeta cinerea*). **Brazilian Journal of Development**, v.5, p.32510-32516, 2019.
- MAKKAR, H. P. S.; TRAN, G.; HEUZE, V.; ANKERS, P. State-of-the-art on use of insects as animal feed. **Animal Feed Science and Technology**, 2014. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.07.008>
- MITSUHASHI, J. The future use of insects as human food. In: FOREST INSECTS AS FOOD: HUMANS BITE BACK. PROCEEDINGS OF A WORKSHOP ON ASIA-PACIFIC RESOURCES AND THEIR POTENTIAL FOR DEVELOPMENT. **Anais...** Bangkok: FAO, 2010. p.115-122.
- MUNGKUNG, R.; AUBIN, J.; PRIHADI, T. H.; SLEMBROUCK, J.; VAN DER WERF, H. M. G.; LEGENDRE, M. Life Cycle Assessment for environmentally sustainable aquaculture management: a case study of combined aquaculture systems for carp and tilapia. **Journal of Cleaner Production**, v.57, p.249-256, 2013.
- OLIVEIRA, L. M.; LUCAS, A. J. S.; CADAVAL, C. L. SALAS-MELLADO; M. M. Bread enriched with flour from cinereous cockroach (*Nauphoeta cinerea*). **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v.44, p.30-35, 2017.
- 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. **British Journal of Nutrition**, v.106, p.S35-S48, 2011.
- POMA, G.; CUYKX, M.; AMATO, E.; CALAPRICE, C.; FOCANT, J. F.; COVACI, A. Evaluation of hazardous chemicals in edible insects and insect-based food intended for human consumption. **Food and Chemical Toxicology**, v.100, p.70-79, 2017.

- RAMOS-ELORDUY, J. Insects: A sustainable source of food? **Ecology of Food and Nutrition**, v.36, p.247-276, 1997.
- RAVINDRAN, V.; BLAIR, R. Feed resources for poultry production in Asia and the Pacific. III. Animal protein sources. **World's Poultry Science Journal**, v.49, p.219-235, 1993.
- RUMPOLD, B. A.; SCHLÜTER, O. K. Nutritional composition and safety aspects of edible insects. **Molecular Nutrition & Food Research**, v.57, p.802-823, 2013.
- SÁNCHEZ-MUROS, M. J.; BARROSO, F. G.; DE HARO, C. Brief Summary of Insect Usage as an Industrial Animal Feed/Feed Ingredient. In: **Insects as sustainable food ingredients**, 1.ed. New York: Elsevier, 2016. cap.10.
- SÁNCHEZ-MUROS, M.-J.; BARROSO, F. G.; MANZANO-AGUGLIARO, F. Insect meal as renewable source of food for animal feeding: a review. **Journal of Cleaner Production**, v.65, p.16-27, 2014.
- SOSA, D. A. T.; FOGLIANO, V. Potential of insect-derived ingredients for food applications. In: SCHIELDS, V. D. C. **Insect physiology and ecology**. InTech. 2017.
- STAMER, A. Insect proteins-a new source for animal feed: The use of insect larvae to recycle food waste in high-quality protein for livestock and aquaculture feeds is held back largely owing to regulatory hurdles. **EMBO Reports**, v.16, p.676-80, 2015.
- TOMBERLIN, J. K.; VAN HUIS, A. Black soldier fly from pest to 'crown jewel' of the insects as feed industry: an historical perspective. **Journal of Insects as Food and Feed**, v.6, p.1-4, 2020.
- VAN HUIS, A. Insects as food and feed, a new emerging agricultural sector: a review. **Journal of Insects as Food and Feed**, v.6, p.27-44, 2020.
- VAN HUIS, A.; VAN ITTERBEECK, J.; KLUNDER, H.; MERTENS, E.; HALLORAN, A.; MUIR, G.; VANTOMME, P. Edible Insects. Future Prospects for Food and Feed Security. FAO: Rome, 201p., 2013. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/018/i3253e/i3253e00.htm> Acesso em: 18/07/2020.
- VARELAS, V.; LANGTON, M. Forest biomass waste as a potential innovative source for rearing edible insects for food and feed – A review. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v.41, p.193-205, 2017.

VERBEKE, W.; SANS, P.; VAN LOO, E. J. Challenges and prospects for consumer acceptance of cultured meat. **Journal of Integrative Agriculture**, v.14, p.285-294, 2015.

WILLIAMS, J. P.; WILLIAMS, J. R.; KIRABO, A.; CHESTER, D.; PETERSON, M. Nutrient Content and Health Benefits of Insects. In: **Insects as sustainable food ingredients**, 1.ed. New York: Elsevier, 2016. cap. 3.

YI, L. Y.; LAKEMOND, C. M. M.; SAGIS, L. M. C.; EISNER-SCHADLER, V.; VAN HUIS, A.; VAN BOEKEL, M. A. J. S. Extration and characterisation of protein fractions from five insect species. **Food Chemistry**, v.141, p.3341-3348, 2013.

CAPÍTULO II

NECESSIDADES NUTRICIONAIS DE INSETOS PARA SEREM USADOS COMO FONTE ALIMENTAR

Anelise Christ-Ribeiro*

2.1 INTRODUÇÃO

O crescimento da população mundial está estimado em 9,7 bilhões de pessoas até o ano de 2050 (UNITED NATIONS, 2019) e tem gerado preocupação em vários setores, principalmente, quanto à demanda por alimentos (FUKASE; MARTINS, 2020). Essa projeção acarreta no aumento na produção e no consumo de alimentos e, conseqüentemente, de carnes, uma vez que esta é a fonte proteica preferida da maioria dos consumidores (GANDHI; ZHOU, 2014). Para a criação dessas fontes proteicas de origem animal, a demanda da produção de cereais e seus subprodutos utilizados como nutrientes em rações vêm aumentando, e continuará necessitando de recursos limitados, como terra, água e energia, além de ocasionar impactos ambientais, poluição das águas e geração de resíduos (DICKE, 2019).

Nesse contexto, adotar alternativas buscando a implementação de um sistema sustentável é uma tendência mundial. Atualmente, encontrar matérias-primas sustentáveis é um grande obstáculo e se tornou uma prioridade entre as partes interessadas na alimentação. Portanto, um recurso viável e sustentável é a utilização de rejeitos alimentares

* Professora substituta na Escola de Química e Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande – FURG; anelise.christ@gmail.com

para cultivar larvas de insetos, podendo ser utilizados na alimentação animal (CHRIST-RIBEIRO *et al.*, 2017).

Muitas espécies de insetos podem converter eficientemente e com baixo impacto ambiental, resíduos alimentares típicos, com valores relativamente baixos de proteínas e lipídios. Sendo assim, a produção de insetos pode se tornar um fluxo de ingredientes alimentares de alta qualidade, sendo utilizados em formulações para ração animal. Atualmente, o campo de uso de insetos como ingredientes alimentares é bastante atual e abrange diversas áreas, sendo que algumas pesquisas demonstram que os insetos são boas fontes de aminoácidos, minerais, e ácidos graxos (GASCO; BIANCAROSA; LILAND, 2020).

Portanto, o objetivo deste capítulo é descrever as necessidades nutricionais de insetos e avaliar dietas alternativas disponíveis que sejam eficientes, visando a uma maior sustentabilidade na alimentação, na criação de insetos e, conseqüentemente, no enriquecimento nutricional dos insetos para utilização em ração animal.

2.2 NECESSIDADES NUTRICIONAIS

Todo o organismo vivo necessita de alguns compostos para seu desenvolvimento e manutenção, e essa característica não poderia ser diferente para os insetos. É sabido que esses possuem necessidades nutricionais específicas, dependendo de cada espécie, mas que alguns componentes são básicos para a sua nutrição. Os principais macronutrientes necessários para seu desenvolvimento são carboidratos, lipídios e proteínas, enquanto os micronutrientes necessários incluem esteróis, vitaminas e minerais (VARELAS; LANGTON, 2017).

Para o crescimento e desenvolvimento normal dos insetos, estudos mostram a importância de minerais na alimentação, como K, P, Mg, Na, Ca, Cu e Zn, tendo como função, por exemplo, processos de esclerotização e mineralização de cutículas que fazem parte da composição corporal, da manutenção do equilíbrio iônico e como cofatores de sistemas enzimáticos, garantindo diversas funcionalidades

às células desses insetos. Devido aos minerais, compostos inorgânicos que podem formar sais e comumente solúveis em água, não podem ser sintetizados pelo organismo, ou seja, é necessário obtê-los por meio da alimentação. Os insetos necessitam de níveis consideráveis desses elementos, cujas funções estão relacionadas ao seu crescimento e ao desenvolvimento e pode alterar de acordo com cada espécie. Os minerais atuam na manutenção do equilíbrio iônico e como cofatores de sistemas enzimáticos, garantindo diversas funcionalidades às células desses insetos. Por exemplo, o K é essencial às ações de impulsos nervosos e musculares, assim como o Na, estando envolvidos na regulação do pH das células e fluidos corporais (LEITE, 2011, KOHLMEIER, 2015).

O Ca tem, tanto quanto para os ossos dos vertebrados, papel importante na ligação de moléculas presentes nas estruturas dos invertebrados, além da atuação como cofator em diversas reações enzimáticas. O tamanho do corpo de insetos adultos, que é influenciado pela composição da dieta fornecida durante seu desenvolvimento, está correlacionado com características, como: fecundidade, longevidade, resistência ao estresse e sucesso no acasalamento (CORRÊA, 2006, KOMAYA; MIRTH, 2018).

Como em outros seres vivos, para insetos, os lipídeos desempenham diversas funções, como constituintes de estruturas celulares, atuam como hormônios e formam importantes reservas energéticas e colesterol, fundamentais em algumas situações de grande demanda metabólica, tais como, o voo e a produção de ovos, e atuam como uma barreira para a conservação de água na cutícula. Alguns estudos com insetos mostraram que as células intestinais absorvem, preferencialmente, ácido oleico (18:1), seguido pelo ácido palmítico (16:0) e pelo ácido esteárico. Além disso, os insetos são incapazes de sintetizar esteróis, composto importante para a fisiologia e constitui componentes de membranas subcelulares, precursores de hormônios, constituintes da cera superficial da cutícula e constituintes de moléculas transportadoras de lipoproteína. Os insetos

obtêm esteróis do colesterol e fontes importantes deste composto incluem fitoesteróis vegetais e ergosterol de fungos. Os fosfolípidios são sintetizados por insetos e desempenham um papel importante na transferência de lípidios e na síntese de vitelina e de outras lipoproteínas (ATELLA, MAJEROWICZ, GONDIM, 2012, VARELAS; LANGTON, 2017).

Carboidratos, principalmente monossacarídeos e dissacarídeos, são necessários como fonte de energia, mas também necessários para a configuração da quitina, um polissacarídeo amino responsável pela formação do exoesqueleto. Alguns insetos ainda possuem um sistema digestivo peculiar, que atuam de diferentes maneiras e hidrolisam cadeias de compostos mais complexos (hemicelulose, lignina, polissacarídeos, amido, pectina, e entre outros), resultando em fontes de carboidratos de forma complexa mais simples. Em relação às vitaminas, os insetos são incapazes de sintetizá-las, por isso devem ser ingeridas através da dieta, e são importantes na atuação como fatores de crescimento e são agrupados de acordo com sua solubilidade em água e lípidios (VARELAS; LANGTON, 2017).

Estudos mostram que dietas influenciam, diretamente, no desenvolvimento e no desempenho dos insetos. Dietas ricas em nutrientes como proteínas e, em especial, em alguns aminoácidos essenciais podem melhorar o desempenho dos insetos quanto ao seu desenvolvimento, podendo influenciar, diretamente, a fisiologia do inseto. Para isso, devem ser fornecidos 10 aminoácidos essenciais que os insetos não podem sintetizar (leucina, isoleucina, valina, treonina, lisina, arginina, metionina, histidina, fenilalanina e triptofano). Outros aminoácidos podem ser sintetizados, mas em quantidades insuficientes, e um alto consumo de energia é necessário para sua síntese, destacando-se a tirosina neste caso, que é componente principal da esclerotina. Alguns estudos destacaram que a ausência de alguns aminoácidos, entre eles, alanina, ácido aspártico, cistina, ácido glutâmico, glicina, prolina, serina e tirosina causam atraso no desenvolvimento larval, o que pode ser refletido em baixa porcentagem de pupação. A prolina é necessária para o desenvolvimento

e como fonte de energia que pode afetar o desempenho sexual (MORELLI *et al.*, 2012, VARELAS; LANGTON, 2017).

Não se pode deixar de observar as características da hemolinfa, principal via de translocação de nutrientes ao redor do corpo do inseto e um importante local para armazenamento dos mesmos, ou seja, um meio enriquecido de compostos. Os principais solutos da hemolinfa são carboidratos (dissacarídeo trealose, e outros açúcares como glicose) e álcoois de açúcar, como manitol e sorbitol em alguns insetos. A hemolinfa, também, contém aminoácidos livres, bem como vários peptídeos e proteínas. As concentrações desses nutrientes podem variar amplamente, por exemplo, com a idade, sexo e estado reprodutivo do inseto, bem como dieta e temperatura, mas permanecem dentro de uma faixa compatível com a nutrição dos órgãos dos insetos. Comparando os compostos presentes em cada animal, a hemolinfa do inseto é nutricionalmente muito diferente do sangue dos mamíferos por manter concentrações muito mais altas e mais variáveis de açúcares e aminoácidos (BLOW; DOUGLAS, 2019).

Apesar do conhecimento acerca da digestão de lipídeos em insetos ainda ser bastante limitado, especialmente quando se considera a enorme variação nos tipos de alimentação desses organismos, pode-se observar a importância da composição equilibrada de nutrientes na dieta dos insetos. Dietas balanceadas influenciam positivamente diversas características na estrutura corporal e fisiologia, acarretando vantagens no conhecimento das necessidades nutricionais, tanto do inseto a ser cultivado quanto da dieta a ser fornecida.

2.3 NUTRIENTE NO ESTÁGIO DO INSETO

Em alguns insetos, a ingestão alimentar acontece, de maneira distinta, devido a cada fase do desenvolvimento que o animal se encontra. Os insetos, geralmente, são divididos em dois grupos, de acordo com sua estratégia de ciclo de vida. O grupo mais abundante de espécies holometábolos sofre metamorfose completa, incluindo quatro

estágios de vida (ovo, larva, pupa e imago). As espécies hemimetábolicas não têm estágio pupal (KULMA *et al.*, 2020).

A nutrição altera o tamanho do corpo ao afetar as taxas de crescimento e, também, ao modificar a duração do período juvenil; nessa etapa, é importante a qualidade da dieta consumida pelo inseto. Em insetos hemimetábolos, o período juvenil termina quando a ninfa de último instar muda para um adulto, marcando, assim, a cessação do crescimento. Em insetos holometabolous, o período juvenil termina no início da metamorfose quando a alimentação para a diferenciação do corpo adulto começa. Em ambos os casos, a duração do período ninfal ou larval determina a duração do período de crescimento (KOMAYA; MIRTH, 2018).

Dentre alguns estágios dos insetos, chama a atenção a diapause que apresenta vários desafios interessantes para o armazenamento e utilização de nutrientes. Comumente, duram de 9 a 10 meses, e a maioria dos insetos que passam pela diapausa não se alimentam durante esse processo. Isso implica que o inseto deve sequestrar reservas suficientes no período prévio para atender às suas necessidades metabólicas e, ainda, ter reservas suficientes restantes, no final, para completar o desenvolvimento e retomar a atividade. Um dos fatores desta fase é a depressão do metabolismo, e uma forma de reserva de nutriente mais importante é o lipídeo, que atende à demanda energética durante a diapausa. Ou seja, não há uma cessação completa do desenvolvimento, ocorrem trocas gasosas, metabolismo de nutrientes, resistência ao estresse e expressão do gene; os insetos diapausadores passam por uma série graduada de estágios de desenvolvimento fisiologicamente distintos, incluindo indução, preparação, iniciação, manutenção, rescisão, e às vezes quiescência pós-diapausa; essas atividades durante esse período são sustentadas pelas reservas energéticas adquiridas antes deste processo (HAHN; DENLINGER, 2007).

Algumas espécies, quando na fase adulta, precisam ingerir nutrientes para manter suas capacidades reprodutivas; para outras, que não suprimam suas necessidades em uma fase imatura, como, por exemplo, fontes de aminoácidos

e carboidratos, é essencial a obtenção destes nutrientes para o desenvolvimento completo do inseto. Os insetos sofrem muitas mudanças morfológicas e anatômicas que estão, frequentemente, relacionados com mudanças nos hábitos alimentares durante o desenvolvimento (KULMA *et al.*, 2020).

2.4 FONTES ALTERNATIVAS COMO NUTRIENTES PARA INSETOS

Em alguns insetos, a ingestão alimentar acontece, de maneira distinta, devido a cada fase do desenvolvimento que o animal se encontra. Os insetos, geralmente, são divididos em dois grupos, de acordo com sua estratégia de ciclo de vida. O grupo mais abundante de espécies holometábolos sofre metamorfose completa, incluindo quatro estágios de vida (ovo, larva, pupa e imago). As espécies hemimetábricas não têm estágio pupal (KULMA *et al.*, 2020).

A nutrição altera o tamanho do corpo ao afetar as taxas de crescimento e, também, ao modificar a duração do período juvenil; nessa etapa, é importante a qualidade da dieta consumida pelo inseto. Em insetos hemimetábolos, o período juvenil termina quando a ninfa de último instar muda para um adulto, marcando, assim, a cessação do crescimento. Em insetos holometábolos, o período juvenil termina no início da metamorfose quando a alimentação para e a diferenciação do corpo adulto começa. Em ambos os casos, a duração do período ninfal ou larval determina a duração do período de crescimento (KOMAYA; MIRTH, 2018).

Dentre alguns estágios dos insetos, chama a atenção a diapause que apresenta vários desafios interessantes para o armazenamento e utilização de nutrientes. Comumente, duram de 9 a 10 meses, e a maioria dos insetos que passam pela diapause não se alimentam durante esse processo. Isso implica que o inseto deve sequestrar reservas suficientes no período prévio para atender às suas necessidades metabólicas e, ainda, ter reservas suficientes restantes, no final, para completar o desenvolvimento e retomar a atividade. Um dos fatores desta fase é a depressão do metabolismo, e uma forma de reserva de nutriente mais importante é o lipídeo, que atende

à demanda energética durante a diapausa. Ou seja, não há uma cessação completa do desenvolvimento, ocorrem trocas gasosas, metabolismo de nutrientes, resistência ao estresse e expressão do gene; os insetos diapausadores passam por uma série graduada de estágios de desenvolvimento fisiologicamente distintos, incluindo indução, preparação, iniciação, manutenção, rescisão, e, às vezes, quiescência pós-diapausa; essas atividades durante esse período são sustentadas pelas reservas energéticas adquiridas antes deste processo (HAHN; DENLINGER, 2007).

Algumas espécies, quando na fase adulta, precisam ingerir nutrientes para manter suas capacidades reprodutivas; para outras, que não supriram suas necessidades em uma fase imatura, como, por exemplo, fontes de aminoácidos e carboidratos, é essencial a obtenção desses nutrientes para o desenvolvimento completo do inseto. Os insetos sofrem muitas mudanças morfológicas e anatômicas que estão, frequentemente, relacionados com mudanças nos hábitos alimentares durante o desenvolvimento (KULMA *et al.*, 2020).

Os insetos são conhecidos por sua capacidade de se especializarem em uma ampla diversidade de dietas, muitas das quais são pobres em nutrientes ou desequilibradas nutricionalmente. São inúmeras as fontes nutricionais de diversos insetos durante o ciclo de vida e podem utilizar como alimentos compostos presentes na madeira, no sangue de vertebrado, na seiva de plantas e entre outras dietas, algumas até extremas, com deficiências em vitaminas, esteróis e aminoácidos essenciais. Alguns deles conseguem se desenvolver devido à presença de microrganismos simbióticos que auxiliam na produção dos nutrientes limitantes da dieta (BOVERA *et al.*, 2018).

Em alguns países, somente alguns tipos de resíduos selecionados de origem vegetal são permitidos para produção de insetos, levando a algumas preocupações com a sustentabilidade, uma vez que produtos que podem ser usados como ração animal ou alimento humano terão maior impacto ambiental do que quando se utiliza rejeitos orgânicos (GASCO; BIANCAROSA; LILAND, 2020). Destaca-se a alta

eficiência de conversão alimentar dos insetos, uma vez que a utilização de subprodutos orgânicos de baixo valor nutricional agregado é metabolizado, convertendo em proteínas de alto valor presentes na composição do inseto. Devido a essa característica, são componentes valiosos de uma economia circular, podendo ser cultivados com resíduos alimentares ou na indústria de alimentos, convertendo resíduos em produtos proteicos de alto valor (BARTON, *et al.*, 2019, DICKE, 2019).

Dada a ampla variedade de espécies de insetos comestíveis, o valor nutricional dos insetos é altamente variável e dependem de muitos fatores, como a espécie, tecnologia de criação, a composição da ração fornecida, a origem dos insetos e sexo. Mesmo dentro do mesmo grupo de espécies, o valor nutricional pode variar, dependendo do estágio metamórfico do inseto e seu habitat (ZIELIŃSKA *et al.*, 2015, KULMA *et al.*, 2020).

2.5 TENDÊNCIAS E DESEMPENHOS DAS DIETAS

Apesar de alguns países apresentarem uma legislação mais rigorosa no fornecimento de dietas para insetos, tem havido uma busca contínua por fontes de nutrientes mais baratas e confiáveis. Assim, a cultura de microrganismos aplicados em substratos apropriados, como grãos de cereais, grãos residuais das indústrias cervejeiras e resíduos agrícolas resultou em biomassas com alto teor de proteína e demais nutrientes, próprios para uso como ingrediente na dieta de insetos. Porém, há custos adicionais subsequentes no processamento, como a secagem após uma fermentação úmida. Uma alternativa mais acessível é a utilização dos grãos de cereais atacados e destruídos por pragas de insetos. Pois, quando armazenados, alguns insetos utilizam como alimento e se reproduzem em grande número. Assim, com a consequência da deterioração dos grãos, esses insetos poderiam ser introduzidos como proteína adicionada além da que contém no grão e processados juntos, tornando um processo menos custoso e enriquecido naturalmente (ABASIEKONG, 1998, ZIELIŃSKA *et al.*, 2015).

Deve-se ressaltar que as tecnologias usadas para produzir insetos, ainda, estão em processo de modernização, e há um grande espaço para melhorias, tanto em relação ao tipo de substrato usado para cultivar insetos quanto à tecnologia envolvida em uma produção eficiente em larga escala. Existem vários estudos mostrando como é possível ser inovador com relação ao uso de resíduos locais, usando resíduos de alimentos de restaurantes, de frutas e vegetais ou substrato de resíduos de cozinha ou, até mesmo, de resíduos agroindustriais para produzir insetos. As concentrações em proteínas e outros nutrientes em todo o inseto é afetado pelo crescimento geral dos insetos em um determinado meio. É essencial conhecer a composição ideal da dieta das espécies de insetos selecionadas, pois uma dieta pobre em quantidade e qualidade de nutrientes pode levar a um tempo de produção prolongado e a uma retenção menos eficiente de nutrientes (GASCO; BIANCAROSA; LILAND, 2020).

Entre os ingredientes usados para produzir dietas para insetos, os ricos em proteínas constituem a parte mais importante e cara da dieta, cujo alguns insetos possuem exigências nutricionais que acabam tornando inviáveis a aplicação para a sua criação massal. No entanto, uma tendência geral observada é que a dieta proteica em si não será afetada em sua qualidade corporal, embora a quantidade ou proporção de proteína/gordura possa variar, ou seja, a fração proteica dos insetos permanecerá as mesmas, independentemente do substrato em que crescem, enquanto grandes alterações são observadas na fração lipídica (perfil de ácidos graxos), refletindo, principalmente, a composição lipídica do substrato (GASCO; BIANCAROSA; LILAND, 2020). Isso não impede que outros compostos como minerais, vitaminas, bioativos e demais nutrientes não alterem. Por exemplo, alguns estudos mostram que uma maior disponibilidade de Ca, na dieta, pode aumentar a matéria seca em 18 vezes de alguns insetos (WILLIAMS *et al.*, 2016). Cabe salientar que uma dieta enriquecida de nutrientes gera resultados notáveis quanto ao aprimoramento do crescimento, fisiologia entre outras características

importantes para avaliar o desempenho e influência da dieta nos insetos gerados.

2.6 COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL DOS INSETOS

Geralmente, os insetos são uma fonte disponível de proteínas, lipídios, carboidratos, vitaminas e minerais, como cálcio, ferro ou zinco. Esses compostos são inerentes à composição do animal, que serve de fonte de alimento promissora para ração animal. O conteúdo energético dos insetos é, em média, comparável ao da carne e, quanto ao conteúdo proteico, é melhor do que produtos alimentares comerciais enriquecidos com proteínas derivadas de leguminosas, termos de propriedades nutricionais por conter todos os aminoácidos essenciais. No entanto, faltam estudos explicando o efeito do processo térmico na digestibilidade de insetos e sua citotoxicidade (BOVERA *et al.*, 2018).

O seu conteúdo nutricional varia entre as espécies, mas, em geral, o conteúdo de proteínas é semelhante ao da carne convencional, enquanto os insetos contêm mais ácidos graxos insaturados. Além disso, o alto teor mineral. O teor de insetos, em comparação com a carne convencional, é particularmente interessante, considerando a prevalência mundial de deficiência de ferro e zinco. Alguns insetos já fazem parte de uma dieta natural para peixes, pássaros e alguns mamíferos; eles contêm altos níveis de proteínas e nutrientes essenciais, ideais para o crescimento animal (BOVERA *et al.*, 2018, DICKE, 2019). E isso demonstra a tendência da adequação dos insetos como fonte de nutrientes de alta qualidade para a alimentação animal.

Ao formular essa alimentação balanceada, a digestibilidade e o valor nutritivo dos ingredientes são de primordial importância para obter dietas capazes de atender às necessidades dos animais e otimizar desempenhos e custos. Ao usar ingredientes de insetos, é possível obter crescimento e desempenho animal comparáveis aos de outros ingredientes alimentares comumente usados. Há evidências substanciais de que o uso de dietas com refeições de insetos pode ter efeitos positivos no sistema imunológico

e na microbiota dos animais. No entanto, mais estudos devem ser realizados quanto à qualidade de produtos de animais, utilizando o inseto como alimento. O aumento da saúde intestinal se deu pela ingestão da quitina, cuja sua digestão é auxiliada por microrganismos que causam este efeito positivo, dentre eles, imunoestimulantes. Produtos derivados de insetos, também, demonstraram ter efeitos antimicrobianos (GASCO; BIANCAROSA; LILAND, 2020).

2.7 CONCLUSÃO

Relatórios recentes mostram que dietas fornecidas para insetos podem aprimorar sua composição nutricional. Dietas enriquecidas com macronutrientes, como carboidratos, lipídios e proteínas e micronutrientes, como vitaminas e minerais, possuem papel fundamental no enriquecimento estrutural e nutricional dos insetos. Além disso, contribui à segurança alimentar global, minimizando usos da terra e da água e usufruindo da sustentabilidade da criação, o que é, atualmente, uma tendência mundial.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABASIEKONG, S. F. Effect of insect culture on the nutrient composition of grain maize. **Bioresource Technology**, v. 66, p. 59-61, 1998.

ATELLA, G. C., MAJEROWICZ, D. E GONDIM, K. C. (2012). **Metabolismo de Lipídeos**. Capítulo 6. Tópicos Avançados em Entomologia Molecular. Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Entomologia Molecular.

BARTON, P. S.; STRONG, C.; EVANS, M. J.; HIGGINS, A.; QUAGGIOTTO, M-M. Nutrient and moisture transfer to insect consumers and soil during vertebrate decomposition. **FoodWebs**, v. 18, e00110, 2019.

BOVERA, F., LOPONTE, R., PERO, M. E., CUTRIGNELLI, M. I., CALABRÒ, S., MUSCO, N., ... MONIELLO, G. Laying performance, blood profiles, nutrient digestibility and inner organs traits of hens fed an insect meal from *Hermetia illucens* larvae. **Research in Veterinary Science**, v. 120, p. 86-93, 2018.

- BLOW, F.; DOUGLAS, A. E. The hemolymph microbiome of insects. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 41, p. 193-205, 2017.
- CHRIST-RIBEIRO, A.; GRAÇA, C. DA S.; CHIATTONI, L. M.; MASSAROLO, K. C.; DUARTE, F. A.; MELLADO, M. DE LAS S.; SOARES, L. A. DE S. Fermentation process in the availability of nutrients in rice bran. **RR: J Microbiol Biotechnol.** v. 6(2), p. 45-52, 2017.
- CORRÊA, F. CRIAÇÃO EM LABORATÓRIO DE *Condyloirrhiza vestigialis* (GUENÉE, 1854) COM DIFERENTES DIETAS ARTIFICIAIS. Dissertação, 2006. Universidade Federal do Paraná.
- DICKE, M. Insects on the menu. **Comptes Rendus Biologies**, v. 342(7-8), p. 275-276, 2019.
- DOUGLAS, A. E. Microbial nutrient factories in insects on extreme diets. **Comptes Rendus Biologies**, v. 342(7-8), p. 260, 2019.
- FUKASE, E., MARTIN, W. Economic growth, convergence, and world food demand and supply. **World Development**, v. 132, 104954, 2020.
- GANDHI, V. P.; ZHOU, Z. Food demand and the food security challenge with rapid economic growth in the emerging economies of India and China. **Food Research International**, v. 63, p. 108-124, 2014.
- GASCO, L.; BIANCAROSA, I.; LILAND, N. S. From waste to feed: a review of recente knowledge on insects as producers of protein and fat for animal feeds. **Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry**, v. 23, p. 67-79, 2020.
- HAHN, D. A.; DENLINGER, D. L. Meeting the energetic demands of insect diapause: Nutrient storage and utilization. **Journal of Insect Physiology**, v. 53, p. 760-773, 2007.
- KOHLMEIER, M. Minerals and Trace Elements. In: **Nutrient Metabolism**. [s.l.] Elsevier, p. 673-807, 2015.
- KOYAMA, T.; MIRTH, C. K. Unravelling the diversity of mechanisms through which nutrition regulates body size in insects. **Current Opinion in Insect Science**, v. 25, p. 1-8, 2018.
- KULMA, M.; KOUŘIMSKÁ, L.; HOMOLKOVÁ, D.; BOŽIK, M.; PLACHÝ, V.; VRABEC, V. Effect of developmental stage on the nutritional value of edible insects. A case study with *Blaberus craniifer* and *Zophobas morio*. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 92, 103570, 2020.

LEITE, G. L. D. (2011). **Entomologia Básica**. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Ciências Agrárias. 46 p. Disponível em: https://www.ica.ufmg.br/wp-content/uploads/2017/06/ap_ent_basica.pdf Acesso em: 10/08/2020.

MORELLI, R.; COSTA, K. Z.; FAGIONI, K. M.; COSTA, M. L. Z.; NASCIMENTO, A.; PIMENTEL, R. M. A.; WALDER, J. M. M. (2012). New protein sources in adults diet for mass-rearing of *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, 55: 827-833.

UNITED NATIONS. **World Population Prospects: The 2019 Revision**. New York: United Nations. 2019.

VARELAS, V.; LANGTON, M. Forest biomass waste as a potential innovative source for rearing edible insects for food and feed – A review. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 41, p. 193-205, 2017.

ZIELIŃSKA, E.; BARANIAK, B.; KARAŚ, M.; RYBCZYŃSKA, K.; JAKUBCZYK, A. Selected species of edible insects as a source of nutrient composition. **Food Research International**, v. 77(3), p. 460-466, 2015.

WILLIAMS, J. P.; WILLIAMS, J. R.; KIRABO, A.; CHESTER, D.; PETERSON, M. Nutrient Content and Health Benefits of Insects. *Insects as Sustainable Food Ingredients*, p. 61-84, 2016.

CAPÍTULO III

INSETOS NA ALIMENTAÇÃO DE AVES

Juliana Machado Latorres*
Carlos Prentice (in memoriam)

3.1 INTRODUÇÃO

A crescente demanda por produtos de origem animal está diretamente relacionada ao crescimento da população humana (CHIA *et al.*, 2019). Estima-se que até 2050 ocorra um aumento de 60 a 70% no consumo de produtos de origem animal (MAKKAR *et al.*, 2014). A carne de aves é apontada como uma fonte proteica animal capaz de suprir essa demanda, sendo o Brasil o principal exportador global dessa proteína (ALLEGRETTI *et al.*, 2018).

A indústria avícola tem se expandido ao longo das últimas décadas (VAN HUIS *et al.*, 2013). Entretanto, um grande problema enfrentado por esse setor é o fornecimento de alimentos para esses animais, que devem conter todos os componentes necessários da dieta para que as aves cresçam de forma saudável, em um curto período de tempo (OYEGOKE; AKINTOLA; FASORANTI, 2006). O farelo de soja e a farinha de peixe são as fontes proteicas ofertadas nas rações para essas espécies. Entretanto, esses ingredientes são de alto custo para os produtores e, além disso, a disponibilidade global de terras para o cultivo de soja é limitada, e a superexploração marinha reduziu a abundância de pequenos peixes pelágicos forrageiros dos quais derivam

* Aluna de pós-doutorado na Escola de Química e Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande – FURG; julatorres@yahoo.com.br

a farinha de peixe (MARONO *et al.*, 2017; SÁNCHEZ-MUROS; BARROSO; DE HARO, 2016).

A agricultura de insetos é considerada como fonte alternativa para alimentação de aves (CUTRIGNELLI *et al.*, 2018). Em termos nutricionais, os insetos têm capacidade de garantir o fornecimento energético adequado, assegurando que esses animais cresçam de forma rápida e saudável (DOMINGUES *et al.*, 2020). Com relação aos aspectos econômicos e ambientais, a criação de insetos apresenta baixos requisitos de terra e água, reduzido impacto ecológico, além de contribuir para a economia circular ao converter resíduos orgânicos em ingredientes alimentares (ABRO *et al.*, 2020).

Diante disso, este capítulo faz uma abordagem geral sobre os benefícios da utilização de insetos na alimentação de aves.

3.2 BENEFÍCIOS NUTRICIONAIS DA INSERÇÃO DE INSETOS NA ALIMENTAÇÃO DE AVES

As aves são espécies monogástricas e necessitam de uma dieta com alta qualidade e quantidade proteica. Do ponto de vista nutricional, as rações desses animais devem apresentar elevado teor proteico, um perfil adequado de aminoácidos, alta digestibilidade, boa palatabilidade e não devem apresentar fatores antinutricionais (SÁNCHEZ-MUROS; BARROSO; MANZANO-AGUGLIARO, 2014).

Os insetos estão sendo considerados como uma boa fonte de nutrientes para a alimentação avícola, devido ao seu valor proteico, biológico e à composição balanceada de aminoácidos essenciais (WAITHANJI *et al.*, 2019). Além disso, a utilização de insetos, na alimentação de aves, é apontada como uma alternativa particularmente adequada, porque sua dieta "natural", geralmente, inclui insetos (BOVERA *et al.*, 2015).

Muitas são as espécies de insetos que estão inseridas na alimentação de aves. As farinhas obtidas de larvas de diferentes espécies de insetos, principalmente de *Tenebrio molitor* e *Hermetia illucens*, são apontadas como importantes fontes proteicas para alimentação de aves, devido

às respostas positivas sobre o crescimento desses animais, estado imunológico e qualidade da carne (BIASATO *et al.*, 2016; BOVERA *et al.*, 2015; MARONO *et al.*, 2017; OYEGOKE; AKINTOLA; FASORANTI, 2006). Ballitoc e Sangsoo (2013) estudaram o crescimento e as características de carcaça de frangos de corte quando alimentados com ração contendo diferentes concentrações (0, 0,5, 1, 2 e 10%) de *T. molitor* (larva-da-farinha), como substituição a ração comercial. Os autores concluíram que a suplementação com larvas do inseto contribuiu para o ganho de peso corporal dos frangos. Maurer *et al.* (2016) verificaram que o farelo de larvas de *Hermetia illucens* pode ser utilizado como a única fonte proteica da dieta de galinhas poedeiras, sem afetar a produção de ovos, o consumo de ração e a eficiência de conversão alimentar.

O conteúdo proteico dos insetos vem sendo estudado, e os resultados apontam uma ampla variação entre 7,5 e 91%, contendo, aproximadamente, 60% de proteína, em base seca, ou seja, desconsiderando o teor de umidade da composição (FINKE; OONINCX, 2014). Outro estudo aponta que os teores proteicos encontrados se assemelham aos teores proteicos da proteína vegetal (cerca de 36,5%), uma das fontes proteicas usuais na alimentação das aves (YI *et al.*, 2013).

Com relação aos aminoácidos essenciais, eles devem ser fornecidos na dieta das aves, porque as aves não podem sintetizá-los. De acordo com Veldkamp e Bosch (2015), algumas espécies de insetos, como a larva da farinha amarela (*T. molitor*), a mosca doméstica (*Musca domestica*) e a mosca soldado negra (*Hermetia illucens*) apresentam um perfil de aminoácidos semelhante ao perfil aminoacídico do farelo de soja, em termos de metionina ou metionina + cistina. A metionina é um aminoácido essencial, que desempenha papel fundamental para o desenvolvimento das aves, uma vez que esse aminoácido contribui para o crescimento das penas, síntese e decomposição de proteínas, influencia no peso, tamanho e produção de ovos (FAGUNDES *et al.*, 2020; FANATICO *et al.*, 2018).

Além de constituir uma importante fonte de aminoácidos essenciais, os insetos são considerados uma importante fonte de gordura bruta (FINKE; OONINCX, 2014). A literatura sugere que essa matéria-prima pode ser uma alternativa para substituir o óleo de soja, comumente utilizado na elaboração das rações de aves. O óleo de soja é um dos ingredientes energéticos mais utilizados na dieta de aves, devido ao seu alto teor de energia metabolizável, bem como à sua digestibilidade (KIEROŃCZYK *et al.*, 2018). Schiavone *et al.* (2018) avaliaram os efeitos da substituição parcial ou total do óleo de soja da dieta de frangos de corte por gordura de larva de mosca soldado negra (*Hermetia illucens*). Os resultados sugerem os experimentos realizados com a gordura do inseto não provocam efeitos adversos no desempenho de crescimento, características de carcaça, bem como na qualidade geral da carne dos frangos. Da mesma maneira, Kim *et al.* (2020) estudaram os efeitos do óleo de larva da mosca soldado negro como uma substituição parcial ou total do óleo de soja no desempenho do crescimento, perfil de ácidos graxos, e na qualidade da carne de frangos de corte, com idade entre 1 e 5 semanas. Os resultados encontrados indicam que a substituição do óleo de soja pelo óleo de inseto não apresentou efeito adverso no desempenho de crescimento e pode ser um ingrediente como fonte de gordura na dieta de frangos de corte, podendo ser um substituto promissor na dieta desses animais.

Os insetos, também, apresentam níveis consideráveis de minerais. São considerados uma importante fonte de ferro, cobre, magnésio, manganês, fósforo, selênio, zinco (FINKE; OONINCX, 2014). São espécies que apresentam níveis ricos em cálcio e fósforo, minerais esses que contribuem para estrutura esquelética das aves quando consumidos (MARONO *et al.*, 2017).

Além dos benefícios nutricionais apontados, os insetos são capazes de produzir peptídeos antimicrobianos (PAMs) (JÓZEFIAK; ENGBERG, 2017). Os PAMs são pequenos peptídeos catiônicos que apresentam um amplo sistema de defesa contra micro-organismos, bactérias, fungos (ERICKSON

et al., 2004). Benzertiha et al. (2020) estudaram o efeito de rações contendo *Tenebrio molitor* e *Zophobas morio* sobre o desempenho do crescimento dos frangos de corte e as características do sistema imunológico. Os autores verificaram que a adição de 0,2 e 0,3% de *T. molitor* e *Z. morio* à dieta de frangos de corte pode melhorar o desempenho do crescimento e alterar as características sistema imunológico, como os níveis de imunoglobulinas. Da mesma maneira, a farinha de larvas de *Hermetia illucens* pode ser considerada uma fonte de proteína atrativa para alimentação de galinhas poedeiras, melhorando seu estado imunológico, além de contribuir para uma maior produção de ovos sem efeitos negativos sobre a saúde do animal (MARONO et al., 2017). Islam e Yang (2017), também, observaram que os níveis de imunoglobulina de frangos de corte aumentaram após a suplementação de 0,4% de probióticos *T.molitor* e *Z. morio*, que foram obtidos pela fermentação de farinhas de insetos com *L. plantarum* e *S. cerevisiae*. De acordo com Lumeij (2008), as imunoglobulinas atuam como anticorpos e são sintetizadas em resposta aos antígenos.

Acredita-se que resposta imunológica das aves é afetada, positivamente, pela alimentação com insetos, devido aos consideráveis índices de quitina, um polissacarídeo presente no exoesqueleto dos artrópodes que estimula a resposta imune em vertebrados. Entretanto, é importante considerar que a quitina não é digerível por animais monogástricos, podendo afetar, negativamente, a digestibilidade da proteína (BOVERA et al., 2015; MARONO et al., 2017; (SÁNCHEZ-MUROS; BARROSO; MANZANO-AGUGLIARO, 2014).

Os benefícios nutricionais da inserção de insetos, na avicultura, evidenciam que a agricultura de insetos surge como uma importante fonte de nutrientes para criação de aves.

3.3 BENEFÍCIOS ECONÔMICOS DA INSERÇÃO DE INSETOS NA ALIMENTAÇÃO DE AVES

Sob o ponto de vista econômico alimentação animal, é o eixo mais oneroso da cadeia produtiva do setor da avicultura (EBSA; HARPAL; NEGIA, 2019). Entre os ingredientes utilizados

na formulação das rações, a proteína animal é o ingrediente de maior custo das dietas avícolas em comparação com os demais constituintes da ração (SÁNCHEZ-MUROS; BARROSO; DE HARO, 2016).

O farelo de soja e a farinha de peixe são os ingredientes mais convencionais utilizados para produzir a ração animal. Entretanto, o desequilíbrio entre demanda e oferta provocou um aumento nos preços desses insumos (VAN HUIS *et al.*, 2013). De acordo com o Makkar *et al.* (2014), os preços globais do farelo de soja e da farinha de peixe sofreram um aumento substancial de mercado.

Diante disso, a sustentabilidade dessa cadeia produtiva está se tornando crítica, principalmente, em alguns países em desenvolvimento. Isso deu origem à demanda por uma nova e mais sustentável fonte de proteína (VELDKAMP; BOSCH, 2015). Alguns estudos mostraram a viabilidade econômica da utilização de insetos como uma alternativa útil ao farelo de soja e à farinha de peixe na nutrição animal (MAKKAR *et al.*, 2014; SMETANA *et al.*, 2016; THÉVENOT *et al.*, 2018; VAN HUIS *et al.*, 2013; ALLEGRETTI *et al.*, 2019). Segundo Govorushko (2019), a criação de insetos é economicamente vantajosa, pois requer pouco investimento, não exige grandes tecnologias e, ainda, oferece oportunidades de subsistência para a população urbana e rural.

Abro *et al.* (2020) avaliaram o potencial econômico da substituição das fontes proteicas de ração convencionais por larvas de mosca soldado negra para setor avícola. Os autores concluíram que a substituição de 5 a 50% pode gerar um benefício econômico de 69 a 687 milhões de dólares americanos e de 16 a 159 milhões de dólares se todo o setor avícola adotasse a inserção de insetos na alimentação animal. Os autores ainda concluíram que essa substituição poderia reduzir a pobreza de, aproximadamente, 3,2 milhões de pessoas, aumentar o emprego de até 252000 pessoas e, por fim, seria possível reciclar até 18 milhões de toneladas de resíduos biológicos.

Ijaya e Eko (2009) estudaram os efeitos da substituição da farinha de peixe por farinha de lagarta

do bicho-da-seda (*Anaphe infracta*) na dieta de frangos de corte, sob o ponto de vista nutricional, características de carcaça e viabilidade econômica. Os autores concluíram que o custo por kg de ração diminui gradualmente com o aumento dos níveis de inclusão de farinha de lagarta do bicho-da-seda, indicando maior benefício econômico.

Brah, Houndonougbo e Issa (2018) avaliaram os aspectos econômicos da utilização de farinha de gafanhoto quando utilizada em substituição à farinha de peixe em rações para frangos. Ao final do estudo, os autores verificaram que a substituição parcial de até 50% de farinha de gafanhoto, sem afetar significativamente as características de carcaça e rendimento da carne.

O potencial econômico da inserção de insetos na avicultura apresenta resultados promissores. Entretanto, é necessário, ainda, um maior número de estudos que leve em consideração a viabilidade econômica da inserção de insetos na dieta de aves em escala industrial.

3.4 BENEFÍCIOS AMBIENTAIS DA INSERÇÃO DE INSETOS NA ALIMENTAÇÃO DE AVES

A alimentação animal é frequentemente apontada como a principal responsável pelo impacto ambiental adverso relacionado à produção animal (PAROLINI; GANZAROLI; BACENETTI, 2020). O consumo exagerado de farelo de soja ou farinha de peixe, na alimentação animal, contribui para graves problemas ambientais (SÁNCHEZ-MUROS; BARROSO; MANZANO-AGUGLIARO, 2014). A produção de soja apresenta alto consumo de água, desmatamento de grandes áreas demográficas, erosão do solo e utilização exacerbada de agrotóxicos que causam significativa deterioração ambiental (MARONO *et al.*, 2017; PAROLINI; GANZAROLI; BACENETTI, 2020; SÁNCHEZ-MUROS; BARROSO; MANZANO-AGUGLIARO, 2014). A farinha de peixe é afetada pela superexploração marinha que reduziu a abundância de pequenos peixes pelágicos forrageiros que são utilizados na sua produção (VELDKAMP; BOSCH, 2015).

Portanto, a avaliação de ingredientes alternativos para alimentação animal como substitutos às fontes convencionais.

A inserção de insetos, na alimentação animal, vem se tornando uma oportunidade única para enfrentar os problemas associados à poluição do meio ambiente. Entre os benefícios ambientais apontados na agricultura de insetos destinada à alimentação animal, destacam-se as emissões específicas de gases que contribuem para o efeito estufa por insetos são muito menores do que aquelas da maioria dos outros animais. A criação de insetos requer menos terra e água para o seu cultivo e, por fim, os insetos são animais de sangue frio, sua eficiência na conversão de alimentos em proteínas é muito alta (GOVORUSHKO, 2019).

Os estudos encontrados, até o momento, evidenciam que a indústria de insetos está, gradualmente, formando um padrão de desenvolvimento ecológico combinado e aceitável com a indústria de alimentação animal (SÁNCHEZ-MUROS; BARROSO; MANZANO-AGUGLIARO, 2014). Alguns autores realizaram avaliações sobre a produção de insetos em escala de laboratório, analisando a conversão alimentar, alterações nas mudanças no uso da terra e avaliação direta sobre as emissões de gases do metabolismo dos insetos (OONINCX *et al.*, 2010; OONINCX; DE BOER, 2012; SMETANA *et al.*, 2015, 2016; VAN HUIS *et al.*, 2013). Os resultados encontrados evidenciam que o cultivo de insetos surge como uma alternativa “amiga” ao meio ambiente.

3.5 CONCLUSÃO

Neste capítulo, revisamos que a agricultura de insetos apresenta vantagens nutricionais, econômicas e ambientais para alimentação dos animais do setor avícola. A revisão mostrou uma variedade de espécies que podem ser inseridas na alimentação destinada a esse setor, indicando seus benefícios nutricionais comparáveis ou superior ao farelo de soja e farinha de peixe, fontes utilizadas como alimento para as aves. Entretanto, o conhecimento sobre as questões econômicas e ambientais ainda é fragmentado e requer

estudos com maior abrangência demográfica, aumento de escala e uma maior variedade de espécies.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRO, Z.; KASSIE, M.; TANGA, C.; BEESIGAMUKAMA, D.; DIIRO, G. Socio-economic and environmental implications of replacing conventional poultry feed with insect-based feed in Kenya. **Journal of Cleaner Production**, v. 265, p. 121871, 2020.

ALLEGRETTI, G.; TALAMINI, E.; SCHMIDT, V.; BOGORNI, P. C.; ORTEGA, E. Insect as feed: An emergy assessment of insect meal as a sustainable protein source for the Brazilian poultry industry. **Journal of Cleaner Production**, v. 171, p. 403-412, 2018.

BALLITOC, D. A.; SANGSOO, S. Ground yellow mealworms (*Tenebrio molitor* L.) feed supplementation improves growth performance and carcass yield characteristics in broilers. **Open Science Repository Agriculture. Online (open-access)**, e23050425, 2013.

BENZERTIHA, A.; KIEROŃCZYK, B.; KOŁODZIEJSKI, P.; PRUSZYŃSKA-OSZMAŁEK, E.; RAWSKI, M.; JÓZEFIAK, D.; JÓZEFIAK, A. *Tenebrio molitor* and *Zophobas morio* full-fat meals as functional feed additives affect broiler chickens' growth performance and immune system traits. **Poultry Science**, v. 99, p. 196-206, 2020.

BIASATO, I.; DE MARCO, M.; ROTOLO, L.; RENNA, M.; LUSSIANA, C.; DABBOU, S.; CAPUCCHIO, M. T.; BIASIBETTI, E.; COSTA, P.; GAI, F.; POZZO, L.; DEZZUTTO, D.; BERGAGNA, S.; MARTÍNEZ, S.; TARANTOLA, M.; GASCO, L.; SCHIAVONE, A. Effects of dietary *Tenebrio molitor* meal inclusion in free-range chickens. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 100, p. 1104-1112, 2016.

BOVERA, F.; PICCOLO, G.; GASCO, L.; MARONO, S.; LOPONTE, R.; VASSALOTTI, G.; MASTELLONE, V.; LOMBARDI, P.; ATTIA, Y. A.; NIZZA, A. Yellow mealworm larvae (*Tenebrio molitor*, L.) as a possible alternative to soybean meal in broiler diets. **British Poultry Science**, v. 56, p. 569-575, 2015.

BRAH, N.; HOUNDONOUGBO, F. M.; ISSA, S. Grasshopper meal (*Ornithacris cavroisi*) in broiler diets in Niger: Bioeconomic performance. **International Journal of Poultry Science**, v. 17, p. 126-133, 2018.

CHIA, S. Y.; TANGA, C. M.; LOON, J. J. V.; DICKE, M. Insects for sustainable animal feed: inclusive business models involving smallholder farmers. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 41, p. 23-30, 2019.

CUTRIGNELLI, M. I.; MESSINA, M.; TULLI, F.; RANDAZZI, B.; OLIVOTTO, I.; GASCO, L.; LOPONTE, R.; BOVERA, F. Evaluation of an insect meal of the Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) as soybean substitute: Intestinal morphometry, enzymatic and microbial activity in laying hens. **Research in Veterinary Science**, v. 117, p. 209-215, 2018.

DOMINGUES, C. H. F.; ROSSI BORGES, J. A.; RUVIARO, C. F.; FREIRE GUIDOLIN, D. G.; MAUAD CARRIJO, J. R. 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, p. 1-11, 2020.

EBSA, Y. A.; HARPAL, S.; NEGIA, G. G. Challenges and chicken production status of poultry producers in Bishoftu, Ethiopia. **Poultry Science**, v. 98, p. 5452-5455, 2019.

ERICKSON, M. C.; ISLAM, M.; SHEPPARD, C.; LIAO, J.; DOYLE, M. P. Reduction of *Escherichia coli* O157:H7 and Salmonella enterica serovar enteritidis in chicken manure by larvae of the black soldier fly. **Journal of Food Protection**, v. 67, p. 685-690, 2004.

FAGUNDES, N. S.; MILFORT, M. C.; WILLIAMS, S. M.; DA COSTA, M. J.; FULLER, A. L.; MENTEN, J. F.; REKAYA, R.; AGGREY, S. E. Dietary methionine level alters growth, digestibility, and gene expression of amino acid transporters in meat-type chickens. **Poultry Science**, v. 99, p. 67-75, 2020.

FANATICO, A. C., ARSI, K., UPADHYAYA, I., RAMOS, J. M., DONOGHUE, D.; DONOGHUE, A. M. (2018). Sustainable fish and invertebrate meals for methionine and protein feeds in organic poultry production. **Journal of Applied Poultry Research**, 27(4), 437-448.

FINKE, M. D.; OONINCX, D. Insects as Food for Insectivores. In: **Mass Production of Beneficial Organisms: Invertebrates and Entomopathogens**. 1. ed. New York: Elsevier, 2014. cap. 17.

GOVORUSHKO, S. Global status of insects as food and feed source: A review. **Trends in Food Science and Technology**, v. 91,p. 436-445, 2019.

- IJAYA, A. T.; EKO, E. O. Effect of Replacing Dietary Fish Meal with Silkworm (*Anaphe infracta*) Caterpillar Meal on Performance, Carcass Characteristics and Haematological Parameters of Finishing Broiler Chicks. **Pakistan Journal Of Nutrition**, v. 8, p. 850-855, 2009.
- ISLAM, M. M.; YANG, C. J. Efficacy of mealworm and super mealworm larvae probiotics as an alternative to antibiotics challenged orally with Salmonella and E. coli infection in broiler chicks. **Poultry Science**, v. 96, p. 27-34, 2017.
- 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.
- KIEROŃCZYK, B.; RAWSKI, M.; JÓZEFIAK, A.; MAZURKIEWICZ, J.; ŚWIĄTKIEWICZ, S.; SIWEK, M.; BEDNARCZYK, M.; SZUMACHER-STRABEL, M.; CIEŚLAK, A.; BENZERTIHA, A.; JÓZEFIAK, D. Effects of replacing soybean oil with selected insect fats on broilers. **Animal Feed Science and Technology**, v. 240, p. 170-183, 2018.
- KIM, Y. B.; KIM, D. H.; JEONG, S. B.; LEE, J. W.; KIM, T. H.; LEE, H. G.; LEE, K. W. Black soldier fly larvae oil as an alternative fat source in broiler nutrition. **Poultry Science**, v. 99, p. 3133-3143, 2020.
- LUMEIJ, J. T. Avian Clinical Biochemistry. **Clinical Biochemistry of Domestic Animals**, v. 1, p. 839-872, 2008.
- MAKKAR, H. P. S.; TRAN, G.; HEUZÉ, V.; ANKERS, P. State-of-the-art on use of insects as animal feed. **Animal Feed Science and Technology**, v. 197, p. 1-33, 2014.
- MARONO, S.; LOPONTE, R.; LOMBARDI, P.; VASSALOTTI, G.; PERO, M. E.; RUSSO, F.; GASCO, L.; PARISI, G.; PICCOLO, G.; NIZZA, S.; DI MEO, C.; ATTIA, Y. A.; BOVERA, F. Productive performance and blood profiles of laying hens fed *Hermetia illucens* larvae meal as total replacement of soybean meal from 24 to 45 weeks of age. **Poultry Science**, v. 96, p. 1783-1790, 2017.
- MAURER, V.; HOLINGER, M.; AMSLER, Z.; FRÜH, B.; WOHLFAHRT, J.; STAMER, A.; LEIBER, F. Replacement of soybean cake by *Hermetia illucens* meal in diets for layers. **Journal of Insects as Food and Feed**, v. 2, p. 83-90, 2016.
- OONINCX, D. G. A. B.; DE BOER, I. J. M. Environmental Impact of the Production of Mealworms as a Protein Source for Humans – A Life Cycle Assessment. **Plos One**, v. 7, p. 1-5, 2012.

OONINCX, D. G. A. B.; VAN ITTERBEECK, J.; HEETKAMP, M. J. W.; VAN DEN BRAND, H.; VAN LOON, J. J. A.; VAN HUIS, A. An exploration on greenhouse gas and ammonia production by insect species suitable for animal or human consumption. **Plos One**, v. 5, p. 1-7, 2010.

OYEGOKE, O. O.; AKINTOLA, A. J; FASORANTI, J. O. Dietary potentials of the edible larvae of *Cirina forda* (westwood) as a poultry feed. **African Journal of Biotechnology**, v. 5, p. 1799-1802, 2006.

PAROLINI, M.; GANZAROLI, A.; BACENETTI, J. Earthworm as an alternative protein source in poultry and fish farming: Current applications and future perspectives. **Science of the Total Environment**, v. 734, p. 139460, 2020.

SÁNCHEZ-MUROS, M. J.; BARROSO, F. G.; DE HARO, C. Brief Summary of Insect Usage as an Industrial Animal Feed/Feed Ingredient. In: **Insects as Sustainable Food Ingredients**. 1. ed. New York: Elsevier, 2016. cap. 10.

SÁNCHEZ-MUROS, M. J.; BARROSO, F. G.; MANZANO-AGUGLIARO, F. Insect meal as renewable source of food for animal feeding: A review. **Journal of Cleaner Production**, v. 65, p. 16-27, 2014.

SCHIAVONE, A.; DABBOU, S.; DE MARCO, M.; CULLERE, M.; BIASATO, I.; BIASIBETTI, E.; CAPUCCHIO, M. T.; BERGAGNA, S.; DEZZUTTO, D.; MENEGUZ, M.; GAI, F.; DALLE ZOTTE, A.; GASCO, L. Black soldier fly larva fat inclusion in finisher broiler chicken diet as an alternative fat source. **Animal**, v. 12, p. 2032-2039, 2018.

SMETANA, S.; MATHYS, A.; KNOCH, A.; HEINZ, V. Meat alternatives: life cycle assessment of most known meat substitutes. **International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 20, p. 1254-1267, 2015.

SMETANA, S.; PALANISAMY, M.; MATHYS, A.; HEINZ, V. Sustainability of insect use for feed and food: Life Cycle Assessment perspective. **Journal of Cleaner Production**, v. 137, p. 741-751, 2016.

THÉVENOT, A.; RIVERA, J. L.; WILFART, A.; MAILLARD, F.; HASSOUNA, M.; SENGA-KIESSE, T.; LE FÉON, S; AUBIN, J. Mealworm meal for animal feed: Environmental assessment and sensitivity analysis to guide future prospects. **Journal of Cleaner Production**, v. 170, p. 1260-1267, 2018.

VAN HUIS, A.; VAN ITTERBEECK, J.; KLUNDER, H.; MERTENS, E.; HALLORAN, A.; MUIR, G.; VANTOMME, P. Edible Insects. Future Prospects for Food and Feed Security. FAO: Rome, 201 p., 2013. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/018/i3253e/i3253e00.htm> Acesso em: 27/07/2020.

VELDKAMP, T.; BOSCH, G. Insects: A protein-rich feed ingredient in pig and poultry diets. **Animal Frontiers**, v. 5, p. 45-50, 2015.

WAITHANJI, E.; AFFOIGNON D., H.; KING'ORI, S.; DIIRO, G.; NAKIMBUGWE, D.; FIABOE, K. K. M. Insects as feed: Gendered knowledge attitudes and practices among poultry and Pond Fish farmers in Kenya. **Wageningen Journal of Life Sciences**, v. x, p. 100312, 2019.

YI, L.; LAKEMON, C. M. M.; SAGIS, L. M. C.; EISNER-SCHADLER, V.; HUIS, A. VAN; BOEKEL, M. A. J. S. V. Extraction and characterisation of protein fractions from five insect species. **Food Chemistry**, v. 141, p. 3341-3348, 2013.

CAPÍTULO IV

INSETOS NA ALIMENTAÇÃO DE SUÍNOS

Anelise Christ Ribeiro*
Andressa Jantzen da Silva Lucas**
Carlos Prentice (in memoriam)
Juliana Machado Latorres***

4.1 INTRODUÇÃO

Estudos da Agência das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) estima que, em 2020, serão produzidas, em média, 310 milhões de toneladas das carnes bovina, avícola e suína no mundo. Porém, desta estimativa, somente o comércio de carne suína apresenta contínuo crescimento e, no Brasil, projeta-se expansão anual de 20% nas exportações, com previsão de, aproximadamente, 10,6 milhões de toneladas, correspondendo a um aumento de 11,2% em relação ao ano passado, principalmente, devido às importações mais altas da China, Vietnã, Filipinas, Chile e Ucrânia (FAO, 2020).

A nutrição é de suma importância para a produção de suínos, tendo de ser balanceada, incluindo ingredientes certificados, assegurando a qualidade e atendendo às necessidades nutricionais em cada etapa de desenvolvimento do animal (maternidade, creche, crescimento, terminação,

* Professora substituta na Escola de Química e Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande – FURG; anelise.christ@gmail.com

**Doutoranda na Escola de Química e Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande – FURG; andressalucas@furg.br

*** Aluna de pós-doutorado na Escola de Química e Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande – FURG; julatorres@yahoo.com.br

recria, gestação, lactação e produção de sêmen). Porém, conforme dados da Empresa Brasileiro de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), a nutrição foi que mais pesou nos custos de produção em 2019, com 7,21% de aumento no ano para os suínos (EMBRAPA, 2020). Nesse sentido, a possibilidade de minimizar as despesas, na produção de suínos, depende de novas alternativas no planejamento da alimentação dos animais, mantendo ingredientes de qualidade a preços que viabilizem a suinocultura.

Dentre as novas fontes potenciais à nutrição de suínos, estão os insetos. Estudos mostram que essa substituição proteica, na dieta de porcos, não acarretou alterações, tanto no metabolismo no crescimento de leitões (YU *et al.*, 2020) quanto no produto final comercializado (ALTMANN *et al.*, 2019) utilizando insetos na dieta. Devido a isso, pesquisas atuais estão focadas no aumento da utilização de insetos como fonte de proteína alimentar e na viabilidade econômica da cadeia de valor do inseto e na abertura potencial de mercados (ANZANI *et al.*, 2020).

Portanto, o objetivo deste capítulo é demonstrar que o uso de insetos é uma alternativa promissora como fonte proteica para a suinocultura.

4.2 BENEFÍCIOS DOS INSETOS NA DIETA E BEM-ESTAR ANIMAL

A carne suína é uma das fontes proteicas de origem animal mais consumida no mundo. O Brasil possui uma cadeia produtiva organizada que visa gerar uma carne de qualidade, tanto para a produção nacional quanto para exportação (EMBRAPA, 2020).

Buscando minimizar custos na produção e manter a qualidade da carne gerada da suinocultura são diversos os estudos buscando alternativas para encontrar fontes de nutrientes, principalmente, de lipídeos e de proteínas, que podem acarretar em benefícios na produção e no produto final. Dentre elas, estão algumas como farinha e óleos de origem vegetal (ALFAIA *et al.*, 2019) as microalgas e os insetos (ALTMANN *et al.*, 2019).

Os insetos se destacam por consistirem em fontes ricas de lipídios e proteínas, o que é interessante para a criação de suínos. Farinha de larvas de *Hermetia illucens* foi adicionada em dietas de leitões recentemente desmamados, e observaram que mudou positivamente aspectos referente ao metabolismo do hospedeiro, o estado imunológico e a morfologia intestinal de leitões recém-nascidos quando comparados aos leitões que ingeriram farinha de peixe (YU *et al.*, 2020). Além disso, alguns insetos podem bioconverter de forma eficiente, resíduos orgânicos, como exemplo, o chorume de porco (BAIANO, 2020), tornando a produção de suínos com característica sustentável.

Porcos alimentados com farinha de *Hermetia illucens* resultaram em produtos com aspectos sensoriais e parâmetros físico-químicos semelhantes ao controle (porcos alimentados com dietas convencionais); e as diferenças encontradas em produtos alimentados, alternativamente, podem ser interpretadas como melhorias sensoriais (ou seja, mais odor geral e maior suculência). Na verdade, dado que a dieta teve um efeito significativo sobre a composição de ácidos graxos poli-insaturados, se destacaram, agregando valor ao produto final quando comparado aos produtos oriundos dos animais alimentados com a deita convencional (ALTMANN *et al.*, 2019).

Os benefícios da inserção de insetos na suinocultura podem ser inúmeros. Apesar de poucos estudos realizados, alguns mostram a utilização promissora desta fonte de nutrientes na criação de suínos.

4.3 NUTRIENTES REQUERIDOS NA ALIMENTAÇÃO DE SUÍNOS E O USO DE INSETOS COMO FONTE ALTERNATIVA

Os porcos são animais onívoros e, geralmente, são capazes de consumir uma grande variedade de ingredientes em suas refeições. No entanto, a maioria dos porcos alimentados comercialmente recebem dietas que são bastante simples em composição, consistindo, apenas, em uma ou duas fontes de grãos de cereais, uma ou duas fontes

de proteína, algumas vitaminas e minerais (STEIN; LAGOS; CASAS, 2016). O custo da alimentação para suínos representa cerca de dois terços dos custos de produção para porcos de engorda (POMAR *et al.*, 2009), e 15-17% dos custos de produção para porcas e suas ninhadas até o desmame (SOLÀ-ORIOU; GASA, 2017). Em extenso e completo estudo de revisão, Stein, Lagos e Casas (2016) compararam, dentre outros aspectos, o valor nutricional de inúmeros ingredientes de origem vegetal utilizados como ração para porcos.

O desempenho de suínos depende das características do animal (genética, idade, peso, sexo e saúde), características dos alimentos ofertados (ração, composição de nutrientes e digestibilidade) e condições de alojamento (temperatura ambiente e espaço disponível) (NOBLET; QUINIOU, 1999). Existem diversos estudos, na literatura, que avaliam as necessidades nutricionais de suínos. É sabido que rações ricas em proteínas de origem animal tiveram um maior impacto sobre preferências dos leitões em comparação com outros ingredientes (TORRALLARDONA; SOLÀ-ORIOU, 2009; SOLÀ-ORIOU; ROURA; TORRALLARDONA, 2011), uma vez que o excesso ou deficiência de aminoácidos estão fortemente relacionados com a liberação de hormônios de saciedade em porcos (PSICHAS; REIMANN; GRIBBLE, 2015). O uso de edulcorantes, na dieta de porcos, tem sido estudado, particularmente, relacionado ao desenvolvimento de estimuladores de apetite (FIGUEROA *et al.*, 2012; RIPKEN *et al.*, 2014). Estudos posteriores destacaram que uma exposição de longo prazo à sacarose e maltodextrinas reduz o consumo de ração e aumenta a preferência inata por proteína (FIGUEROA *et al.*, 2015; GUZMAN-PINO *et al.*, 2015). Também, foi relatado que os aminoácidos essenciais mais limitantes usados como suplementos dietéticos para suínos são: lisina, metionina, treonina e triptofano (ETTLE *et al.*, 2010). A falta de um ou mais aminoácidos limita a deposição de proteína conforme diminui a síntese proteica. Isso resulta em um aumento na deposição de lipídios e, conseqüentemente, em uma diminuição na taxa

de crescimento do animal. Em porcos em crescimento, a necessidade de aminoácidos em relação à energia diminui à medida que o peso corporal aumenta (VAN MILGEN *et al.*, 2008). Em porcas, a necessidade de aminoácidos aumenta com o estágio da gestação e é maior durante a lactação (DOURMAD *et al.*, 2008).

Tendências semelhantes são observadas para as necessidades minerais de porcos em crescimento. Os minerais são o principal componente da nutrição suína. O fósforo é necessário para o desenvolvimento dos ossos e para auxiliar o metabolismo de suínos em crescimento, devendo ser fornecido através da alimentação. Dietas de origem vegetal apresentam baixa digestibilidade para suínos, porém a adição de fósforo e /ou fitase aumenta o custo da ração (BROSSARD *et al.*, 2017).

Fontes alternativas de alimentos para suínos são constantemente testadas, a fim de reduzir os custos e melhorar sua composição. As informações sobre o uso de insetos na alimentação de porcos são limitadas, porém esta é uma alternativa que vem sendo estudada há anos (BAYANDINA; INKINA, 1980), e os resultados obtidos para algumas espécies de insetos testadas são considerados promissores. Por exemplo, insetos poderiam facilmente suprir a necessidade de fósforo requerida na alimentação de suínos. Estudos mostram que diferentes espécies de insetos apresentam um valor elevado deste mineral em sua composição (WILLIAMS *et al.*, 2016), bem como elevadas quantidades de potássio, cálcio, ferro, magnésio e selênio (LUCAS *et al.*, 2020). Os insetos contêm, parcialmente, mais ferro e cálcio do que carne bovina, carne de porco e frango (SIRIMUNGKARARAT *et al.*, 2010).

Da mesma maneira, por possuírem um excelente perfil de aminoácidos quando comparados a outras fontes (Tabela 4.1), os insetos também podem ser utilizados para suplementação de proteínas na dieta de suínos. Conforme já mencionado, os aminoácidos limitantes, utilizados como suplementos na dieta de porcos, são a lisina, metionina, treonina e o tiptofano. Além de todos esses aminoácidos

estarem presentes na composição de diferentes insetos os mesmos se encontram em quantidades significativamente maiores do que as comumente utilizadas. Suprimentos adequados de minerais e aminoácidos são necessários para, concomitantemente, maximizar o crescimento, promover a mineralização óssea e a retenção de proteínas, portanto minimizar a taxa de conversão alimentar (GAILLARD; BROSSARD; DOUMAD, 2020).

Tabela 4.1 – Comparação entre aminoácidos de diferentes fontes

Fonte proteica (mg/g _{proteína})	Histidina	Isoleucina	Leucina	Lisina	Metionina	Cisteína	Treonina	Triptofano	Valina
<i>Acheta domestica</i>	22,7	36,4	66,7	51,1	14,6	8,3	31,1	6,3	48,4
<i>Tenebrio molitor</i>	31,6	50,3	106,4	54,5	12,8	8,6	41,8	8,0	58,8
Milho	2,4	2,8	9,6	2,6	1,7	1,8	2,8	0,6	3,8
Aveia	2,6	4,4	8,4	4,8	3,9	3,8	4,2	1,3	6,4
Arroz polido	2,5	3,9	7,4	4,4	2,2	3,1	3,6	1,0	6,2
Sorgo	2,1	3,7	12,4	2,1	1,6	1,8	3,0	0,7	4,7
Trigo	3,5	4,9	9,7	4,1	2,4	3,4	4,2	1,7	6,2
Farelo de canola	10,4	14,5	25,1	20,7	7,1	8,5	15,5	4,3	18,2
Farelo de amendoim	10,0	14,3	26,3	14,8	5,0	5,4	12,4	3,8	16,3
Evilha	5,4	9,3	15,7	16,3	2,2	3,1	10,1	2,0	10,2
Feijão	6,4	9,9	18,0	15,8	2,1	3,0	8,5	2,0	11,0

Fonte: Adaptado de Rumpold e Schlüter (2013); Stein, Lagos e Casas (2016)

A nutrição é considerada um mecanismo importante para melhorar a sustentabilidade da produção de suínos. Logo, para o uso bem-sucedido de ingredientes alternativos em dietas para suínos, é necessário que haja um conhecimento sobre a composição química, digestibilidade, nutrientes fornecidos e taxas de inclusão aceitáveis em dietas fornecidas para diferentes espécies (STEIN; LAGOS; CASAS, 2016).

4.4 INSETOS EMPREGADOS NA SUINOCULTURA

Os insetos utilizados, com maior frequência, na nutrição dos suínos incluem *Hermetia illucens*, *Tenebrio Molitor*, *Musca domestica* e algumas espécies de bichos da seda (MAKKAR *et al.*, 2014). Esses insetos podem ser consumidos em diferentes fases do seu ciclo de vida. Geralmente, são consumidos na fase larval ou pupa, podendo, também, ser consumidos na sua fase adulta (GOVORUSHO, 2019). A oferta desses insetos, na alimentação animal, pode ser em substituição parcial ou total às fontes de alimentos comumente utilizadas nas rações; geralmente, essa oferta é realizada na forma de farinha de larvas ou farinha de pupas (SÁNCHEZ-MUROS; BARROSO; DE HARO, 2016).

Entre as espécies mais promissoras para a produção de ração para indústria de suínos, está a Hermetia illucens, também conhecida como Mosca Soldado Negra (SÁNCHEZ-MUROS; BARROSO; MANZANO-AGUGLIARO, 2014). Essa espécie surge como uma alternativa sustentável para nutrição de suínos devido ao seu conteúdo de proteínas, lipídios e cálcio comparáveis à farinha de soja. Entretanto, substituições de 100%, na dieta de suínos, não são recomendáveis, porque a espécie é deficiente em metionina, cisteína e treonina e possui alto teor de cinzas (NEWTON *et al.*, 1977).

Yu *et al.* (2019) avaliaram os efeitos da alimentação com larvas de *Hermetia illucens* sobre o crescimento, características de carcaça e qualidade da carne de suínos em estágio de terminação. Os resultados encontrados evidenciaram que uma adição de 4% de farinha de larvas, na ração, contribui para o crescimento dos animais. Além disso, o conteúdo de gordura intramuscular foi maior para as espécies quando alimentadas com essa ração que continha 4% de farinha de larvas, indicando que esses animais apresentavam farinha de peixe por farinha de larvas de mosca do soldado negra no crescimento, índices hematológicos, bioquímicos séricos e implicações econômicas na dieta de suínos na fase de crescimento uma carne com maior maciez.

Chia *et al.* (2019) estudaram o efeito da substituição de. Os resultados encontrados indicam que essa farinha de inseto pode substituir em até 100% a farinha de peixe, sem provocar alterações no crescimento dos suínos. Os parâmetros sanguíneos sugerem que os animais alimentados com essa farinha de inseto apresentam uma predisposição reduzida para doenças cardíacas. Os investimentos de ordem econômica, também, são atrativos do ponto de vista de custos da ração.

Outro estudo, também, avaliou o efeito da dieta contendo farinha de larvas de *Hermetia illucens*, na dieta de leitões recentemente desmamados. E os resultados obtidos indicaram que a inclusão dietética de larvas de *H. illucens* tem um impacto benéfico no desempenho do crescimento, na qualidade da carne, na digestibilidade de nutrientes, no perfil sanguíneo e na morfologia dos animais em estudo (BIASATO *et al.*, 2019).

Uma outra espécie também considerada como promissora para alimentação de suínos é o *Tenebrio Molitor*, também denominada como Farinha Amarela. É uma espécie que possui valor nutricional comparável à farinha de peixe, fonte proteica amplamente utilizada na dieta de leitões desmamados devido à alta digestibilidade de nutrientes, ao excelente perfil de aminoácidos e à falta de fatores antinutricionais (JEONG; KIM, 2015; AO *et al.*, 2020). Jin *et al.* (2016) evidenciaram que os suínos recentemente desmamados podem ter sua dieta suplementada com até 6% de farinha de *T. molitor*, sem que ocorra qualquer efeito prejudicial nas suas respostas imunológicas.

Da mesma maneira, Yoo *et al.* (2019) visualizaram efeitos positivos no crescimento e na digestibilidade de nutrientes de suínos na fase de crescimento, quando foram ofertados com uma dieta contendo *T. molitor*, como fonte de proteína, em nível de 10% de suplementação.

Estudos utilizando a *mosca domestica* também indicam que essa espécie pode ser inserida no setor da suinocultura, uma vez que os resultados encontrados evidenciam que a administração de insetos na ração de suínos não apresentou efeitos adversos no desempenho reprodutivo das porcas

(SÁNCHEZ-MUROS; BARROSO; DE HARO, 2016). Tan *et al.* (2020) reporta que a espécie mosca domestica é um importante recurso alimentar para a suinocultura, devido a sua elevada digestibilidade proteica.

Pupas de bicho da seda, também, já tiveram seus efeitos estudados na alimentação de suínos, tanto na fase de crescimento como na fase de terminação. Os resultados obtidos nos estudos indicam que essas espécies surgem como importantes fontes proteicas para alimentação de suínos, uma vez que não afetaram o desempenho no crescimento e as características de carcaças dos suínos (COLL *et al.*, 1992; MEDHI, 2011; MEDHI, MATH; SHARMA, 2009; DANKWA *et al.*, 2000).

4.5 CONCLUSÃO

Nesse capítulo, demonstramos que os insetos podem ser utilizados como fonte de alimento para os suínos. As espécies de insetos estudadas até o momento, em especial, *Hermetia illucens*, são apontadas como uma importante fonte de nutrientes, com capacidade de garantir o crescimento saudável de suínos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFAIA, C. M.; LOPES, P. A.; MADEIRA, M. S.; PESTANA, J. M.; COELHO, D.; TOLDRÁ, F.; PRATES, J. A. M. Current feeding strategies to improve pork intramuscular fat content and its nutritional quality. **Advances in Food and Nutrition Research**, v.89, p.53-94, 2019.

ALTMANN, B. A.; 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 Science**, v.153, p.26-34, 2019.

ANZANI, C.; BOUKID, F.; DRUMMOND, L.; MULLEN, A. M.; ÁLVAREZ, C. Optimising the use of proteins from rich meat co-products and non-meat alternatives: Nutritional, technological and allergenicity challenges. **Food Research International**, v.137, p.109575, 2020.

AO, X.; YOO, J. S.; WU, Z. L.; KIM, I. H. Can dried mealworm (*Tenebrio molitor*) larvae replace fish meal in weaned pigs? **Livestock Science**, v.239, p.104103, 2020.

BAIANO, A. Edible insects: An overview on nutritional characteristics, safety, farming, production technologies, regulatory framework, and socio-economic and ethical implications. **Trends in Food Science & Technology**, v.100, p.35-50, 2020.

BAYANDINA, G. V.; INKINA, Z. G. Effects of prolonged use of housefly larvae in the diet of sows and their offspring on fattening and meat quality of the young. **Nauchnye Trudy Novosibirskogo Sel'skokhozyaistvennogo Instituta**, v.134, p.52-59, 1980.

BIASATO, I.; RENNA, M.; GAI, F.; DABBOU, S.; MENEGUZ, M.; PERONA, G.; MARTINEZ, S.; LAJUSTICIA, A. C. B.; BERGAGNA, S.; SARDI, L.; CAPUCCHIO, M. T.; BRESSAN, E.; DAMA, A.; SCHIAVONE, A.; GASCO, L. Partially defatted black soldier fly larva meal inclusion in piglet diets: Effects on the growth performance, nutrient digestibility, blood profile, gut morphology and histological features. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v.10, p.1-11, 2019.

BROSSARD, L.; DOURMAD, J. Y.; GARCIA-LAUNAY, F.; VAN MILGEN, J. Modelling nutrient requirements for pigs to optimize feed efficiency. Achieving sustainable production of pig meat. In: **Animal breeding and nutrition**, , 2ed. Cambridge: Burleigh Dodds Science Publishing, 2017. cap.10.

CHIA, S. Y.; TANGA, C. M.; OSUGA, I. M.; ALARU, A. O.; MWANGI, D. M.; GITHINJI, M.; SUBRAMANIAN, S.; FIABOE, K. K. M.; EKESI, S.; VAN LOON, J. J. A.; DICKE, M. 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.1-19, 2019.

COLL, J. F. C.; CRESPI, M. P. A. L.; ITAGIBA, M. G. O. R.; SOUZA, J. C. D.; GOMES, A. V. C.; DONATTI, F. C. Utilization of silkworm pupae meal (*Bombyx mori* L.) as a source of protein in the diet of growing-finishing pigs. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.21, p.378-383, 1992.

DANKWA, D.; NELSON, F. S.; ODDOYE, E. O. K.; DUNCAN, J. L. Housefly larvae as a feed supplement for rural poultry. **Ghana Journal of Agricultural Science**, v.35, p.185-187, 2002.

DOURMAD, J. Y.; ETIENNE, M.; VALANCOGNE, A.; DUBOIS, S.; VAN MILGEN, J.; NOBLET, J. InraPorc: A model and decision support tool for the nutrition of sows. **Animal Feed Science and Technology**, v.143, p.372-386, 2008.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) 2020. **Embrapa Suínos e Aves**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/cias/custos/icpsuino>. Acesso em 13/08/20.

ETTLER, T.; RADEMACHER, M.; HTOO, J. K.; ROTH, F. X. Dietary preference for methionine sources in weaned pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v.155, p.201-205, 2010.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) 2020. **Food Outlook – Relatório Semestral dos Mercados Mundiais de Alimentos: junho de 2020**. Roma. Disponível em: <https://doi.org/10.4060/ca9509en> Acesso em: 18/06/2020.

FIGUEROA, J.; SOLÀ-ORIO, D.; BORDA, E.; SCLAFANI, A.; PEREZ, J. F. Flavour preferences conditioned by protein solutions in post-weaning pigs. **Physiology & Behavior**, v.107, p.309-316, 2012.

FIGUEROA, J.; SOLÀ-ORIO, D.; MANTECA, X.; PEREZ, J. F.; DWYER, D. M. Anhedonia in pigs? Effects of social stress and restraint stress on sucrose preference. **Physiology & Behavior**, v.151, p.509-515, 2015.

GAILLARD, C.; BROSSARD, L.; DOURMAD, J.-Y. Improvement of feed and nutrient efficiency in pig production through precision feeding. **Animal Feed Science and Technology**, p.114611, 2020.

GOVORUSHKO, S. Global status of insects as food and feed source: A review. **Trends in Food Science and Technology**, v.91, p.436-445, 2019.

GUZMAN-PINO, S. A.; SOLÀ-ORIO, D.; FIGUEROA, J.; DWYER, D. M.; PEREZ, J. F. Effect of a long-term exposure to concentrated sucrose and maltodextrin solutions on the preference, appetite, feed intake and growth performance of post-weaned piglets. **Physiology & Behavior**, v.141, p.85-91, 2015.

JEONG, J. S.; KIM, I. H. **Comparative efficacy of up to 50% partial fish meal replacement with fermented soybean meal or enzymatically prepared soybean meal on growth performance, nutrient digestibility and fecal microflora in weaned pigs**. **Animal Science Journal**, v.86, p.624-633, 2015.

JIN, X. H.; HEO, P. S.; HONG, J. S.; KIM, N. J.; KIM, Y. Y. Supplementation of dried mealworm (*Tenebrio molitor larva*) on growth performance, nutrient digestibility and blood profiles in weaning pigs. Asian-Australas. **Journal Animal Science**, v.29, p.979-986, 2016.

LUCAS, A. J. S.; OLIVEIRA, L. M.; DA ROCHA, M.; PRENTICE, C. Edible insects: an alternative of nutritional, functional and bioactive compounds. **Food Chemistry**, v.311, p.126022, 2020.

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

MEDHI, D. Effects of enzyme supplemented diet on finishing crossbred pigs at different levels of silk worm pupae meal in diet. **Indian Journal of Field Veterinarians**, v.7, p.24-26, 2011

MEDHI, D.; MATH, N. C.; SHARMA, D. N. Effect of silk worm pupae meal and enzyme supplementation on blood constituents in pigs. **Indian Vetrinarians Journal**, v.86, p.433-434, 2009.

NEWTON, G. L.; BOORAM, C. V.; BARKER, R. W.; HALE, O. M. Dried *Hermetia illucens* larvae meal as a supplement for swine. **Journal of Animal Science**, v.44, p.395-400, 1977.

NOBLET, J.; QUINIQU, N. Principaux facteurs de variation du besoin en acides aminés du porc en croissance. **Techni-Porc**, v.22, p.9-16, 1999.

POMAR, C.; HAUSCHILD, L.; ZHANG, G. H.; POMAR, J.; LOVATTO, P. A. Applying precision feeding techniques in growing-finishing pig operations. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.226-237, 2009.

PSICHAS, A.; REIMANN, F.; GRIBBLE, F. M. Gutchemosensing mechanisms. **Journal of Clinical Investigation**, v.125, p.908-917, 2015.

RIPKEN, D.; VAN DER WIELEN; N., WORTELBOER, H. M.; MEIJERINK, J.; WITKAMP, R. F.; HENDRIKS, H. F. Steviol glycoside rebaudioside A induces glucagon-like peptide-1 and peptide YY release in a porcine ex vivo intestinal model. **Journal of Agricultural Food Chemistry**, v.62, p.8365-8370, 2014.

RUMPOLD, B. A.; SCHLÜTER, O. K. Nutritional composition and safety aspects of edible insects. **Molecular Nutrition & Food Research**, v.57, p.802-823, 2013.

SÁNCHEZ-MUROS, M. J.; BARROSO, F. G.; DE HARO, C. Brief Summary of Insect Usage as an Industrial Animal Feed/Feed Ingredient. In: **Insects as Sustainable Food Ingredients**. 1.ed. New York: Elsevier, 2016. cap.10.

- SÁNCHEZ-MUROS, M. J.; BARROSO, F. G.; MANZANO-AGUGLIARO, F. Insect meal as renewable source of food for animal feeding: A review. **Journal of Cleaner Production**, v.65, p.16-27, 2014.
- SOLÀ-ORIO, D.; GASA, J. Feeding strategies in pig production: Sows and their piglets. **Animal Feed Science and Technology**, v.233, p.34-52, 2017.
- SOLÀ-ORIO, D.; ROURA, E.; TORRALLARDONA, D. Feed preference in pigs: Effect of selected 20 protein, fat, and fiber sources at different inclusion rates. **Journal of Animal Science**, v.89, p.3219-3227, 2011.
- STEIN, H. H.; LAGOS, L. V.; CASAS, G. A. Nutritional value of feed ingredients of plant origin fed to pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v.218, p.33-69, 2016.
- TAN, X.; YANG, H. S.; WANG, M.; YI, Z. F.; JI, F. J.; LI, J. Z.; YIN, Y. L. Amino acid digestibility in housefly and black soldier fly prepupae by growing pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v.263, p.114446, 2020.
- TORRALLARDONA, D.; SOLÀ-ORIO, D. Evaluation of freechoice feedstuffs preference by pigs. In: **Voluntary Feed Intake in Pigs**, 1ed. Wageningen: Wageningen Academic Publishers, Wageningen, 2009. cap.9.
- VAN MILGEN, J.; VALANCOGNE, A.; DUBOIS, S.; DOURMAD, J. Y.; SEVE, B.; NOBLET, J. InraPorc: A model and decision support tool for the nutrition of growing pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v.143, p.387-405, 2008.
- WILLIAMS, J. P.; WILLIAMS, J. R.; KIRABO, A.; CHESTER, D.; PETERSON, M. Nutrient Content and Health Benefits of Insects. In: **Insects as sustainable food ingredients**, 1.ed. New York: Elsevier, 2016. cap.3.
- YOO, J. S.; CHO, K. H.; HONG, J. S.; JANG, H. S.; CHUNG, Y. H.; KWON, G. T.; SHIN, D. G.; KIM, Y. Y. Nutrient ileal digestibility evaluation of dried mealworm (*Tenebrio molitor*) larvae compared to three animal protein by-products in growing pigs. Asian-Australas. **Journal Animal Science**, v.32, p.387-394, 2019.
- YU, M.; LI, Z.; CHEN, W.; RONG, T.; WANG, G.; WANG, F.; MA, X. Evaluation of full-fat *Hermetia illucens* larvae meal as a fishmeal replacement for weanling piglets: Effects on the growth performance, apparent nutrient digestibility, blood parameters and gut morphology. **Animal Feed Science and Technology**, v.114431, 2020.

CAPÍTULO V

INSETOS NA DIETA DE RUMINANTES

Lauren Menegon de Oliveira*

5.1 INTRODUÇÃO

O agronegócio é a atividade econômica que mais se destaca no Brasil. Apenas a pecuária representa mais de 8,0% do Produto Interno Bruto (PIB) nacional (CEPEA, 2020) e, segundo projeções da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), o Brasil deve atingir um aumento de quase 1% em relação à produção de proteína entre 2018 e 2019, estimado em mais de 120 mil toneladas. O aumento da produção está relacionado com o aumento do consumo pela população, atingindo o equivalente a 530 gramas per capita (FAO, 2019).

Cada região do país se destaca por um tipo de atividade e, mesmo que o Brasil ocupe 2º lugar no ranking de maior rebanho bovino do mundo, a criação de outras espécies de ruminantes, também, vem crescendo, seja pela produção de carne, leite, seja pelos subprodutos gerados dessas práticas.

Enquanto o Centro Oeste se destaca pela produção de gado, o Nordeste ganha destaque pela produção de caprinos e ovinos, incentivado pelo aumento da demanda por carne de bode, ovelha e leite de cabra, que surgiu durante uma missão do Consórcio Nordeste na Europa, em novembro de 2019. Já, na região Norte, principalmente na Ilha de Marajó, no Pará, a produção dominante é a de búfalos, cujo faturamento dos criadores e indústrias chegou a um R\$ 1,1 bilhão em 2017.

* Diretora acadêmica e professora na Escola de Química e Alimentos, Faculdade de Tecnologia de Sinop; laurenmenegon@fastechfaculdade.com.br

Esse salto produtivo fez com o número de estabelecimentos rurais aumentasse de 4.849.865 para 5.072.152, de 1995 para 2017, enquanto que, no mesmo período, a área de uso agrícola/pecuário praticamente se manteve de 350.253.329 hectares para 353.611.246 hectares, sendo que, entre 1995 e 2006, houve uma redução em torno de 20 milhões de hectares, sendo retomados de 2006 para 2017. Esta dinâmica de área indica que tais atividades passam por um processo de transformação e profissionalização em função da necessidade do aumento da produtividade nas áreas de pastagens (ABIEC, 2020).

As áreas de matas naturais aumentaram de 88,9 milhões para 106,2 milhões de hectares, assim como as matas plantadas que aumentaram de 5,4 milhões para 8,5 milhões de hectares, um nítido indicador de que os produtores rurais estão em processo de adequação para atendimento da legislação ambiental de acordo com o código florestal brasileiro; toda essa eficiência produtiva só é possível devido ao manejo mais eficiente, que está altamente relacionado à nutrição, à reprodução e à genética (OLIVEIRA *et al.*, 2006).

Dados esses fatores, a determinação do valor nutritivo de alimentos destinados à alimentação de animais ruminantes tem sido alvo de contínuos trabalhos de pesquisa, a fim de estimar a qualidade dos mesmos através dos valores proteicos e energéticos. Diante disso, o objetivo deste capítulo foi fazer uma revisão da literatura, comparando fontes alternativas de proteínas utilizadas na ração de ruminantes, ressaltando a utilização de insetos.

5.2 A DIETA DE ANIMAIS RUMINANTES

Sempre que os animais estiverem recebendo dietas com quantidade insuficiente de proteínas e minerais ou rações desequilibradas que resultem na carência de um ou mais elementos, há de se corrigi-las para que os mesmos possam desenvolver seu potencial genético, além de manterem-se saudáveis (PEIXOTO *et al.*, 2005).

Os microorganismos ruminais dependem de esqueletos de carbono, disponibilidade de energia e de um concomitante fornecimento de amônia e peptídeos para que haja a síntese microbiana. A disponibilidade de carboidratos, no rúmen, é muito importante e tem grande efeito sobre a utilização dos compostos nitrogenados, pois as bactérias ruminais podem incorporar os aminoácidos e fermentá-los como fonte de energia. Através da manipulação da relação volumoso: concentrado é possível alterar os processos fermentativos e maximizar a eficiência de síntese microbiana, bem como a eficiência de utilização dos nutrientes dietéticos (RUSSEL *et al.*, 1992).

As exigências de proteína metabolizável, em ruminantes, são atendidas pela produção de proteína microbiana e pela proteína dietética digestível de escape ruminal. No entanto, para que animais altamente produtivos possam expressar seu potencial genético, é preciso maximizar a eficiência da síntese de proteína microbiana, já que essa síntese fornece 50% ou mais dos aminoácidos disponíveis para a absorção, em rações balanceadas, sendo considerada uma fonte de aminoácidos de excelente qualidade (VALADARES FILHO & VALADARES, 2001).

O termo proteína metabolizável é aplicado ao total de aminoácidos absorvidos pelo animal, sendo correspondente à proteína verdadeira microbiana e à proteína dietética digestíveis que escaparam da degradação ruminal (VAN SOEST, 1994).

A adição de fontes de proteína verdadeira degradável no rúmen, em dietas pobres em carboidratos não estruturais e suficientes em nitrogênio não proteico, pode resultar em respostas significativas por parte do animal. A assimilação de aminoácidos e de ácidos graxos de cadeia ramificada oriundos destas fontes proteicas, satisfaz as exigências das bactérias utilizadoras de carboidratos estruturais por tais fatores de crescimento (RUSSELL *et al.*, 1992; VAN SOEST, 1994).

A razão entre aminoácidos essenciais e os não essenciais ganha importância na porção proteica que escapa à degradação ruminal, uma vez que o perfil de aminoácidos

da proteína solúvel é transformado naquele verificado na proteína microbiana. Através de manipulação, por tratamentos físico ou químico das fontes proteicas, ou pelo fornecimento de fontes proteicas que variem no grau de degradação, pode-se obter maior aporte de aminoácidos para o intestino delgado (BRODERICK, 1994); dessa forma, além do conhecimento da composição do alimento, a seleção de proteínas de várias fontes é, também, necessária para assegurar a absorção com um adequado balanceamento de aminoácidos.

5.3 ADIÇÃO DE INSETOS NA DIETA DE RUMINANTES

A alimentação dos animais representa um dos maiores custos da atividade pecuária, principalmente, quando se utilizam fontes alimentares, como o milho e o farelo de soja. Assim, a utilização de fontes alimentares alternativas pode proporcionar diminuição nos custos de produção, acarretando aumento na lucratividade (CALDAS NETO *et al.*, 2000). No Brasil, diferentes fontes para alimentação de ruminantes vêm sendo estudadas. Lorenzoni e Mella (1994) trabalharam com casca de mandioca, em substituição ao milho desintegrado com palha e sabugo. Paziani, Berchielli e Andrade (2001) compararam o farelo de amendoim com o glúten de milho como fonte proteica em dietas com milho desintegrado com palha e sabugo. Almeida (2005) estudou a utilização de farelo de babaçu.

Além da utilização de resíduos agroindustriais na dieta de ruminantes, a FAO sugere a criação e o processamento de insetos como fonte proteica, a fim de suplementar a alimentação, já que, atualmente, 36% das calorias produzidas, por meio da agricultura no mundo, são destinadas à alimentação animal e, apenas, 12% para a dieta humana, por meio de carnes e outros produtos de origem animal (FAO, 2004). Soma-se a isso o surgimento dos biocombustíveis que destina de 1 a 4% da produção de grãos, como milho e soja, à energia, o que aumenta a competição por alimentos (CASSIDY *et al.*, 2013).

Os insetos constituem um recurso alimentar natural renovável e são consumidos como suplemento alimentar ou como constituinte principal da dieta de diferentes povos

em muitas regiões do mundo. Diversos estudos têm mostrado que os insetos são compostos das mesmas substâncias encontradas na carne dos animais vertebrados, como o boi, o porco, a galinha e o pescado. Uma das principais diferenças está no valor quantitativo: um inseto desidratado, como a formiga da espécie *Atta cephalotes* L., por exemplo, possui 42,59% de proteínas contra, aproximadamente, 71% no frango e na carne bovina, mas a grande diferença é que a carne desses animais de sangue quente é consumida na sua forma in natura, e não desidratada (OLIVEIRA *et al.*,2017). Dada a ampla gama de espécies de insetos comestíveis, o valor nutricional é altamente variável. A digestibilidade e o valor nutricional dependem das espécies a serem utilizadas, podendo variar de 50 a 82% de proteína bruta na matéria seca (SCHABEL, 2010). A Tabela 5.1 mostra a porcentagem do conteúdo proteico de alguns insetos.

Tabela 5.1 – Porcentagem (base seca) do conteúdo proteico de insetos

Espécie	Nome Comum	Estágio	% de Proteína
<i>Myrmecosistus melliger</i> W.	Formiga-de-mel	Adulto	9,45%
<i>Melipona beeckei</i> Bennet	Abelha sem-ferrão	Mel	28,95%
<i>Atta cephalotes</i> L.	Tanajura	Adulto	42,59%
<i>Brachygastra mellifica</i> Say	Vespa	Larvas	52,81%
<i>Sphenarium histrio</i> Gerst.	Gafanhoto	Adulto	52,13%
<i>Liometopum apiculatum</i> M.	Formiga	Larvas	37,33%
<i>Edessa conspersa</i> Stal.	Percevejo	Adultos	36,82%
<i>Corisella mercenaria</i> Say	Percevejo	Ovos	68,70%
<i>Hopophorion monograma</i> G.	Cigarrinha	Adulto	59,57%
<i>Musca domestica</i> L.	Mosca	Pupas	61,54%
<i>Xyleutes redtenbachi</i> H.	Lagarta-do-agave	Larva	37,10%
<i>Eucheria socialis</i> W.	Lagarta	Larva	50,88%
<i>Olleus reinator</i> T.	Besouro	Larva	20,91%

Fonte: Conconi e Rodríguez (1977).

Os insetos, de modo geral, estão definidos como alimentos proteicos; no entanto, ainda estão em desenvolvimento diversas pesquisas sobre valores nutricionais, palatabilidade, digestibilidade e efeitos sobre os produtos e,

se tratando da utilização de insetos na dieta de ruminantes, é ainda mais importante saber se ela atende a todas as necessidades para as quais está sendo empregada. Dessa forma, os insetos podem ser adicionados na dieta de ruminantes de três formas (VILELLA, 2018):

- 1) Como insetos inteiros: em sistemas de produção orgânicos ou que buscam alimentações de maneiras mais naturais, as larvas podem ser fornecidas vivas, pois estas, além de fazerem parte da dieta natural, são consumidos por diversas espécies em vários níveis e, também, auxiliam no enriquecimento ambiental.
- 2) Como farinhas e farelos: a moagem ou trituração é um método comum para o processamento de uma grande variedade de alimentos. Quase todos os grãos alimentícios são processados desta maneira. Na forma de farinha ou farelos, os insetos podem ser misturados de melhor maneira na ração de ruminantes. Esta farinha, geralmente, é feita a partir da moagem dos animais abatidos e desidratados, mantendo baixos níveis de umidade, desta forma, garantindo uma maior vida útil dos materiais.
- 3) Como extrato proteico: a extração de proteínas é um processo já realizado para alguns alimentos e serve para concentrar os aminoácidos, dessa forma, aumentando o teor proteico. No entanto, o uso do extrato requer conhecimento das propriedades das proteínas extraídas. Essas propriedades incluem, entre outros, o perfil dos aminoácidos, a estabilidade térmica, a solubilidade, coagulação e capacidade de emulsão.

Ioselevich *et al.* (2004) utilizaram a farinha de bicho-da-seda como suplemento proteico devido ao alto teor de proteína não degradável no rúmen e ao padrão de aminoácidos favoráveis para os animais ruminantes. Além disso, estima-se que a farinha de bicho-da-seda seja uma fonte de proteína bypass, com alto teor de lisina

e a metionina, consideradas como os dois principais aminoácidos limitantes para produção de leite. Khan e Zubairy (1971) utilizaram farinha desengordurada de bicho-da-seda para enriquecer a dieta de ovelhas e verificaram que a digestibilidade da proteína bruta foi em torno de 70%.

5.4 VANTAGENS DA UTILIZAÇÃO DE INSETOS NA DIETA DE RUMINANTES

De um ponto de vista técnico-científico, é possível afirmar que os insetos são classificados como excelentes fontes de proteínas, vitaminas e ácidos graxos, além de serem ricos em **fibras e micronutrientes**, como o cobre, o ferro, o magnésio, o fósforo, o selênio e o zinco, tornando-os comparável aos principais ingredientes utilizados nas rações de ruminantes (RAMOS-ELORDUY; VILLEGAS; PINO, 1998).

Tratando-se do ponto de vista ambiental, os insetos são, excepcionalmente, eficientes, apresentando uma boa taxa de conversão alimentar, sendo cerca de duas vezes mais eficientes que galinhas e porcos, e cinco vezes mais eficientes quanto bovinos de corte. Devido a suas taxas de reprodução surpreendentes e fecundidade, o valor real da eficiência de conversão alimentar de insetos pode ser 20 vezes maior do que o gado. Além disso, insetos alimentam-se de uma gama muito maior de plantas do que o gado e o cultivo de insetos, e isso, também, pode ajudar a reduzir os impactos ambientais negativos da pecuária, por requerer menos espaço e gerar menos poluição através da redução de emissão de gases com efeito estufa e amônia (OLIVEIRA *et al.*, 2017).

Outro ponto de relevância está relacionado com o fato de os insetos serem considerados eliminadores naturais, capazes de reduzir o material em decomposição e de converter a matéria orgânica em proteína e gordura, atuando como bioconversores, que transformam subprodutos diversos e pouco estáveis em matéria-prima de elevado valor biológico, dando origem a fontes proteicas sustentáveis que podem ser aplicadas na nutrição animal.

Além disso, também, contribuem para a compostagem destes subprodutos, produzindo fertilizantes orgânicos que,

mais tarde, são novamente utilizados nos campos agrícolas, completando, assim, o ciclo, conforme demonstrado na Figura 5.1.

Figura 5.1 – O papel dos insetos na economia circular



Fonte: <http://vozdocampo.pt/2020/06/24/insetos-a-alternativa-proteica-na-alimentacao-das-aves/>

5.5 CONCLUSÃO

De um modo geral, a utilização de insetos, na dieta de ruminantes, demonstra ser uma alternativa viável. No entanto, é imprescindível aprofundar os estudos e pesquisas que levam a produção e a utilização de insetos como fontes alternativas de proteínas para agregação nutricional na ração de ruminantes, a fim de incluir na legislação e na regulamentação do uso de insetos como ingrediente na alimentação animal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, R.S. **Substituição parcial da uréia por diferentes níveis de farelo de babaçu na alimentação de vacas leiteiras.** 2005. 27 p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Zootecnia) – Faculdade de Imperatriz, Imperatriz – 2005.
- ABIEC (Associação Brasileira das Indústrias de Carnes) 2020. **Beef Report 2020, perfil da pecuária no Brasil.** Disponível em: <http://abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2020/> Acesso em: 07/08/2020.

- BRODERICK, G. A. Quantifying forage protein quality. In: **Forage quality, evaluation, and utilization**, 1 ed. Madison: American Society of Agronomy, 1994. cap. 5.
- CALDAS NETO, S. F.; ZEOULA, L. M.; BRANCO, A. F.; PRADO, I. N.; SANTOS, G. T.; FREGADOLLI, F. L.; KASSIES, M. P.; DALPONTE, A. O. Mandioca e resíduos das farinhas na alimentação de ruminantes: digestibilidade total e parcial. **Revista Brasileira de Zootecologia**, v. 29 p. 2099-2108, 2000.
- CASSIDY, E. S.; WEST, P. C.; GERBER, J. S.; FOLEY, J. A. Redefining agricultural yields: from tonnes to people nourished per hectare. **Environmental Research Letters**, v. 8, p. 034015, 2013.
- CEPEA (Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada) 2020. **Com avanço em todos os índices, IPPA/CEPEA sobe 5,2% em julho**. Disponível em: www.cepea.esalq.usp.br. Acesso em: 07/08/2020.
- CONCONI, J. R. E.; RODRÍGUEZ, H. B. Valor nutritivo de ciertos insectos comestibles de México y lista de algunos insectos comestibles del mundo. *Anales del Instituto de Biología de la UNAM. Serie Zoología*, v. 48, p. 165-186, 1977.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) 2019. **The State of Food and Agriculture 2019. Moving forward on food loss and waste reduction**. World Bank report nº CC BY-NC-SA 3.0 IGO. Disponível em: <http://www.fao.org/state-of-food-agriculture/en/> Acesso em: 18/06/2020.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) 2004. **Contribution des insectes de la forêt a la securite alimentaire. L'exemple des chenilles d'afrique central**. Disponível em: www.fao.org/docrep/007/j3463f/j3463f00.htm. Acesso em: 06/08/2020
- IOSELEVICH, M.; STEINGA, H.; RAJAMURODOV, Z.; DROCHNER, W. Nutritive value of silkworm pupae for ruminants. In: VDLUFA KONGRESS. **Anais...** Rostock, 2004. p. 108.
- KHAN, S.; ZUBAIRY, A. Chemical composition and nutritive value of Tusser silkworm pupae. **Indian journal of animal sciences**, v. 41, p. 1070-1072, 1971.
- LORENZONI, W. R.; MELLA, S. C. Avaliação de resíduo obtido de lavagem de raiz de mandioca como alimento energético para bovinos. In: **Resíduos da industrialização da mandioca**, 1 ed. São Paulo: Pauliceia, 1994.

- OLIVEIRA, R. L.; BARBOSA, M. A. A. F.; LADEIRA, M. M.; SILVA, M. P.; ZIVIANI, A. C.; BAGALANDO, A. R. Nutrição e manejo de bovinos de corte na fase de cria. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 7, p. 57-86, 2006.
- OLIVEIRA, L. M.; LUCAS, A. J. S.; CADAVAL, C. L. SALAS-MELLADO; M. M. Bread enriched with flour from cinereous cockroach (*Nauphoeta cinerea*). **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, 2017.
- PAZIANI, S. F.; BERCHIELLI, T. T.; ANDRADE, P. Digestibilidade e degradabilidade de rações à base de milho desintegrado com palha e sabugo em diferentes graus de moagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, p.1630-1638, 2001.
- PEIXOTO, P. V.; MALAFAIA, P.; BARBOSA, J. D.; TOKARNIA, C. H. Princípios de suplementação mineral em ruminantes. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 25, p. 195-200, 2005.
- RAMOS-ELORDUY, J.; VILLEGAS, R. J.; PINO, J. M. M. The efficiency of the insect *Musca domestica* L. in recycling organic wastes as a source of protein. In: **Biodeterioration 7**, 1 ed. London: Elsevier Applied Science, 1998. cap. 105.
- RUSSELL, J. B.; O'CONNOR, J. D.; FOX, D. G.; VAN SOEST, P. J.; SNIFFEN, C. J. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: Ruminant fermentation. *Journal of Animal Science*, v. 70, p. 3551-3561, 1992.
- SCHABEL, H. G. Forest insects as food: A global review. In: **FOREST INSECTS AS FOOD: HUMANS BITE BACK. PROCEEDINGS OF A WORKSHOP ON ASIA-PACIFIC RESOURCES AND THEIR POTENTIAL FOR DEVELOPMENT. Anais...** Bangkok: FAO, 2010. p. 37-64.
- VALADARES FILHO, S. C.; VALADARES, R. F. D. Teores de proteína em dietas de vacas de leite. In: **SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE GADO DE LEITE. Anais...** Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2001. p. 228-243.
- VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2 ed. New York: Ithaca, 1994, p. 476.
- VILELLA, L. M. **Produção de insetos para uso na alimentação animal**. 2018. 69 p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Zootecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre – 2018.

CAPÍTULO VI

USO DE INSETOS PARA RAÇÕES DE ANIMAIS DOMÉSTICOS

Meritaine da Rocha*

6.1 INTRODUÇÃO

Estima-se que, em 2050, ocorra um acréscimo na demanda de alimentos para a população humana de proteínas oriundas de fonte animal, devido a um aumento da população mundial e a padrões de vida em países em desenvolvimento (BOLAND *et al.*, 2013; BOSCH *et al.*, 2014). Além disso, esse acréscimo, na produção de proteína animal, estará intrinsecamente ligada à maior degradação ambiental (GOVORUSHKO, 2019; HERRERO *et al.*, 2016) e à competição global por proteínas para alimentação humana e para animais domésticos, tais como cães e gatos (BOSCH *et al.*, 2014).

Devido a isso, fontes alternativas e sustentáveis para alimentação de animais domésticos e seres humanos estão sendo pesquisadas (GOVORUSHKO, 2019). Nesse contexto, os insetos têm sido estudados como uma fonte de proteína alimentar de alta qualidade, eficiente e sustentável para alimentação humana e para animais domésticos, tais como, cães e gatos (BOSCH *et al.*, 2014, 2016; SKRIVERVIK, 2020).

A partir da segunda metade do século XX, ocorreu um acréscimo na demanda por animais domésticos, devido a mudanças no perfil socioeconômico da população e em seu

* Professora na Escola de Química e Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande – FURG, Campus Cidade Alta, Rua Barão do Cahy, 125, Santo Antônio da Patrulha; meritaine@gmail.com

estilo de vida (BASER; YALÇIN, 2017; VIANA; MOTHÉ; MOTHÉ, 2020). De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, em 2018, foram contabilizados, no País, 54,2 milhões de cães; 39,8 milhões de aves; 23,9 milhões de gatos; 19,1 milhões de peixes e 2,3 milhões de répteis e pequenos mamíferos, sendo que a estimativa total chega a 139,3 milhões de animais de estimação (NETTO *et al.*, 2018).

De acordo com a Associação Brasileira da Indústria de Produtos para Animais de Estimação (ABINPET, 2019), em 2019, o Brasil produziu cerca de 2,85 milhões de toneladas de alimentação para animais domésticos. Com a elevada produção de alimentos para animais domésticos, há um grande consumo de fontes proteicas, tais como, de farelo de soja, farinha de peixe e vísceras, carne entre outros (CARVALHO *et al.*, 2016). Os insetos são uma fonte alternativa para a alimentação de alta qualidade, tanto para os seres humanos quanto para os animais domésticos (RUMPOLD; SCHLÜTER, 2013). Podem ser criados a partir de diferentes fontes de resíduos orgânicos, o que contribui para a sua sustentabilidade (BOSCH; VERVOORT; HENDRIKS, 2016).

O uso de insetos para alimentação animal, entre eles, os domésticos, está baseado no fato de os insetos possuírem conteúdo de nutrientes superior, o que favorece o desempenho dos animais domésticos (GOVORUSHKO, 2019). As propriedades nutricionais dos insetos são elevadas e podem substituir alguns ingredientes usados na produção de ração, tais como, farinha de peixe, soja, entre outros (GOVORUSHKO, 2019; OONINCX *et al.*, 2015).

Entre os insetos mais comumente empregados na formulação de ração para animais domésticos, estão o grilo (*Gryllodes sigillatus*; *Gryllus bimaculatus*), larvas de besouro preto (*Alphitobius diaperinus*); besouro da larva da farinha amarela (*Tenebrio molitor*), gafanhotos (*Locusta migratoria*); traças (*Galleria mellonella*), baratas (*Blaptica dúbia*; *Nauphoeta cinerea*) e vermes da mosca doméstica (*Musca domestica*), entre outros (BOSCH *et al.*, 2014, 2016; VAN HUIS *et al.*,

2013). Contudo, as informações para o uso de insetos na alimentação PET (animais domésticos) são escassas apesar do uso de farinha de insetos, como matéria-prima para produção de alimentos para cães e gatos ser considerada viável, pela sua composição nutricional, entre outros (CARVALHO *et al.*, 2016). Nesse contexto, este capítulo tem por objetivo uma abordagem sobre estudos realizados utilizando insetos para alimentação de animais domésticos.

6.2 MERCADO PET

O mercado de alimentação para animais domésticos (PET) está cada vez mais preocupado em oferecer alimentos (ração), que sejam capazes de atender às exigências nutricionais e que tragam benefícios à saúde e ao bem-estar desses (GOVORUSHKO, 2019; VIANA; MOTHÉ; MOTHÉ, 2020). Contudo, a alimentação, a partir de insetos para animais domésticos, não possui uma legislação específica no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (ABINPET, 2020).

A população de animais domésticos, no Brasil, em 2019, foi de cerca de 141,6 milhões de animais, entre eles: 55,1 milhões de cães, 40 milhões de aves canoras e ornamentais, 24,7 milhões de gatos, 19, 4 milhões de peixes ornamentais entre outros. Esses dados apontam um crescimento médio de 1,7% em relação a 2018 e um faturamento de 22,3 bilhões de reais em 2019. Em 2019, o faturamento mundial da indústria “PET” foi de 131,1 bilhões de dólares, sendo os países com maior faturamento os Estados Unidos (40,1%), China (7,2%), Reino Unido (4,7%) e Brasil (4,7%), sendo que, até o ano de 2016, o Brasil não figurava entre os maiores no ramo de animais domésticos (ABINPET, 2020).

Devido a este mercado emergente e à estimativa de que, em 2050, ocorra um acréscimo na demanda de alimentos para a população humana de proteínas oriundas de fonte animal (BOLAND *et al.*, 2013) existem uma crescente demanda por novas alternativas alimentares. Além disso, essa demanda resultará em problemas relacionados à competição global por proteínas em alimentos humanos, em alimentos

para animais de estimação e em ração animal, e estimulará o desenvolvimento de fontes alternativas e sustentáveis de proteína para garantir a segurança alimentar, tais como, os insetos (BOSCH *et al.*, 2014, 2016; SKRIVERVIK, 2020).

A introdução dos insetos como matéria-prima, na produção de alimentação animal, é dependente da produção em larga escala e uma base contínua na produção dos insetos (VELDKAMP; BOSCH, 2015). O mercado PET permite a inclusão de ingrediente com alto valor em suas formulações, podendo inserir farinha de insetos em sua composição sem grandes perdas econômicas (CARVALHO *et al.*, 2016). Cabe salientar que o uso de ingredientes alternativos, como os insetos, na alimentação animal, é dependente da qualidade, da quantidade e da palatabilidade. Além disso, também deve ser avaliada a presença compostos tóxicos (que devem ser eliminados ou inativados durante o processamento) e a composição nutricional destes ingredientes (CARCIOF *et al.*, 2009; VASCONCELLOS 2010; VELDKAMP; BOSCH, 2015).

6.3 FARINHA DE INSETOS NA ALIMENTAÇÃO DE ANIMAIS DOMÉSTICOS

Nas últimas décadas, a demanda pela substituição de proteínas provenientes de farinha de vísceras e de carne na alimentação de animais domésticos (PET), tais como, na ração, é crescente. Devido a isso, é importante a avaliação dos ingredientes alternativos em relação ao valor biológico, presença de fatores antinutricionais ou tóxicos e a composição química dos mesmos (CARCIOF *et al.*, 2009; VASCONCELLOS, 2010).

Os insetos são conhecidos por serem uma fonte acessível de proteínas, lipídios, carboidratos, algumas vitaminas e minerais, tais como, cálcio, ferro ou zinco (GOVORUSHKO, 2019; PAYNE *et al.*, 2016). Os carboidratos em insetos estão presentes, principalmente, na quitina, correspondendo cerca de 5-20% do peso seco (CHEN; FENG; CHEN, 2009; GOVORUSHKO, 2019). Em relação ao conteúdo de minerais em insetos, a grande maioria dos insetos possui os minerais, tais como, potássio, cálcio, ferro, magnésio, zinco

e selênio. Destaca-se que todos estão presentes em insetos (DEFOLIART, 1992; FINKE, 2013; LISENKO, 2017).

Eles são ricos em proteínas, possuindo cerca de 40 a 70%, dependendo da espécie utilizada, a qual é rica em perfil de aminoácidos estabelecidos para os animais (LISENKO, 2017; SÁNCHEZ-MUROS; BARROSO; MANZANO-AGUGLIARO, 2014). As proteínas são compostos orgânicos constituídos pelos elementos carbono, hidrogênio, oxigênio, nitrogênio e, além disso, podem conter enxofre, fósforo e cobre. Elas são polímeros complexos, compostos por 21 aminoácidos distintos, interligados por ligações peptídicas (DAMODARAM; PARKIN; FENNEMA, 2010). Em relação às proteínas vegetais, as proteínas animais possuem maior valor biológico, as quais podem atender melhor a demandas dos animais domésticos, tais como, cães e gatos, devido ao perfil aminoácido (CARCIOFI, 2002). Os cães e gatos, por exemplo, são exigentes quanto à qualidade e à quantidade das proteínas utilizadas na alimentação. Para que os mesmos tenham eficiência na utilização da proteína da dieta, o teor de proteína e a composição e perfil de aminoácidos são importantes (LISENKO, 2017). A qualidade de uma proteína, também, pode ser avaliada pela digestibilidade, além do perfil de aminoácidos essenciais que sua fonte contém, correspondendo a seu valor biológico (CARVALHO *et al.*, 2016; POND; CHURCH; POND., 1995). Além disso, cabe salientar que a relação proteína/cinza possui influência na redução da digestibilidade de determinado tipo de alimento, o que restringe, de certa forma, os ingredientes proteicos de origem animal em relação à vegetal (ANAFALPET, 2008; CARVALHO *et al.*, 2016).

O uso de insetos como fonte proteica, na dieta de animais, ocorre, possuindo elevado teor proteico, devido ao ciclo de vida curto, à rápida reprodução, à alta taxa de crescimento, à baixa conversão alimentar e à produção com baixo impacto ambiental (CARVALHO *et al.*, 2016). Para a produção de um quilo de massa de insetos, são necessários dois quilos de dieta, um valor baixo de conversão quando comparada a de bovinos. Os bovinos necessitam de, aproximadamente, oito quilos de ração são necessários para produzir a mesma conversão (VAN HUIS *et al.*, 2013).

Além de um elevado teor de proteína, eles são ricos em ácidos graxos essenciais, minerais e fibras. Os insetos podem ser consumidos inteiros, moídos, processados em farinha e em pasta e podem ser adicionados em alimentos (CARVALHO *et al.*, 2016).

Muitos insetos têm sido largamente estudados na elaboração de alimentos proteicos na dieta de animais domésticos, entre os insetos mais comumente empregados na elaboração de ração para animais domésticos, estão as larvas de besouro preto (*Alphitobius diaperinus*); besouro da larva da tenébrio (*Tenebrio molitor*), vermes da mosca doméstica (*Musca domestica*), grilo (*Grylloides sigillatus*; *Gryllus bimaculatus*), gafanhotos (*Locusta migratoria*); traças (*Galleria mellonella*), e baratas (*Blaptica dúbia*; *Nauphoeta cinerea*) entre outros (BOSCH *et al.*, 2014, 2016; VAN HUIS *et al.*, 2013). A qualidade da proteína dessas fontes alternativas depende, principalmente, da composição e da biodisponibilidade dos aminoácidos (HENDRIKS, VAN BAAL; BOSCH, 2012). Os conceitos de nutrição para animais estão se expandindo. Além da fronteira da sobrevivência e da satisfação, eles devem promover o bem-estar, a melhoria da saúde e a redução do risco de doenças (CARCIOFI; JEREMIAS, 2010).

6.4 IMPORTÂNCIA DA PROTEÍNA NA ALIMENTAÇÃO DE ANIMAIS DOMÉSTICOS

A população de animais domésticos, como citado anteriormente, no Brasil, em 2019, foi de cerca de 141,6 milhões de animais, entre eles: 55,1 milhões de cães e 24,7 milhões de gatos, respectivamente (ABINPET, 2020). Devido a isso, maiores informações da importância das proteínas para estes animais domésticos serão abordadas. Os insetos, na alimentação animal, podem ser classificados como concentrado proteico, devido a elevado conteúdo de proteína na sua matéria seca. Esses são considerados uma alternativa de substituição de ingredientes convencionais, tais como, farinha de vísceras de frango, carne e ossos, peixe, além de proteínas

vegetais, tais como farelo de soja e de canola, farinha de glúten de milho, entre outros (CARVALHO *et al.*, 2016).

Os cães e gatos, apesar de serem ambos carnívoros, apresentam diferenças na fisiológicos no trato gastrointestinal e nos hábitos alimentares, bem como nas necessidades nutricionais. Os gatos são animais domésticos com adaptações anatômicas e fisiológicas, metabólicas e comportamentais únicas, coerentes com a alta ingestão proteica. Entretanto, os cães podem ser considerados onívoros por sua capacidade digestiva e hábitos alimentares flexíveis quanto à dieta (KIRK; DEBRAEKELEER; ARMSTRONG, 2000; LISENKO, 2017; MORRIS, 2001)

As exigências nutricionais de proteína pelos cães e gatos são, em geral, avaliadas em análises de balanço de compostos nitrogenados, com base na diferença entre a ingestão e a excreção de compostos nitrogenados pelo animal (KENDALL; BLAZA; HOLME, 1982; LISENKO, 2017). As proteínas presentes nas dietas desempenham importantes funções, tais como, disponibilizar aminoácidos essenciais que serão utilizados na síntese de proteína para o crescimento e para a reparação dos tecidos (CASE *et al.*, 2010; LISENKO, 2017). O conteúdo de aminoácidos necessários por esses animais, em ensaios analíticos, é uma tarefa difícil em virtude do grande número de fatores que podem influenciar a necessidade desse nutriente em um animal. A capacidade de cães e gatos, em utilizar essa proteína da dieta como fonte de aminoácidos e nitrogênio, é afetada tanto pela digestibilidade de nitrogênio, de conteúdo de aminoácidos, quanto pelo valor biológico (CARVALHO *et al.*, 2016; CASE *et al.*, 2010; LISENKO, 2017).

6.5 BIODISPONIBILIDADE DOS NUTRIENTES DA FARINHA DE INSETOS

As estimativas de biodisponibilidade dos nutrientes dos insetos têm precisão limitada, devido ao intestino grosso ou ao metabolismo microbiano do ceco pilórico dos animais (HENDRIKS, VAN BAAL; BOSCH, 2012). Além dos componentes digestíveis pré-cecais, os não digestíveis

dos insetos são importantes para aplicações em rações. A exemplo disso, pode-se exemplificar, através dos cães, os quais possuem um intestino grosso relativamente simples, que a fermentação dos componentes não digeridos afeta a atividade e a composição microbiana, bem como a saúde intestinal do hospedeiro. Além disso, algumas características fecais podem ser alteradas, tais como, a consistência e o odor (BOSCH; VERVOORT; HENDRIKS, 2016).

A cutícula dos insetos contém quitina, um polímero linear, cuja unidade repetitiva é o dissacarídeo formado por 2-acetamido-2-desoxi-D-glicopirranose e 2-amino-2-desoxi-D-glicopirranose, unidos, entre si, por ligação glicosídicas do tipo $\beta(1\rightarrow4)$, o qual que está incorporado em uma matriz com proteínas (CHEN; FENG; CHEN, 2009; GOVORUSHKO, 2019). A quitina pode ser quebrada por enzimas denominadas de quitinases intestinais, as quais são alguns animais, tais como, camundongos e seres humanos (BOOT *et al.*, 2005; BOSCH; VERVOORT; HENDRIKS, 2016).

Os cães possuem como descendentes os lobos, os quais possuem uma dieta pobre em invertebrados (BOSCH *et al.*, 2015; BOSCH; VERVOORT; HENDRIKS, 2016), mas possuem genes codificadores de enzimas, tais como, as quitinases (BOSCH; VERVOORT; HENDRIKS, 2016; BUSSINK *et al.*, 2007). Okamoto *et al.* (2001) avaliaram a digestibilidade de quitina de lula, no trato gastrointestinal de cães, a qual foi baixa, devido à baixa atividade das quitinases em quitina provenientes de lula. Além disso, a atividade quitinolítica microbiana em cães foi baixa, o que pode classificar a quitina como uma fibra não fermentável.

Bosch; Vervoort e Hendriks (2016) avaliaram a digestibilidade de farinhas de insetos, tais como, pupas de mosca soldado (*Hermetia illucens*), farinhas de larva de tenébrio molitor (*Tenebrio molitor*) e mosca doméstica (*Musca domestica*), *in vitro* através do uso do inóculo fecal canino. Eles verificaram que a farinha de pupas de mosca soldado apresentou menor digestibilidade da matéria orgânica, cerca de 96,6%, em comparação às farinhas de larva de tenébrio molitor (98,7%). A farinha de grilo apresentou

maior digestibilidade de proteína bruta, cerca de 93%, em comparação com as demais farinhas de insetos avaliadas.

Bosch *et al.* (2014) avaliaram a qualidade da proteína de diferentes espécies de insetos, tais como, pupa de mosca (*Musca domestica*), grilo (*House cricket*), larvas da larva da farinha amarela (*Tenebrio molitor*), diferentes espécies de barata (*Eublaberus distancei*; *Blaberus craniifer*, *Blaptica dubia*) em estágios de desenvolvimento distintos como ingredientes alternativos para elaboração de alimentos para cães e gatos. Eles verificaram que o conteúdo de proteína bruta de substratos de insetos foi, em geral, maior quando comparado com a proteína de farelo de soja e semelhante ao de farinha de carne de aves e de peixe, respectivamente. Para aplicação de insetos como fonte de proteína em animais de estimação como alimento ou ração, é importante monitorar e controlar a variação na composição de aminoácidos. Eles sugerem que o primeiro aminoácido limitante para a maioria dos substratos era a combinação de metionina e cisteína. Essa combinação foi elevada para as pupas de mosca doméstica e para combinações mais baixas para as diferentes espécies de barata. A digestibilidade do nitrogênio proteico *in vitro* foi relativamente alta para o grilo doméstico, larvas de farinha amarelas, e baixas para as diferentes espécies de baratas.

Esses resultados verificados por Bosch *et al.* (2014), em relação à qualidade proteica, são importantes para a formulação de alimentos. Entretanto, outros aspectos como eficiência de conversão de compostos orgânicos (RUMPOLD; SCHLÜTER, 2013; VAN HUIS *et al.*, 2013), produção de massa, viabilidade de produção em massa (RUMPOLD; SCHLÜTER, 2013), produto seguro para o consumo e a percepção do dono do animal irão determinar se as espécies de insetos poderão ser utilizadas como ingredientes em formulações de alimentos para animais de estimação. Esses e outros aspectos requerem um estudo mais aprofundado (BOSCH *et al.*, 2014; RUMPOLD; SCHLÜTER, 2013).

6.6 CONCLUSÃO

Os insetos têm sido estudados como uma fonte de proteína alimentar de alta qualidade, eficiente e sustentável para alimentação humana e de animais. A capacidade de animais, tais como, os cães e gatos, em utilizar a proteína de insetos como fonte de aminoácidos e nitrogênio, é afetada tanto pela digestibilidade de nitrogênio, conteúdo de aminoácidos, quanto pelo valor biológico. Entretanto, os estudos relacionados sobre o uso de insetos e/ou farinha de insetos, na elaboração de ração ou como alimentação de animais domésticos, tais como os cães e gatos, ainda são limitados e necessitam de maiores esclarecimentos em relação à biodisponibilidade dos nutrientes no organismo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE PRODUTOS PARA ANIMAIS DE ESTIMAÇÃO – ABINPET, 2019. Disponível em: <www.abinpet.org.br>. Acesso em: 10 ago. 2020.

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

BASER, Ö.; YALÇIN, S. Determination of some quality characteristics in pet foods. **Ankara Üniversitesi Vet. Fakültesi Derg.**, v. 64, p. 21-24, 2017.

BOOT, R. G.; BUSSINK, A. P.; VERHOEK, M.; DE BOER, P. A. J.; MOORMAN, A. F. M.; AERTS, J. M. F. G. Marked differences in tissue-specific expression of chitinases in mouse and man. **Journal of Histochemistry & Cytochemistry**. v. 53, p. 1283-1292, 2005.

BOLAND, M. J.; RAE, A. N.; VEREIJKEN, J. M.; MEUWISSEN, M. P.; FISCHER, A. R.; VAN BOEKEL, M. A.; HENDRIKS, W. H. The future supply of animal-derived protein for human consumption. **Trends Food Science and Technology**, v. 29, p. 62-73, 2013.

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

- BOSCH, G.; VERVOORT, J. J. M.; HENDRIKS, W. H. In vitro digestibility and fermentability of selected insects for dog foods. **Animal Feed Science and Technology**, v. 221, p. 174-184, 2016.
- BUSSINK, A. P.; SPEIJER, D.; AERTS, J. M. F. G.; BOOT, R. G. Evolution of mammalian chitinase(-like) members of family 18 glycosyl hydrolases. **Genetics**, v. 177, p. 959-970, 2007.
- CARCIOFI, A. Proteína na alimentação de cães e gato. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE ANIMAIS DE ESTIMAÇÃO, 2., 2002, Campinas. **Anais...** Campinas: [s.n.], 2002. p. 31-44.
- CARCIOFI, A. C.; JEREMIAS, J. T. Progresso científico sobre nutrição de animais de companhia na primeira década do século XXI. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 39, p. 35-41, 2010
- CARCIOFI, A. C.; E. TESHIMA, R. S.; BAZOLLI, M. A. ; BRUNETTO, R. S.; VASCONCELLOS; . PEREIRA. G. T Qualidade e digestibilidade de alimentos comerciais de diferentes segmentos de mercado para cães adultos. **Revista Brasileira de Saúde e Proteção Animal**, v. 10, n. 2, p. 489-500, 2009.
- CARVALHO, L. C.; LACERDA, B. M.; LOPES, L. K.; DE MATTOS CÂNDIDO, B.; FERREIRA, F.; WENCESLAU, R. R.; SÁ-FORTES, C. M. L. Possível utilização da farinha de insetos na alimentação de cães e gatos. **Caderno de Ciências Agrárias**, v. 8, n. 33, p. 78-83, 2016.
- CASE, L. P.; DARISTOTLE, L., HAYEK, M. G., RAASCH, M. F. **Canine and feline Nutrition-E-Book**: a resource for companion animal professionals. 3. ed. Amsterdam: Mosby Elsevier, 2010. 577 p.
- CHEN, X.; FENG, Y.; CHEN, Z. Common edible insects and their utilization in China. **Entomological Research**, v. 39, p. 299-303, 2009.
- DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de Alimentos de Fennema**. 4. ed. Porto Alegre. Artmed Editora, 2010.
- DEFOLIART, G. R. Insects as human food: Gene DeFoliart discusses some nutritional and economic aspects. **Crop Protection**, v. 11, p. 395-399, 1992.
- FINKE, M. D. Complete nutrient content of four species of feeder insects. **Zoo Biology**, v. 32, p. 27-36, 2013.
- GOVORUSHKO, S. Global status of insects as food and feed source: A review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 91, p. 436-445, 2019.

HENDRIKS, W. H.; VAN BAAL, J.; BOSCH, G. Ileal and faecal protein digestibility measurement in monogastric animals and humans: a comparative species view. **British Journal of Nutrition**, v. 108, p. S247-S257, 2012.

HERRERO, M.; HENDERSON, B.; HAVLÍK, P.; THORNTON, P. K.; CONANT, R. T.; SMITH, P.; BUTTERBACH-BAHL, K. Greenhouse gas mitigation potentials in the livestock sector. **Nature Climate Change**, v. 6, n. 5, p. 452-461, 2016.

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

KIRK, C. A.; DEBRAEKELEER, J.; ARMSTRONG, P. J. Normal cats. In: Hand, M. S. (Ed.). **Small animal clinical nutrition**. 4. ed. New York: Mark Morris Institute, 2000. p. 291-347.

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

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

NETTO, L., YOSSEF, A. G., DE TEIXEIRA, D. B., DOS POLEGATO, E. P. S., FRIOLANI, M. Conhecimento sobre fármacos e plantas tóxicas da população de marília. **Revista Unimar Ciências** v. 27, p. 1-2, 2018.

OKAMOTO, Y.; NOSE, M.; MIYATAKE, K.; SEKINE, J.; OURA, R.; SHIGEMASA, Y.; MINAMI, S. Physical changes of chitin and chitosan in canine gastrointestinal tract. **Carbohydrate Polymers**, v. 44, p. 211-215, 2001.

OONINCX, D. G. A. B.; VAN BROEKHOVEN, S.; VAN HUIS, A.; VAN LOON, J. J. A. Feed conversion, survival and development, and composition of four insect species on diets composed of food by-products. **PLoS One**, v. 10, n. 12, p. e0144601, 2015.

PAYNE, C. L. R.; SCARBOROUGH, P.; RAYNER, M.; NONAKA, K. A systematic review of nutrient composition data available for twelve commercially available edible insects, and comparison with reference value. **Trends in Food Science & Technology**, v. 47, p. 69-77, 2016.

- POND, W. G.; CHURCH, D. C.; POND, K. R. **Basic animal nutrition and feeding**, 4. Ed. New York: John Wiley & Sons, p. 615, 1995.
- RUMPOLD, B. A.; SCHLÜTER, O. K. Potential and challenges of insects as an innovative source for food and feed production. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 17, p. 1-11, 2013.
- SÁNCHEZ-MUROS, M.-J.; BARROSO, F. G.; MANZANO-AGUGLIARO, F. Insect meal as renewable source of food for animal feeding: a review. **Journal of Cleaner Production**, v. 65, p. 16-27, 2014.
- SKRIVERVIK, E. Insects' contribution to the bioeconomy and the reduction of food waste. **Heliyon**, v. 6, n. 5, p. 03934, 2020.
- VAN HUIS, A.; VAN ITTERBEECK, J.; KLUNDER, H.; MERTENS, E.; HALLORAN, A.; MUIR, G.; VANTOMME, P. **Edible insects: future prospects for food and feed security**. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, Italy, 2013.
- VASCONCELLOS, R. Uso de coprodutos na alimentação de cães e gatos. In: CONGRESSO INTERNACIONAL, 2.; SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE ANIMAIS DE ESTIMAÇÃO, 9., 2010, Campinas. **Anais...** Campinas: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 2010. p. 79
- VELDKAMP, T.; BOSCH, G. Insects: a protein-rich feed ingredient in pig and poultry diets. **Animal Frontiers**, v. 5. N. 2, p. 45-50, 2015.
- VIANA, L. M.; MOTHÉ, C. G.; MOTHÉ, M. G. Natural food for domestic animals: A national and international technological review. **Research in Veterinary Science**, v. 130, p. 11-18, 2020

CAPÍTULO VII

O USO DE INSETOS NA AQUACULTURA

Alan Carvalho de Sousa Araújo*
Carlos Prentice (in memoriam)
Juliana Machado Latorres**

7.1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, vem crescendo o interesse pela utilização de farinha de insetos como uma fonte de proteína alternativa em substituição à farinha de peixes em dietas na aquacultura (HENRY *et al.*, 2015; VAN HUIS, 2013). Isso ocorre devido a algumas características que a farinha de peixe possui, entre elas, ser um produto finito, sazonalidade de oferta, flutuabilidade no preço de mercado, inconstância na qualidade e nos valores nutricionais, além de ocasionar sérios problemas ambientais (SÁNCHEZ-MUROS; BARROSO; MANZANO-AGUGLIARO, 2014). Nesse contexto, o uso de insetos e seus coprodutos (óleo e farinha) vem se mostrando promissor, uma vez que os insetos constituem parte da alimentação natural de muitos organismos aquáticos.

Outro fator positivo são as culturas de insetos serem mais sustentáveis, pois não são requeridas grande áreas e quantidades de água, além de aproveitar a reciclagem de subprodutos e resíduos, reduzindo a taxa de emissão de carbono (BLONK *et al.*, 2008). Entre as espécies de insetos, as que vêm apresentando um maior interesse devido a seu valor

* Doutorando no Instituto de Oceanografia, Estação Marinha de Aquacultura, Universidade Federal do Rio Grande – FURG; alandesousa02@hotmail.com

** Aluna de Pós-doutorado na Escola de Química e Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande – FURG; julatorres@yahoo.com.br

nutritivo, capacidade de controlar seu ciclo de vida e maiores densidades de estocagem são a larva do farinha (*Tenebrio molitor*), a mosca domestica comum (*Musca domestica*) e a mosca soldado negro (*Hermetia illucens*) (SECCI *et al.*, 2018; ALLEGRETTI *et al.*, 2018; SCHIAVONE *et al.*, 2018).

Dessa forma, os estudos vêm avaliando os efeitos do uso de insetos nos parâmetros de crescimento, nos valores nutricionais, na eficiência digestiva e na qualidade do músculo como forma de verificar possíveis alterações geradas pela substituição da farinha de peixe por farinha de insetos (PICCOLO *et al.*, 2017; SÁNCHEZ-MUROS; BARROSO; DE HARO, 2016 ; BELFORTI *et al.*, 2015). No entanto, os níveis de substituição devem dispor das exigências nutricionais mínimas requeridas para a espécie a qual se quer produzir, sem prejudicar as características fisiológicas das espécies (FABRIKOV *et al.*, 2020).

Comumente, as espécies de insetos comumente usadas na aquicultura apresentam de 35 a 70% de proteína bruta, 9 a 40% de lipídeos, 2 a 15% de carboidratos e 3 a 11% de minerais (CHIA *et al.*, 2020; BASTO, MATOS, VALENTE, 2020; TUBIN *et al.*, 2020). Assim, o uso de insetos surge como uma das alternativas alimentares em dietas na aquicultura, pois podem ser facilmente obtidos na natureza, possibilitando a sua produção durante o ano, valores nutricionais adequados que irão suprir as exigências dos organismos cultivados. Nesse contexto, o presente capítulo objetivou realizar uma revisão de informações sobre o tema, para que seja refletido o uso de farinha de insetos na alimentação de peixes.

7.2 INSETOS COMO FONTE DE ALIMENTO

Os insetos fazem parte do grupo de animais mais abundante da Terra. Atualmente, registros informam que existem, aproximadamente, 1.000.000 de espécies registradas (RAFAEL *et al.*, 2012). Porém, estudos informam que sua diversidade global pode atingir cerca de 80 milhões de espécies (ERWIN, 2004). Grimaldi e Engel (2005) sugeriram que apenas 20% de todos os insetos foram nomeados e descritos.

A entomofagia consiste no hábito de consumir insetos, sendo uma prática comum em diversos países Orientais, embora, no Ocidente, a utilização do inseto para consumo humano seja visualizada como algo atípico. Há uma necessidade de buscar novas fontes proteicas alternativas para o consumo humano e animal, tendo em vista a redução nos recursos pesqueiros, no alto custo da produção pecuária, no aumento da emissão nos gases do efeito estufa, na poluição ambiental, no aumento no número de zoonoses e, também, na escassez de água, criando novas opções do uso do inseto para a manutenção da segurança alimentar (VAN HUIS, 2013b).

Dados apontam que cerca de 1900 espécies de insetos são consumidas em todo mundo, além disso, órgãos como a Agência das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) têm elaborado diversas pesquisas na avaliação do potencial do uso de inseto na alimentação humana e animal. Os insetos são opções interessantes para a manutenção da segurança alimentar, pois possuem vantagens, como a alta eficiência na conversão alimentar, por ser um alimento altamente nutritivo, além de conservar os recursos naturais por meio do seu cultivo, em virtude do uso reduzido de água e de reciclagem da matéria orgânica (VAN HUIS, 2013b).

Com a crescente demanda por alimento, os insetos vêm mostrando seu potencial para fins de alimentação humana e animal. FAO (2003) publicou o documento, *Insects for the food and feed*, o qual defini recomendações sobre a criação de insetos como forma de delimitar critérios na seleção dos insetos aptos à produção, quer seja pela facilidade na criação, pelo sabor, cor dos subprodutos, quer seja pela sua segurança alimentar. Seguindo esse tema, FAO (2013) publicou outro documento, intitulado *Edible insects: future prospects for food and fed security*, no qual demonstra, novamente, o potencial alimentício dos insetos, focando, dessa vez, na segurança alimentar do seu consumo.

Busca-se a substituição de ingredientes “caros” na ração de organismos aquáticos cultiváveis para produção em escala industrial. Com isso, em pesquisas, tem-se demonstrado

resultados promissores no uso de insetos, como a *Musca domestica*, por possuir um alto teor de proteína e de aminoácidos essenciais, como lisina e arginina, e o besouro *Tenebrio molitor*, que é um inseto comestível, produzido comercialmente e é utilizado, também, na produção da farinha de inseto por possuir um alto teor de aminoácidos e ácidos graxos (VAN HUIS, 2013b; ROMEIRO; OLIVEIRA; CARVALHO, 2015).

Normalmente, os insetos são usados na forma de farinha, sendo, anteriormente, desidratados e moídos (VAN HUIS *et al.*, 2013a). Para isso, diferentes estágios e espécies são promissoras, tais como: larva farinha (*Tenebrio molitor*) (NG *et al.*, 2001), mosca domestica (*Musca domestica*) (OGUNJI *et al.*, 2007), mosca soldado negro (*Hermetia illucens*) (NEWTON *et al.*, 2005), gafanhotos (*Zonocerus variegatus*) (ALEGBELEYE *et al.*, 2012), grilos (*Gryllus bimaculatus*) (TAUFEK *et al.*, 2016) e bicho da seda (*Bombyx mori*) (XU *et al.* 2018).

7.3 O VALOR NUTRICIONAL DOS INSETOS PARA ORGANISMOS CULTIVADOS

O uso de fontes proteicas, na aquacultura, tem por finalidade o melhor crescimento nas exigências nutricionais dos animais cultivados. Dessa forma, as características da ração e da fonte proteica são essenciais para alcançar um ótimo resultado na produção. O hábito alimentar, necessidades nutricionais e a eficiência de assimilação vão variar entre as espécies de peixes. Nesse sentido, os insetos se mostram promissores, pois apresentam taxas proteicas valiosas e com perfis de aminoácidos balanceados e taxas de gordura com alto teor de ácidos graxos (CHIA *et al.*, 2020). Além disso, há uma maior facilidade na criação de insetos em grande biomassa e de forma mais sustentável em vários fluxos (RUMPOL; SCHLUTER, 2013a; RUMPOL; SCHLUTER, 2013b).

Entre as espécies usadas, a mosca soldado negro e a mosca doméstica são produzidas com dejetos; enquanto se alimentam dessa matéria orgânica, produzem larvas ricas

em nutrientes que podem ser utilizados como ingredientes na nutrição de peixes (VAN HUIS *et al.*, 2013a; CHIA *et al.*, 2018). Os insetos apresentam teores de proteína bruta entre 40-60% em base seca, o que pode demonstrar sua eficiência em substituição à farinha de peixe e farelo de soja na nutrição de peixes (CHIA *et al.*, 2020). Deve-se, sempre, ter em mente que as necessidades de aminoácidos e proteínas vão depender do hábito alimentar das espécies, assim como as respostas metabólicas e as adaptações na mudança da alimentação delas (FABRIKOV *et al.*, 2020).

Os estudos vêm avaliando os valores nutricionais dos insetos e demonstram que, em sua maioria, apresentam alta qualidade e teor proteico, sais minerais e aminoácidos essenciais, embora esses valores variem, dependendo da fase no ciclo de vida e entre as espécies. Xu *et al.* (2018) em estudo com farinha de pupa hidrolisada do bicho da seda, encontraram valores de proteína bruta, variando entre 43,20-67,90%. Já Ng *et al.* (2001), avaliando farinha de larva farinha (*T. molitor*), para extrato etéreo, observaram valores entre 6,87 – 28,60%. Barroso *et al.* (2014) afirmam que, em relação aos aminoácidos, os insetos do grupo Diptera apresentam perfil similar à farinha de peixe, sendo que o teor de metionina da mosca soldado negro (3,26% dos aminoácidos totais) é maior em relação à farinha de peixe (2,93% dos aminoácidos totais). O mesmo autor relata que as larvas dessa espécie possuem alto teor de ácido láurico, 12:0.

Rumpold e Schluter (2013a) afirmam que os insetos apresentam pequenos níveis de ácidos graxos poli-insaturados (ômega 3), como o EPA (eicosapentaenóico 20:5n-3) e o DHA (docohexaenóico 22:6n-3). Nesse sentido, Sealey *et al.* (2011) falam que os níveis de ácidos graxos, nas larvas da mosca soldado negro, podem ser melhorados, utilizando substratos de reisados de peixes durante o cultivo dessa espécie. Um outro ponto a ser comentado é o exoesqueleto dos insetos. Esta estrutura é constituída, parcialmente, de quitina, um carboidrato estrutural contendo nitrogênio que proporciona o aparecimento de bactérias intestinais benéficas, ocasionando numa flora intestinal mais saudável e variada (HUYBEN *et al.*, 2019).

Siemianowska *et al.* (2013) verificou a composição proximal das larvas de *T. molitor* ainda frescas. O autor relatou valores de 56% de umidade, 18% de proteína bruta, 22% do total de gordura e mais de 1% de cinzas. Elevados teores de minerais, também, foram encontrados: magnésio (87,5 mg/100 g), zinco (4,2 mg/100 g), ferro (3,8 mg/100 g), cobre (0,78 mg/100 g) e de manganês (0,44 mg/100 g). Para o autor, esses valores provam que a larva de *T. molitor* é uma valiosa fonte de nutrientes, tanto para o humano quanto para os animais. A larva em pó é um produto de alta qualidade e pode ser aplicada como um complemento nas refeições tradicionais.

7.4 EFEITOS DA INCLUSÃO DE INSETOS EM DIETAS

Para incorporar um novo ingrediente em dietas, é fundamental conhecer as características biológicas e fisiológicas da espécie. Nesse contexto, devem ser consideradas alguns quesitos, como a viabilidade de produção da ração, forma da criação do animal, sua palatabilidade e características sensoriais e nutricionais dessas rações. Vários estudos, ao longo dos anos, vêm avaliando a substituição da farinha de peixe pela farinha de insetos nas dietas de peixes para água salgada, salmão, dourada e robalo europeu e para água doce, tilápia, truta, carpa e catfish.

Lock, Arsiwalla e Waagbo (2015) avaliaram duas dietas com diferentes concentrações (FI A: 25%, 50% e 100%; FI B: 25% e 100%) de substituição com farinha da mosca soldado negro (*H. illucens*) para salmão do atlântico. O experimento durou certa de 15 semanas, quando foram constatados pelos autores que os tratamentos com as dietas FI A apresentaram resultados semelhantes ao tratamento controle, demonstrando um crescimento igual aos animais. Em relação às possíveis mudanças sensoriais do produto, os autores constataram pela análise sensorial dos files dos tratamentos FI A 25% e FI B 25% que não houve diferenças significativas do tratamento controle, mostrando que os produtos apresentaram boas características de cor, sabor, aparência e textura.

Em outro estudo, foram avaliados o efeito da farinha de inseto no perfil de ácidos graxos e metabólicos lipídicos do salmão do atlântico. Não foram encontradas diferenças no perfil lipídico do músculo da espécie em comparação à dieta controle. No entanto, foram observadas altas taxas no coeficiente de digestibilidade dos ácidos graxos apesar de as dietas apresentarem níveis elevados de ácidos graxos saturados. Os autores ainda relatam que houve uma diminuição de triglicerídeos no fígado da espécie, o que pode ser justificado pela rápida oxidação e pela baixa decomposição de ácido láurico presente nos insetos (BELGHIT *et al.*, 2018). Dessa forma, o uso de farinha de insetos se mostra um alimento alternativo promissor nas dietas para a espécie.

Tubin *et al.* (2019), em estudo com tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), avaliaram os efeitos no uso da farinha de *T. molitor* sobre os parâmetros zootécnicos, hematológicos e bioquímicos na espécie. Foram testadas 4 formulações 5, 10, 15 e 20% de substituição durante seis semanas de cultivo. Os autores observaram que o desempenho zootécnico, o índice hepatossomático e a composição da carcaça apresentaram efeito linear com o aumento nos níveis de substituição. No entanto, eles recomendam o valor máximo de 10% de substituição da farinha de peixe por farinha de insetos na alimentação de tilápia do Nilo.

No geral, os autores reportam que os melhores resultados de composição bromatológica das dietas e o grau de digestibilidade grande quantidade de aminoácidos foram encontrados nas dietas com farinha de tenebrio em comparação com as dietas com farinha da mosca soldado negro e o tratamento controle. Os autores comentam que a espécie *T. molitor* são fonte de proteína promissoras para essa espécie, com potencial de substituir a farinha de peixe, sem comprometer a digestibilidade dos nutrientes.

7.5 CONCLUSÃO

A farinha de insetos é uma importante fonte proteica alternativa em substituição à farinha de peixes como ingrediente principal da dieta de espécies de organismo

cultivados. Devido a ser uma fonte de altos níveis de proteínas, não compromete os parâmetros de crescimento e digestibilidade dos animais, possibilitando uma promissora alternativa para expansão sustentável da nutrição aquícola. Além do cultivo não requerer grandes espaços, aproveitam-se os dejetos oriundos da agroindústria e dos processamentos de peixes. No entanto, vale ressaltar que o incentivo na produção desses animais ainda é baixo, demanda de investimentos e desenvolvimento tecnológico. Outro ponto se deve a poucas pesquisas realizadas na dieta de outras espécies de peixe cultivado e de possíveis alterações no desempenho zootécnico e de possíveis alterações nas características sensoriais do filé. Portanto, a produção de insetos para aplicação na aquicultura pode garantir o fornecimento de um alimento inerte adequado aos animais, sem prejudicar a qualidade da carne frente ao mercado consumidor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALEGBELEYE, W. O.; OBASA, S. O.; OLUDE, O. O.; OTUBU, K.; JIMOH, W. Preliminary evaluation of the nutritive value of the variegated grasshopper (*Zonocerus variegatus* L.) for African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell. 1822) fingerlings. **Aquaculture Research**, v.43, p.412-420, 2012.
- ALLEGRETTI, G.; TALAMINI, E.; SCHMIDT, V.; BOGORNI, P. C.; ORTEGA, E. Insect as feed: An emergy assessment of insect meal as a sustainable protein source for the Brazilian poultry industry. **Journal of Cleaner Production**, v.171, p.403-412, 2018.
- BARROSO, F. G.; DE HARO, C.; SÁNCHEZ-MUROS, M. J.; VENEGAS, E.; MARTÍNEZ-SÁNCHEZ, A.; PÉREZ-BAÑÓN, C. The potential of various insect species for use as food for fish. **Aquaculture**, v.422, p.193-201, 2014.
- BASTO, A.; MATOS, E.; VALENTE, L. M. P. Nutrition value of diferente insect larvae meals as protein sources for European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles. **Aquaculture**, v.521, p.735085, 2020.

- BELFORTI, M.; GAI, F.; LUSSIANA, C.; RENNA, M.; MALFATTO, V.; ROTOLO, L.; DE MARCO, M.; DABBOU, S.; SCHIAVONE, A.; ZOCCARATO, I.; GASCO, L. *Tenebrio Molitor* Meal in Rainbow Trout (*Oncorhynchus Mykiss*) Diets: Effects on Animal Performance, Nutrient Digestibility and Chemical Composition of Fillets. **Italian Journal Animal Science**, v.14, p.4170, 2015.
- BELGHIT, I.; WAAGBO, R.; LOCK, E. J.; LILAND, N. S. Insects-based diets high in lauric acid reduce liver lipids in freshwater Atlantic salmon. **Aquaculture Nutrition**, v.00, p.1-15, 2018.
- BLONK, H.; KOOL, A.; LUSKE, B.; WAART, S. Environmental effects of protein-rich food products in the Netherlands Consequences of animal protein substitutes. 2008. Disponível em: <https://faunalytics.org/wp-content/uploads/2015/05/Citation1291.pdf>. Acesso em: 19/08/2020
- CHIA, S. Y.; MACHARIA, J.; DIIRO, G. M.; KASSIE, M.; EKESI, S.; VAN LOON, J. J. A.; DICKE, M.; TANGA, C. M. Smallholder farmers' knowledge and willingness to pay for insect-based feeds in Kenya. **Plos One**, v.15, p.e0230552, 2020.
- CHIA, S. Y.; TANGA, C. M.; OSUGA, I. M.; MOHAMED, S. A.; KHAMIS, F. M.; SALIFU, D.; SEVGAN, S.; FIABOE, K. K. M.; NIASSE, S.; VAN LOON, J. J. A.; DICKE, M.; EKESI, S. Effects of waste stream combinations from brewing industry on performance of black soldier fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae). **PeerJ**, p.6:e5885, 2018.
- ERWIN, T. L. The biodiversity question: how many species of terrestrial arthropods are there?. In: **Forest Canopies**. New York: Elsevier, 259-269, 2004. cap.14.
- FABRIKOV, M. J. D.; SÁNCHEZ-MUROS, M.; BARROSO, F. G.; TOMÁS-ALTEMAR, C.; MELENCHÓN, F.; HIDALGO, M. C.; MORALES, A. E.; RODRIGUEZ-RODRIGUES, M.; MONTES-LOPEZ, J. Comparative study of growth performance and amino acid catabolism in *Oncorhynchus mykiss*, *Tinca tinca* and *Sparus aurata* and the catabolic changes in response to insect meal inclusion in the diet. **Aquaculture**, v.529, p.735731, 2020.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) 2013. **Fish to 2030 prospects for fisheries and aquaculture**. World Bank report nº 83177-GLB.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) 2003. **Insects for the food and feed. 2003**. Disponível em: <<http://www.fao.org/edible-insects/en/>> Acesso em: 10/08/2020.

- GRIMALDI, D.; ENGEL, M. S. **Evolution of the Insects**. New York/Cambridge: Cambridge University Press 15: 755 pp. 2005
- HENRY, M.; GASCO, L.; PICCOLO, G.; FOUNTOULAKI, E. Review on the use of insects in the diet of farmed fish: Past and future. **Animal Feed Science Technology**, v.203, p.1-22, 2015.
- HUYBEN, D.; VIDA KOVIĆ, A.; HALLGREN, S. W.; LANGELAND, M. Highthroughput 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.
- LOCK, E. R.; ARSIWALLA, T.; WAAGBO, R. Insect larvae meal as an alternative source of nutrients in the diet of Atlantic salmon (*Salmo salar*) postsmolt. **Aquaculture Nutrition**, v.22, n.6, p.1202-1213, 2015. <https://doi.org/10.1111/anu.12343>
- NEWTON, L.; SHEPPARD, C.; WATSON, D.; BURTLE, G.; DOVE, R. Using the black soldier fly, *Hermetia illucens*, as a value-added tool for the management of swine manure. Animal and Poultry Waste Management Center, North Carolina State **University, Raleigh, NC**, v.17, 2005.
- NG, W. K.; LIEW, F. L.; ANG, L. P.; WONG, K. W. Potential of mealworm (*Tenebrio molitor*) as an alternative protein source in practical diets for African catfish, *Clarias gariepinus*. **Aquaculture Research**, v.32, p.273-280, 2001.
- OGUNJI, J. O.; NIMPTSCH, J.; WIEGAND, C.; SCHULZ, C. Evaluation of the influence of housefly maggot meal (magma) diets on catalase, glutathione S-transferase and glycogen concentration in the liver of *Oreochromis niloticus* fingerling. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular and Integrative Physiology**, v.147, n.4, p.942-947, 2007.
- PICCOLO, G.; IACONISI, V.; MARONO, S.; GASCO, L.; LOPONTE, R.; NIZZA, S.; BOVERA, F.; PARISI, G. Effect of *Tenebrio molitor* larvae meal on growth performance, in vivo nutrients digestibility, somatic and marketable indexes of gilthead sea bream (*Sparus aurata*). **Animal Feed Science Technology**, v.226, p.12-20, 2017.
- RAFAEL, J. A.; MELO, G. A. R.; CARVALHO, C. J. B.; CASARI, C. J. B.; CONSTANTINO, R. **Insetos do Brasil: diversidade e taxonomia**. 1. Ed. Holos, 2012. 810p.
- ROMEIRO, E. T.; OLIVEIRA, I. D.; CARVALHO, E. F. Insetos como alternativa alimentar: artigo de revisão. **Revista Comportamento, Cultura e Sociedade**, v.4, p.1-21, 2015.

RUMPOLD, B. A.; SCHLUTER, O. K. Nutritional composition and safety aspects of edible insects. **Molecular Nutrition & Food Research**, v.57, p.802-823, 2013a.

RUMPOLD, B. A.; SCHLUTER, O. K. Potential and challenges of insects as an innovative source for food and feed production. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v.17, p.1-11, 2013b.

SÁNCHEZ-MUROS, M. J.; BARROSO, F. G.; DE HARO, C. Brief Summary of Insect Usage as an Industrial Animal Feed/Feed Ingredient. In: **Insects as Sustainable Food Ingredients**. 1.ed. New York: Elsevier, 2016. cap.10.

SÁNCHEZ-MUROS, M. J.; BARROSO, F. G.; MANZANO-AGUGLIARO, F. Insect meal as renewable source of food for animal feeding: A review. **Journal of Cleaner Production**, v.65, p.16-27, 2014.

SCHIAVONE, A.; DABBOU, S.; DE MARCO, M.; CULLERE, M.; BIASATO, I.; BIASIBETTI, E.; CAPUCCHIO, M. T.; BERGAGNA, S.; DEZZUTTO, D.; MENEGUZ, M.; GAI, F.; DALLE ZOTTE, A.; GASCO, L. Black soldier fly larva fat inclusion in finisher broiler chicken diet as an alternative fat source. **Animal**, v.12, p.2032-2039, 2018.

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

SECCI, G.; MONIELLO, G.; GASCO, L.; BOVERA, F.; PARISI, G. Barbary partridge meat quality as affected by *Hermetia illucens* and *Tenebrio molitor* larva meals in feeds. **Food Research International**, v.112, p.291-298, 2018.

SIEMIANOWSKA, E.; KOSEWSKA A.; ALJEWICZ M.; SKIBNIEWSKA K. A.; JUSZCZAK, L. P.; JAROCKI, A.; SĘDRAS, M. Larvae of mealworm (*Tenebrio molitor* L.) as European novel food. **Agricultural Sciences**, v.4, p.287-291, 2013.

TAUFEK, N. M.; ASPANI, F.; MUIN, H.; RAJI, A. A.; RAZAK, S. A.; ALIAS, Z. The effect of dietary cricket meal (*Gryllus bimaculatus*) on growth performance, antioxidant enzyme activities, and haematological response of African catfish (*Clarias gariepinus*). **Fish Physiology and Biochemistry**, v.42, n.4, p.1143-1155, 2016.

TUBIN, J. S. B.; PAIANO, D.; HASHIMOTO, G. S. O.; FURTADO, G. E.; MARTINS, M. L.; DURIGON, E; EMERENCIANO, M. G. C. Tenebrio molitor meal in diets for Nile tilapia juveniles reared in biofloc system. **Aquaculture**, v.519, p.734-763, 2020.

VAN HUIS, A.; VAN ITTERBEECK, J.; KLUNDER, H.; MERTENS, E.; HALLORAN, A.; MUIR, G.; VANTOMME, P. Edible Insects. Future Prospects for Food and Feed Security. FAO: Rome, 201p., 2013. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/018/i3253e/i3253e00.htm>
Acesso em: 12/08/2020a

VAN HUIS, A. Potential of Insects as Food and Feed in Assuring Food Security. **Annual Review of Entomology**, v.58, p.563-583, 2013.

XU, X.; JI, H.; YU, H.; ZHOU, J. Influence of replacing fish meal with enzymatic hydrolysates of defatted silkworm pupa (*Bombyx mori* L.) on growth performance, body composition and non-specific immunity of juvenile mirror carp (*Cyprinus carpio* var. *specularis*). **Aquaculture research**, v.49, n.4, p.1480-1490, 2018.

CAPÍTULO VIII

TECNOLOGIA E PROCESSAMENTO DE RAÇÕES À BASE DE INSETOS

Andressa Jantzen da Silva Lucas*
Carlos Prentice (in memoriam)

8.1 INTRODUÇÃO

Diversos estudos demonstram o potencial uso dos insetos como alimentos para diferentes animais (LLAGOSTERA *et al.*, 2019; VAN HUIS, 2020; TOMBERLIN; VAN HUIS, 2020, SÁNCHEZ-MUROS, BARROSO; DE HARO, 2016). Apesar de ser, tecnicamente, viável a produção de insetos em grande escala para usá-los como um ingrediente alternativo sustentável rico em proteínas nas dietas animais (VELDKAMP *et al.*, 2012), ainda pouco se sabe sobre como processar insetos em rações comerciais (TIROESELE; MOREKI, 2012).

Uma vez que diferentes métodos de processamentos tecnológicos afetam as propriedades nutricionais e funcionais da matéria-prima, bem como do produto final (PAYNE *et al.*, 2015), estes devem ser avaliados quanto a sua capacidade de garantir os mais altos padrões nutricionais e de qualidade nos produtos desejados. É muito difícil fazer uma suposição geral sobre o processamento de insetos, pois as espécies têm suas peculiaridades (espécie, tamanho, cultivo e reprodução, diferentes estágios de vida, sexo, dieta, dentre outros) (OONINCX *et al.*, 2015; VAN HUIS *et al.*, 2013; LUCAS; OLIVEIRA; PRENTICE, 2019), o que dificulta o desenvolvimento

* Doutoranda na Escola de Química e Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande – FURG; andressalucas@furg.br

de processos padronizados para produção de rações à base de insetos. Essa complexidade pode explicar, em parte, porque, ainda, não estão disponíveis, no mercado, um elevado número de rações comerciais que utilizam proteínas ou outros constituintes de insetos (para maiores informações, ver capítulo 9).

Em comparação com a farinha de peixe e a farinha de soja, os insetos precisam passar por uma série de etapas de processamento, a fim de torná-los adequados para aplicação na indústria de rações. Neste capítulo, propôs-se fazer uma revisão de literatura, a fim de se obter informações relevantes sobre este tópico. Os temas abordados compreendem desde a criação dos insetos até a obtenção do produto final, englobando uma ampla discussão sobre quais as técnicas de processamento mais adequadas que visam manter as propriedades nutricionais dos insetos.

8.2 CRIAÇÃO DE INSETOS PARA ALIMENTAÇÃO ANIMAL

Dentre as diversas espécies de insetos existentes, cerca de 2.000 já foram catalogadas como comestíveis (BARENNE; PHIMMASANE; RAJAONARIVO, 2015). No entanto, apenas algumas são criadas em quantidade suficiente para serem processadas e destinadas à alimentação animal ou humana. Alguns dos insetos mais comuns cultivados com o propósito de produzir alimentos e rações incluem: *Acheta domesticus*, *Tenebrio molitor*, *Gryllus bimaculatus*, *Bombyx mori*, *Galleria mellonella*, *Apis mellífera*, *Musca domestica*, *Lucilia sericata*, *Cetonia aurata*, *Gryllus assimilis*, *Locusta migratória*, *Rhynchophorus ferrugineus*, *Rhynchophorus phoenicis* e *Pachnoda marginata* (ORTIZ *et al.*, 2016). A criação artificial de insetos destinados à alimentação animal deve seguir uma série de exigências específicas (para maiores informações ver capítulo 9), com o intuito de permitir um maior controle sobre as práticas de higiene e uma maior segurança associada a suprimentos de insetos comestíveis, atenuando, assim, riscos potenciais.

Até o momento, procedimentos operacionais padrões para a criação de insetos ainda não estão bem estabelecidos,

dada as necessidades específicas de cada espécie, porém espera-se que esses procedimentos surjam juntamente com o aumento da demanda do mercado de insetos comestíveis. Da mesma maneira, os processos de fabricação de alimentos para insetos, também, não são discutidos na literatura. Tamanho, formato e textura do alimento e as formas de admissão representam uma lacuna de conhecimento em relação às necessidades alimentares dos insetos.

É sabido que insetos podem se alimentar de resíduos orgânicos (RAMOS-ELORDUY, 1997). No entanto, como a composição nutricional dos insetos pode ser afetada de acordo com sua alimentação (OONINCX *et al.*, 2015), a necessidade de rações fornecidas para insetos cultivados pode exigir aditivos adicionais. Também, devem ser levadas em consideração as diferentes formas de apresentação das rações (líquido, pó ou purê, semissólido, pellets, extrusados, dentre outros) (ORTIZ *et al.*, 2016), uma vez que os insetos são classificados de acordo com suas adaptações alimentares. Alguns insetos possuem aparelho bucal sugador e somente são capazes de se alimentar com líquidos; outros possuem aparelhos bucais cortantes que lhes permitem mastigar alimentos de origem animal ou vegetal e outros que possuem aparelhos bucais sugadores modificados, adaptados para perfurar o hospedeiro e sugar seus tecidos internos liquefeitos de origem animal ou vegetal (CHAPMAN, 1995).

Os três principais grupos de nutrientes requeridos na alimentação de insetos incluem proteínas, lipídios e carboidratos. Os carboidratos são uma importante fonte de energia para os insetos, necessários para a produção de quitina, polissacarídeo presente no exoesqueleto de artrópodes (EL KNIDRI *et al.*, 2018). Os lipídios são componentes estruturais essenciais da membrana celular, são uma maneira eficiente de armazenar e de fornecer energia metabólica e servem como uma barreira para a conservação de água na cutícula dos artrópodes (BEENAKKERS; VANDERHORST; VANMARREWIK, 1985). A proteína é um componente fundamental dos tecidos de todos os organismos (especialmente animais como os insetos) e é necessária para o crescimento e desenvolvimento.

Estudos comprovaram que o aumento do teor de proteína, na dieta de tenébrio comum (*Tenebrio molitor*), encurtou o tempo de desenvolvimento (MORALES-RAMOS *et al.*, 2010) e aumentou a taxa de ganho de peso (VAN BROEKHOVEN *et al.*, 2015). Os micronutrientes, como esteróis, vitaminas e alguns minerais, são necessários em pequenas quantidades, mas são essenciais para a nutrição dos insetos e para a falta ou deficiência tem um impacto negativo significativo no seu desenvolvimento. Para maiores informações sobre nutrição de insetos, ver capítulo 2.

A criação dos insetos deve ser realizada levando em consideração as especificidades de cada espécie. Alguns podem andar verticalmente, pular ou voar. Um espaço tridimensional, feito com divisórias de papelão ou caixa de ovo (Figura 8.1), pode permitir uma maior densidade, não dependendo, apenas, de espaços planos bidimensionais. Para os insetos que são criados diretamente no substrato ao fundo de uma superfície plana (a maioria das larvas), é possível minimizar, ainda mais, o espaço necessário para cultivar uma quantidade máxima de insetos, mantendo as caixas em prateleiras de vários níveis (Figura 8.2) (ORTIZ *et al.*, 2016). Em alguns casos, a limpeza das caixas é desejada; para outras espécies, os insetos podem ser criados durante toda a vida no mesmo recipiente, desde a incubação até a colheita. Todas as caixas de criação devem ser projetadas para fácil manuseio e feitas de material estruturalmente resistente, que pode ser lavado várias vezes. Insetos mortos e resíduos devem ser armazenados e coletados semanalmente. Maiores informações como espaço e localização, iluminação, temperatura, qualidade do ar e umidade ambiente, requeridos na criação em massa de insetos comestíveis, podem ser encontradas em Ortiz *et al.* (2016).

Figura 8.1 – Criação de *Hermetia illucens* (A) insetos adultos, (B) larvas e (C) ovos.



Fonte: Ortiz *et al.* (2016)

Figura 8.2 – Criação de *Tenebrio molitor* em larga escala



Fonte: Ortiz *et al.* (2016)

8.3 PROCESSAMENTO DE INSETOS PARA ALIMENTAÇÃO

O processamento tecnológico de matérias-primas exerce uma influência significativa nas propriedades funcionais dos alimentos. Podendo levar à redução da digestibilidade ou à perda do valor nutricional, bem como aceitabilidade reduzida devido a mudanças no sabor, aroma, textura, cor dentre outras (PAYNE *et al.*, 2015). Da mesma maneira como as mais diversas fontes de alimentos convencionais, quando os insetos chegam a seu estágio de maturação requerido, os mesmos devem ser “colhidos” e, posteriormente, processados. A primeira etapa de processamento inclui a retirada do inseto de seu substrato ou local de crescimento. Para tal, o peneiramento é uma opção bastante mencionada em diferentes estudos (RAMOS-ELORDUY; GONZALEZ, 2002). Após a colheita, os insetos podem ser abatidos de duas maneiras: com processamento a frio (congelamento), ou a quente (branqueamento) (LUCAS *et al.*, 2020; LUCAS; OLIVEIRA; PRENTICE, 2019).

Semelhante a outros produtos, os insetos são ricos em nutrientes e umidade, e isso proporciona um ambiente adequado para crescimento de microrganismos patogênicos (KLUNDER *et al.*, 2012), conforme observado por Makkar *et al.* (2014). Os autores relataram o crescimento de fungos e bactérias em larvas de mosca doméstica após secagem (23% de umidade) e concluíram que o teor de umidade ideal para minimizar a contaminação é, em torno, de 4-5%. A etapa de secagem, realizada para remover a umidade, pode ser vista como uma eficiente etapa de preservação para a obtenção de um material estável o suficiente para ser armazenado por longos períodos. São encontrados, na literatura, diversos estudos que utilizam a secagem como método de preservação em insetos. Porém, sabe-se que a qualidade dos constituintes dos insetos é diretamente influenciada pela etapa de processamento.

Foi relatado que a gordura exsuda com a evaporação, durante o processo de secagem, aumenta o efeito das perdas

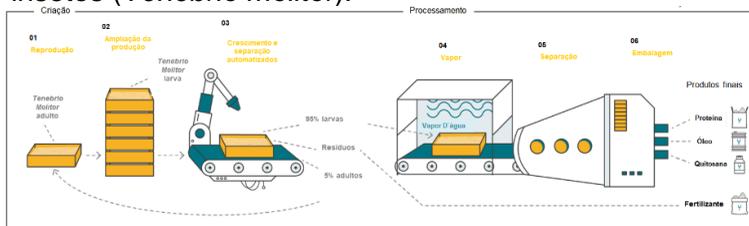
lipídicas e dos ácidos graxos. Esse fenômeno foi observado em barata cinérea (*Nauphoeta cinerea*) em comparação com diferentes métodos de preservação (congelamento e secagem), conforme descrito por Lucas *et al.* (2020). O conteúdo lipídico, obtido para barata seca (17,9%), foi, significativamente, inferior ($p < 0,05$) quando comparado ao conteúdo lipídico contido na barata congelada (25,6%). Além disso, o armazenamento de insetos ou produtos de insetos com alto teor de gordura (especialmente, aquelas com alto teor de ácidos graxos ômega-3) pode exigir a adição de antioxidantes e armazenamento em áreas secas (SÁNCHEZ-MUROS, BARROSO; DE HARO, 2016). Melis *et al.* (2018) compararam os efeitos da secagem e do congelamento em tenébrio comum (*Tenebrio molitor*), a partir dos quais verificaram que os rearranjos moleculares, durante a secagem, envolvem alterações ao nível de compostos lipídicos e metabólitos aquosos de baixa massa molecular. Quando secos, cupins comestíveis e gafanhotos apresentam redução na digestibilidade proteica em 7% (KINYURU *et al.*, 2010). Oliveira, Lucas e Oliveira (2018) observaram mudanças na cor das larvas de *Tenebrio molitor* ao comparar dois métodos de secagem (forno de micro-ondas e desidratação por secador com circulação de ar forçada); esta mudança na coloração durante a secagem, segundo Zielińska, Karaś e Jakubczyk (2017), pode estar relacionada à desnaturação proteica e/ou a reações de escurecimento em que parte dos aminoácidos é utilizada.

A etapa de secagem pode ser seguida por uma etapa de para se obter uma farinha de insetos (OLIVEIRA *et al.*, 2017; LUCAS *et al.*, 2020; LUCAS; OLIVEIRA; PRENTICE, 2019). Esta pode ser adicionada em diferentes formulações em sua forma íntegra (insetos inteiro) ou, a partir desta, podem ser obtidos diferentes produtos (Figura 8.3), uma vez que a farinha de insetos é rica em proteínas, lipídios e fibras (OLIVEIRA *et al.*, 2017). Os lipídios extraídos dos insetos podem ser utilizados como biocombustível; a proteína resultante do processo pode ser destinada para a alimentação animal (MANZANO-AGUGLIARO *et al.*, 2012), assim como

a fração sacarídica pode ser utilizada para a obtenção de quitina ou seu principal derivado funcional (quitosana) (SOON *et al.*, 2018; LUO *et al.*, 2019).

Por serem recentes, estudos que avaliam a influência de diferentes processamentos em insetos são restritos. Tratando-se de uma matéria-prima alternativa a alimentos ou rações, os insetos costumam ser ofertados inteiros ou adicionados a formulações. Em ambos os casos, os insetos precisam ser secos para obter-se o resultado desejado. Por essa razão, mais restritos ainda são os estudos que avaliam outras técnicas de processamento.

Figura 8.3 – Processamento em escala industrial de insetos (*Tenebrio molitor*).



Fonte: Adaptado de Ynsect (<https://www.ynsect.com/en/>)

Lucas *et al.* (2020) observaram que o teor de proteína da barata cinérea seca (59,1%) foi significativamente superior ($p < 0,05$) ao da barata congelada (56,2%). Fato esse explicado devido à estrutura celular ser danificada durante o congelamento por diversos fatores, tais como, aumento do volume celular, crescimento de cristais de gelo em forma de agulha, o que causa a ruptura das membranas celulares, e, conseqüentemente, alterações de alguns metabólitos sensíveis (MAZUR, 1984), resultando, em alguns casos, na diminuição de teor de proteínas da amostra.

Como mencionado anteriormente, frações ricas em proteínas são excelentes para uso em rações (RAMOS-ELORDUY *et al.*, 2002). O fato de a concentração de proteína, contida na maioria dos insetos ser elevada, faz com que a extração e o fracionamento proteico, que são etapas necessárias para produzir ingredientes oriundos de proteínas

de insetos, sejam facilitados. Uma das maneiras mais baratas e acessíveis de se obter proteína de insetos é através de isolados proteicos. Esse processo pode ser realizado seguindo algumas etapas: homogeneização, desengorduramento, solubilização de proteínas, precipitação isoelétrica de proteínas, ressolubilização de proteínas seguidas por uma etapa de desidratação/secagem (NONGONIERMA; FITZGERALD, 2017). Além disso, a modificação enzimática de proteínas (hidrólise enzimática) é um mecanismo útil que pode ser utilizado para aumentar a funcionalidade e a disponibilidade de compostos bioativos das proteínas, quando comparadas com as proteínas não nativas (HALL *et al.*, 2017; LUCAS *et al.*, 2020). A hidrólise enzimática de insetos, geralmente, é realizada com insetos homogeneizados ou a partir de isolados de proteínas de insetos (CASTRO *et al.*, 2018; NONGONIERMA; FITZGERALD, 2017; LUCAS *et al.*, 2020), porém este é considerado um processo caro em escala industrial e, muitas vezes, não justifica seu uso para suplementação proteica em rações animais.

A maior parte da atenção dada aos insetos como fonte de alimento concentra-se no conteúdo proteico dos mesmos. No entanto, os lipídios, também, são considerados um componente principal dos insetos e podem ser obtidos durante o isolamento das proteínas (YI *et al.*, 2013; AMARENDER *et al.*, 2020). Dependendo do estágio de crescimento do inseto, a fração lipídica pode ser encontrada em maior quantidade do que a fração proteica (LUCAS; OLIVEIRA; PRENTICE, 2019), e, como já mencionado, pode ser facilmente destinada como coproduto para outros fins.

8.4 ALIMENTAÇÃO ANIMAL À BASE DE INSETOS

É possível se encontrar, na literatura, ensaios de alimentação com dietas para diferentes animais, porém todos os estudos encontrados foram realizados de forma artesanal. Apesar de já existirem rações à base de insetos para diferentes animais disponíveis para venda no mercado (Figuras 8.4, 8.5 e 8.6), não foram encontrados estudos desta natureza.

No que diz respeito à produção sustentável e às propriedades nutritivas das proteínas, Barroso *et al.* (2014) e Sánchez-Muros *et al.* (2014) concluíram que o uso de farinhas de insetos como fonte alternativa de proteína animal pode ser uma opção em comparação à farinha de peixe e à farinha de soja. Sealey *et al.* (2011) concluíram que do ponto de vista sensorial, diferentes formulações utilizando 25 e 50% de farinha de mosca, juntamente com farinha de peixe para alimentação de trutas, não diferiram da dieta controle (100% de farinha de peixe). Sogbesan e Ugwumba (2008) sugeriram que cupins alados reprodutivos poderiam ser utilizados para preparar farinha em substituição à farinha de peixe para alevinos de peixe bagre. Os melhores resultados foram obtidos com uma mistura de 50% de cupins e 50% de farinha de peixe.

O conteúdo de proteína bruta das larvas da mosca doméstica (*Musca domestica*) é comparável ao da farinha de peixe. Para criação intensiva, se as larvas forem utilizadas como fonte de proteínas para aves, devem ser oferecidas em uma forma seca. Substituição de 33% da farinha de peixe convencional por larvas foi considerada ideal para pintinhos, porém o aumento da proporção de larvas reduz o desempenho do crescimento (ATTEH; OLOGBENLA, 1993). Já para frangos de corte mais velhos, o crescimento ideal foi alcançado com 25% de reposição (AWONIYI *et al.*, 2003). Quando o valor nutritivo das larvas e o efeito da farinha de larvas sobre o desempenho de produção de frangos de corte foi analisado, Tégua *et al.* (2002) concluíram que, a partir de do ponto de vista técnico e econômico, a farinha de larva poderia substituir a farinha de peixe. Larvas de *Tenebrio molitor* (0, 5 e 10% do peso seco) foram utilizadas em adição à de farinha de soja e de sorgo para avaliar o consumo de ração, o ganho de peso e a eficiência na alimentação de frangos de corte. Os resultados, após 15 dias, não mostraram diferenças significativas entre os tratamentos. Os autores concluíram que o *Tenebrio molitor* tem potencial para ser usado como fonte de proteína na criação dessas aves (RAMOS-ELORDUY *et al.*, 2002). Os autores, também,

mencionaram uma série de estudos com resultados semelhantes, que também utilizaram insetos para alimentação de aves. Demais estudos que utilizaram insetos como fonte alternativa a rações são encontrados neste E-book, nos capítulos específicos para diferentes animais.

Figura 8.4 – Ração à base de insetos para peixes



Fonte: <https://www.petco.com/shop/en/petcostore/product/fluval-bug-bites-color-enhancer-granules>

Figura 8.5 – Mix de insetos para alimentação de jacarés



Fonte: <https://www.amazon.com/Edible-Insects-Mixed-Grasshoppers-Crickets/dp/B01D961QI6>

Figura 8.6 – Mix de insetos em pasta para alimentação animal



Fonte: <https://www.walmart.com/ip/Edible-Insects-Mixed-Can-of-Edible-Bugs-Edible-Crickets-and-Grasshoppers-Orthoptera-Mix/534943452>

8.5 CONCLUSÃO

Do ponto de vista do processamento, os insetos podem ser utilizados para a alimentação como um todo ou como fração adicionada a formulações já existentes. O processamento dos insetos para fabricação de rações pode gerar coprodutos, como lipídios e quitina, e esses podem ser destinados para fabricação de biodiesel e obtenção de quitosana, respectivamente. Tópicos importantes de serem estudados são as questões de preservação e prazo de validade, metodologias de processamento, procedimentos de fracionamento e questões de segurança. Além disso, o nível ideal de inclusão de todo insetos ou frações de insetos, na alimentação animal, ainda não é bem discutido. Os elementos envolvidos com a produção de insetos e qualidade relacionada e custos de produção, como alimentação, irrigação, manuseio, colheita, sistemas de limpeza, processamento, embalagem e armazenamento podem ser melhorados, significativamente, com a adição de tecnologia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARENDER, R. V.; BHARGAVA, K.; DOSSEY, A. T.; GAMAGEDARA, S. Lipid and protein extraction from edible insects – Crickets (*Gryllidae*), **LWT – Food Science and Technology**, 2020. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109222>.

- ATTEH, J. O.; OLOGBENLA, F. D. Replacement of fish meal with maggots in broiler diets: effects on performance and nutrient retention. **Nigerian Journal of Animal Production**, v. 20, p. 44-49, 1993.
- AWONIYI, T. A. M.; ALETOR, V. A.; AINA, J. M. Performance of broiler – chickens fed on maggot meal in place of fishmeal. **International Journal of Poultry Science**, v. 2, p. 271-274, 2003.
- BARENNE, H.; PHIMMASANE, M.; RAJAONARIVO, C. Insect consumption to address undernutrition, a national survey on the prevalence of insect consumption among adults and vendors in Laos. **PLoS ONE**, v. 10, e0136458, 2015.
- BARROSO, F. G.; DE HARO, C.; SÁNCHEZ-MUROS, M. J.; VENEGAS, E.; MARTÍNEZ-SÁNCHEZ, A.; PÉREZ-BAÑÓN, C. The potential of various insect species for use as food for fish. **Aquaculture**, v. 422, p. 193-201, 2014.
- BEENAKKERS, A. M. T.; VANDERHORST, D. J.; VANMARREWIJK, W. J. A. Insect lipids and lipoproteins, and their role in physiological processes. **Progress in lipid research**, v. 24, p. 19-67, 1985.
- CASTRO, R. J. S.; OHARA, A.; AGUILAR, J. G. S.; DOMINGUES, M. A. F. Nutritional, functional and biological properties of insect proteins: Processes for obtaining, consumption and future challenges. **Trends in Food Science & Technology**, p. 82-89, v. 76, 2018.
- CHAPMAN, R.F. Mechanics of food handling by fluid-feeding insects. In: **Regulatory mechanisms of insect feeding**, 1. ed. Switzerland: Springer, 2009. cap. 1.
- EL KNIDRI, H.; BELAABED, R.; ADDAOU, A.; LAJEB, A.; LAHSINI, A. Extraction, chemical modification and characterization of chitin and chitosan. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 120, p. 1181-1189, 2018.
- HALL, F. G.; JONES, O. G.; O'HAIRE, M. E.; LICEAGA, O. M. Functional properties of tropical banded cricket (*Grylodes sigillatus*) protein hydrolysates. **Food Chemistry**, v. 224, p. 414-422, 2017.
- KINYURU, J. N.; KENJI, G. M.; SIMON, N.; MUHOHO, M. A. Nutritional potential of longhorn grasshopper (*Ruspolia differens*) consumed in Siaya district, Kenya. **Journal of Agricultural Science and Technology**, v. 12, p. 32-46, 2010.
- KLUNDER, H. C.; WOLKERS-ROOIJACKERS, J.; KORPELA, J. M.; NOUT, M. J. R. Microbiological aspects of processing and storage of edible insects. **Food Control**, v. 26, p. 628-631, 2012.

- LLAGOSTERA, P. F.; KALLAS, Z.; REIG, L.; GEA, D. A. The use of insect meal as a sustainable feeding alternative in aquaculture: Current situation, Spanish consumers' perceptions and willingness to pay. **Journal of Cleaner Production**, v. 229, p. 10-21, 2019.
- LUCAS, A. J. S.; DA ROCHA, M.; SAAD, C. D. M.; PRENTICE, C. Efeitos das diferentes condições de processo na avaliação da hidrólise enzimática de barata cinérea (*Nauphoeta cinerea*). **Brazilian Journal of Development**, v. 6, p. 48885-48898, 2020.
- LUCAS, A. J. S.; OLIVEIRA, L. M.; PRENTICE, C. Como os diferentes estágios do desenvolvimento interferem na composição proximal da barata cinérea (*Nauphoeta cinerea*). **Brazilian Journal of Development**, v. 5, p. 32510-32516, 2019.
- LUO, Q.; WANG, Y.; HAN, Q.; JI, L.; ZHANG, H.; FEI, Z.; WANG, Y. Comparison of the physicochemical, rheological, and morphologic properties of chitosan from four insects. **Carbohydrate Polymers**, v. 209, p. 266-275, 2019.
- MAKKAR, H. P. S.; TRAN, G.; HEUZÉ, V.; ANKERS, P. State-of-the-art on use of insects as animal feed. **Animal Feed Science and Technology**, v. 197, p. 1-33, 2014.
- MANZANO-AGUGLIARO, F.; SANCHEZ-MUROS, M. J.; BARROSO, F. G.; MARTÍNEZ-SÁNCHEZ, A.; ROJO, S.; PÉREZ-BAÑÓN, C. Insects for biodiesel production. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 16, p. 3744-3753, 2012.
- MAZUR, P. Freezing of living cells: Mechanisms and implications. **American Journal of Physiology**, v. 247, p. C125-C142, 1984.
- MELIS, R.; BRACA, A.; MULAS, G.; SANNA, R.; SPADA, S.; SERRA, G.; FADDA, M. L.; UZZAU, T. R. S.; ANEDDA, R. Effect of freezing and drying processes on the molecular traits of edible yellow mealworm. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 48, p. 138-149, 2018.
- MORALES-RAMOS, J. A.; ROJAS, M. G.; SHAPIRO-ILAN, D. I.; TEDDERS, W. L.; Developmental plasticity in *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae): analysis of instar variation in number and development time under different diets. *Journal of Entomological Science*, v. 45, p. 75-90, 2010.
- NONGONIERMA, A. B.; FITZGERALD, R. J. Unlocking the biological potential of proteins from edible insects through enzymatic hydrolysis: A review. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 43, p. 239-252, 2017.

OLIVEIRA, L. M.; LUCAS, A. J. S.; CADAVAL, C. L. SALAS-MELLADO; M. M. Bread enriched with flour from cinereous cockroach (*Nauphoeta cinerea*). **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, 2017.

OLIVEIRA, L. M.; LUCAS, A. J. S.; OLIVEIRA, F. G. Evaluation of color *Tenebrio molitor* larvae by different methods of dehydration. **Journal of Food Processing and Technology**, v. 9, p. 758, 2018.

OONINCX, D. G. A. B.; VAN BROEKHOVEN, S. V.; VAN HUIS, A.; VAN LOON, J. J. A. Feed conversion, survival and development, and composition of four insect species on diets composed of food by-products. **Plos One**, v. 10, 2015.

ORTIZ, J. A. C.; RUIZ, A. T.; MORALES-RAMOS, J. A.; THOMAS, M.; ROJAS, M. G.; TOMBERLIN, J. K.; YI, L.; HAN, R.; GIROUD, L.; JULLIEN, R. L. Insect Mass Production Technologies. In: **Insects as sustainable food ingredients**, 1. ed. New York: Elsevier, 2016. cap. 6.

PAYNE, C. L. R.; SCARBOROUGH, P.; RAYNER, M.; NONAKA, K. A systematic review of nutrient composition data available for twelve commercially available edible insects, and comparison with reference values. **Trends in Food Science & Technology**, v. 47, p. 69-77, 2016.

RAMOS-ELORDUY, J. Insects: A sustainable source of food? **Ecology of Food and Nutrition**, v. 36, p. 247-276, 1997.

RAMOS-ELORDUY, J.; GONZALEZ, E. A. Use of *Tenebrio molitor* (Coleoptera : Tenebrionidae) to recycle organic wastes and as feed for broiler chickens. **Journal of Economic Entomology**, v. 95, p. 214-220, 2002.

SÁNCHEZ-MUROS, M. J.; BARROSO, F. G.; DE HARO, C. Brief Summary of Insect Usage as an Industrial Animal Feed/Feed Ingredient. In: **Insects as sustainable food ingredients**, 1. ed. New York: Elsevier, 2016. cap. 10.

SÁNCHEZ-MUROS, M. J.; BARROSO, F. G.; MANZANO-AGUGLIARO, F. Insect meal as renewable source of food for animal feeding: a review. **Journal of Cleaner Production**, v. 65, p. 16-27, 2014.

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

SOGBESAN A. O.; UGWUMBA A. A. A. Nutritional evaluation of termite (*Macrotermes subhyalinus*) meal as animal protein supplements in the diets of *Heterobranchus longifilis* (Valenciennes, 1840) Fingerlings. **Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 8, p. 149-157, 2008.

SOON, C. Y.; TEE, Y. B.; TAN, C. H.; ROSNITA, A. T.; KHALINA, A. Extraction and physicochemical characterization of chitin and chitosan from *Zophobas morio* larvae in varying sodium hydroxide concentration. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 108, p. 135-142, 2018.

TÉGUIA, A.; MPOAME, M. The production performance of broiler birds as affected by the replacement of fish meal by maggot meal in the starter and finisher diets. **Tropicultura**, v. 20, p. 187-192, 2002.

TIROESELE, B.; MOREKI, J. C. Termites and earthworms as potential altern sources of protein for poultry. **IJAVMS**, v. 6, p. 368-376, 2012.

TOMBERLIN, J. K.; VAN HUIS, A. Black soldier fly from pest to 'crown jewel' of the insects as feed industry: an historical perspective. **Journal of Insects as Food and Feed**, v. 6, p. 1-4, 2020.

VAN BROEKHOVEN, S.; OONINCX, D. G. A. B.; VAN HUIS, A.; VAN LOON, J. J. A. Growth performance and feed conversion efficiency of three edible mealworm species (Coleoptera: Tenebrionidae) on diets composed of organic by-products. *Journal of Insect Physiology*, v. 73, p. 1-10, 2015.

VAN HUIS, A. Insects as food and feed, a new emerging agricultural sector: a review. **Journal of Insects as Food and Feed**, v. 6, p. 27-44, 2020.

VAN HUIS, A.; VAN ITTERBEECK, J.; KLUNDER, H.; MERTENS, E.; HALLORAN, A.; MUIR, G.; VANTOMME, P. Edible Insects. Future Prospects for Food and Feed Security. FAO: Rome, 201 p., 2013. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/018/i3253e/i3253e00.htm> Acesso em: 18/04/2018.

VELDKAMP, T.; VAN DUINKERKEN, G.; VAN HUIS, A.; LAKEMOND, C. M. M.; OTEVANGER, E.; BOSCH, G.; VAN BOEKEL, M. A. J. S. **Insects as a sustainable feed ingredient in pig and poultry diets – a feasibility study**. 1th ed. Wageningen: Wageningen UR Livestock Research, 2012. 49 p.

YI, L. Y.; LAKEMON, C. M. M.; SAGIS, L. M. C.; EISNER-SCHADLER, V.; VAN HUIS, A.; VAN BOEKEL, M. A. J. S. Extration and characterisation of protein fractions from five insect species. **Food Chemistry**, v. 141, p. 3341-3348, 2013.

ZIELIŃSKA, E.; KARAS, M.; JAKUBCZYK, A. Antioxidant activity of predigested protein obtained from a range of farmed edible insects. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 52, p. 306-312, 2017.

CAPÍTULO IX

INDÚSTRIA BASEADA EM INSETOS: STATUS ATUAL, MERCADO E LEGISLAÇÃO

Andressa Jantzen da Silva Lucas*
Carlos Prentice (in memoriam)

9.1 INTRODUÇÃO

Sabe-se que o sistema alimentar global é um dos principais impulsionadores dos encargos ambientais, e estima-se que, até o ano de 2050, poderá haver um aumento de 50 a 90% destes encargos na ausência de mudanças e de medidas de mitigação (SPRINGMANN *et al.*, 2018). Globalmente, as empresas estão se concentrando no desenvolvimento de estratégias sustentáveis de produção e consumo para reduzir seu impacto ambiental e social (KOUHIZADEH; SABERI; SARKIS, 2020; BAG; GUPTA; KUMAR, 2020). Os fabricantes estão adotando várias iniciativas ecológicas para resultados de sustentabilidade que podem atrair mais clientes, já que os consumidores se mostram mais propensos a comprar produtos que consideram o meio ambiente e a sustentabilidade e estão mais dispostos a pagar um preço mais elevado como forma de apoiar os esforços (MAHMUD; SOETANTO; JACK, 2020).

Nos últimos cinco anos, o conhecimento científico sobre o uso de insetos, na alimentação humana ou como uso em rações animais, vem crescendo exponencialmente. O mesmo ocorre com o setor industrial, que está cada vez mais engajado

* Doutoranda na Escola de Química e Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande – FURG; andressalucas@furg.br

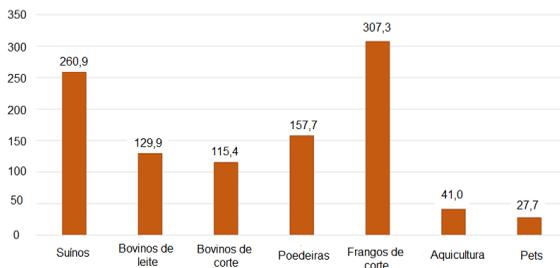
na criação, no processamento e na comercialização de insetos comestíveis (VAN HUIS, 2020), uma vez que produtos à base de insetos podem ser considerados, ambientalmente, mais benéficos do que produtos alimentares convencionais (LUCAS *et al.*, 2020).

Com base no exposto, este capítulo tem como objetivo fazer uma análise acerca do mercado atual de rações para alimentação animal e como a inserção dos insetos como ingrediente/ matéria-prima se dá neste contexto. Uma ampla gama de empresas que já utilizam insetos em seus produtos para alimentação animal é apresentada, bem como o processamento adequado para fabricação de rações com adição de insetos. Também, são abordados assuntos relacionados à legislação, no Brasil e no mundo, assim como desafios e perspectivas futuras.

9.2 O MERCADO ATUAL DE INSETOS COMESTÍVEIS NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL E SUAS PROJEÇÕES FUTURAS

A produção global de rações para animais (Figura 9.1) gera um faturamento anual estimado de mais de 400 bilhões de dólares, com venda de produtos em mais de 130 países e emprega, diretamente, mais de um quarto de milhão de trabalhadores, técnicos, gerentes e profissionais qualificados. A produção mundial de alimentos compostos para animais atingiu cerca de 1 bilhão de toneladas no ano de 2019 (OCDE/FAO, 2019).

Figura 9.1 – Produção de ração por espécie animal no ano de 2019 (em milhões de toneladas)



Fonte: Alltech (2020)

A “Alltech Global Feed Survey” relatou, através de pesquisa realizada com 30.000 empresas do ramo de ração para alimentação animal, situadas em 145 países, que, pela primeira vez na história da pesquisa, foi observado um declínio na produção global de alimentos para animais (Tabela 9.1). A indústria de ração enfrentou alguns desafios extremos no ano de 2019, como, por exemplo, a peste suína africana (PSA). Estima-se que os danos causados pela doença terão implicações a longo prazo. Enquanto os produtores trabalham para suplementar a demanda de proteínas nos países não afetados, nos demais, as principais fontes de proteínas utilizadas, na fabricação de rações, continuam a mudar à medida que a indústria se adapta à escassez (ALLTECH, 2020). Uma solução potencial para suprir a demanda proteica, na alimentação animal, seria o uso de insetos como ingrediente de dietas para animais, principalmente, como alternativa à farinha de peixe, óleo de peixe e farinha de soja (MAKKAR *et al.*, 2014; HENRY *et al.*, 2015; GASCO; BIANCAROSA; LILAND, 2020; VAN HUIS, 2020). É mais ecológico do que transportar soja em todo o mundo e alimentar peixes com peixes. Especialmente, se você pode alimentar insetos com sobras, por exemplo, da indústria de alimentos (RAMOS-ELORDUY, 1997; RAMOS-ELORDUY *et al.*, 2002).

Segundo o relatório “Mercado de alimentos para insetos – crescimento, tendências e previsões (2020-2025)”, disponibilizado pela “Research and Markets” o mercado global de alimentos, utilizando insetos, foi avaliado em 687,8 milhões de dólares em 2018 e deve atingir um valor de 1.396,4 milhões de dólares até 2024, registrando um crescimento de 12% durante o período previsto. A partir de 2018, por tipo de animal, o segmento de aquicultura dominava o mercado com uma participação de 51,0%. A crescente demanda por peixes de criação em todo o mundo levou a um aumento nos preços da farinha e do óleo de peixe. Portanto, a alimentação utilizando insetos serve como uma opção viável e rica em proteínas para a alimentação aquática, impulsionando, assim, o mercado (RESEARCH AND MARKETS, 2020).

Tabela 9.1 – Produção global de ração (em milhões de toneladas)

Região	2018	2019	Diferença
África	40,7	43,7	7,5%
Ásia-Pacífico	384,5	363,2	-5,5%
Europa	278,8	279,2	0,2%
América Latina	164,3	167,9	2,2%
Oriente Médio	27,6	26,0	-5,8%
América do Norte	232,2	236,0	1,6%
Oceania	10,7	10,5	-1,3%
Total	1138,2	1126,5	-1,0%

Fonte: Adaptado de Alltech (2020)

O mercado de alimentos, utilizando insetos na China, foi avaliado em 112,2 milhões de dólares em 2018, e estima-se que chegará a 228,3 milhões de dólares até 2024, registrando um aumento de 11,9%, durante o período previsto. A China representa cerca de 9% da importação global de carne, avaliada em 113 bilhões de dólares. Além disso, é um dos maiores compradores de carne e consumiu cerca de 65,6 milhões de toneladas de carne suína, frango e carne bovina em 2016. Para atender à crescente demanda por carne no País, o gado está sendo alimentado com proteínas de insetos. Isso, por sua vez, levou ao desenvolvimento da indústria de ração para outros animais, como aves e suínos, impulsionando, assim, o mercado geral de ração com insetos no país (GOC, 2018).

Dentro desse contexto, dados mostram que o Brasil está posicionado entre as dez maiores economias em nível global, e é o segundo maior fornecedor mundial de alimento e produtos agrícolas, por isso, este ano, as perspectivas agrícolas possuem um foco especial voltado ao nosso País. A Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) relata que o Brasil está preparado para tornar-se o maior fornecedor capaz de satisfazer a demanda mundial adicional, proveniente, principalmente, da Ásia (OCDE/FAO, 2019). Se considerarmos que o Brasil possui o maior rebanho comercial do mundo, com cerca de 213,5 milhões de animais no ano de 2019, bem como 5,7 milhões de equinos, 41,4 milhões de suínos, 10,6 milhões de caprinos, 1,4 bilhões de galináceos e 1,6 milhões de codornas

(IBGE, 2020) e que todos estes animais podem ter insetos inseridos em sua dieta, o Brasil, com certeza, pode ser considerado um país promissor no que diz respeito ao mercado de insetos para ração/ alimentação animal. Porém, para que esses artrópodes possam ser inseridos na dieta de diferentes animais, é necessária uma gama de regulamentações e legislações para que esta matéria-prima seja reconhecida como segura.

9.3 LEGISLAÇÃO NO BRASIL E NO MUNDO

O principal objetivo da cadeia de produção de alimentos é produzir alimentos nutritivos e seguros para os consumidores, o que significa garantir a “segurança alimentar”. Quando o assunto é alimentação animal, a regra continua sendo a mesma. Portanto, existem regulamentações necessárias para toda a cadeia de produção envolvida na obtenção de alimentos para animais, a fim de garantir que os insumos não representem um perigo para a saúde humana, para a saúde animal ou para o meio ambiente.

A ausência de legislação e normas que orientam o uso de insetos como alimento e ração para animais é um dos principais fatores limitantes que impedem o desenvolvimento industrial da criação de insetos. Na maioria dos países, o uso de insetos para alimentação humana ou animal é, na prática, mais tolerado do que regulado (VAN HUIS *et al.*, 2013). Na União Europeia (UE), os insetos são considerados “animais de criação” de pleno direito, podendo ser utilizados para produção de alimentos, alimentos para animais ou outros produtos derivados (Regulamento n° 2017/893). A legislação da UE regula as condições para que operadores de empresas de alimentos e rações, como produtores de insetos, produzam e comercializem seus produtos em toda UE. Foram adotadas, no início de 2000, uma série de leis que definem princípios e normas gerais no domínio da segurança dos alimentos para animais: “Lei Geral dos Alimentos” (Regulamento n° 178/2002), o “Pacote Higiene” (Regulamento n° 852/2004), relativo à higiene dos gêneros alimentícios e o Regulamento n° 183/2005,

que estabelece requisitos relacionados à higiene dos alimentos para animais. (IPIFF, 2019). (Para maiores informações, acesse: <http://ipiff.org/insects-eu-legislation/>). Em outros países como o Canadá, o uso de insetos ou proteínas extraídas de insetos, também, são permitidas para alimentação de aves. Em países como China ou Coréia do Sul, nenhuma limitação se aplica (GASCO; BIANCAROSA; LILAND, 2020). Atualmente, no Quênia e Uganda, é permitido o uso de insetos em dietas para animais e peixes (DICKE, 2018).

No Brasil, estima-se que, aproximadamente, 600.000 pessoas, entre os criadores de pássaros canoros nativos, tenham colônias da espécie tenébrio comum (*Tenebrio molitor*) para alimentar suas aves. Também, existem, em menor número, criações de tenébrio gigante (*Zophobas morio*), grilo preto (*Gryllus assimilis*), mosca doméstica (*Musca domestica*) e barata cinérea (*Nauphoeta cinerea*) (GONÇALVES; BASTOS, 2014). No país, são listados em torno de 2185 matérias-primas classificadas como ingredientes ou aditivos autorizados para uso na alimentação animal segundo normativa nº 40, de 15 de junho de 2020, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Dentre as possíveis matérias-primas, alguns insetos já são classificados como ingredientes possíveis de serem utilizados na alimentação animal, dentre eles, a barata cinérea (*Nauphoeta cinerea*), jovem e adulta na forma desidratada, larvas de mosca soldado negro (*Black Soldier Fly*), larvas desidratadas de tenébrio comum (*Tenebrio molitor*) e larvas desidratadas de tenébrio gigante (*Zophobias morio*). Porém, para os que querem investir na criação de insetos visando à alimentação animal, ainda existem diversos aspectos que devem ser levados em consideração no que diz respeito à legislação para criação e processamento dos artrópodes com este fim. Resolução nº 489, de 26 de outubro de 2018, do Concelho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), define as categorias de atividades ou empreendimentos e estabelece critérios gerais para a autorização de uso e manejo, em cativeiro, da fauna silvestre e da fauna exótica. O Decreto nº 6.296, de 11 de dezembro de 2007, que aprova o regulamento

da Lei nº 6.198, de 26 de dezembro de 1974, dispõe sobre a inspeção e a fiscalização obrigatórias dos produtos destinados à alimentação animal. E a Instrução Normativa nº 4, de 23 de fevereiro de 2007, aprova o regulamento técnico sobre as condições higiênico-sanitárias e de boas práticas de fabricação para estabelecimentos fabricantes de produtos destinados à alimentação animal. A Instrução Normativa nº 13, de 30 de novembro de 2004, dispõe sobre o regulamento técnico sobre aditivos para produtos destinados à alimentação animal.

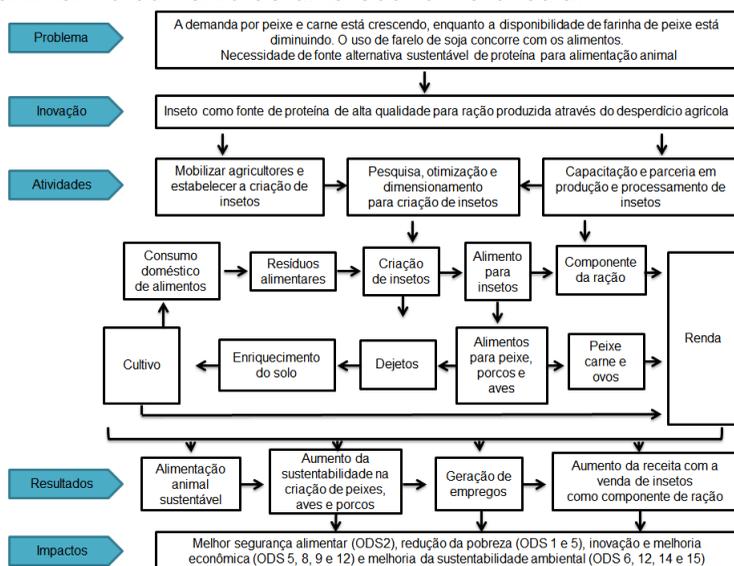
9.4 EMPRESAS ATUANTES NO MERCADO QUE UTILIZAM INSETOS COMO MATÉRIA-PRIMA PARA FABRICAÇÃO DE RAÇÕES

É crescente o uso do termo “Economia circular” quando se diz respeito à criação de insetos para alimentação animal (ABRO *et al.*, 2020; CHIA *et al.*, 2019; VAN HUIS, 2020). O termo faz menção à possibilidade de utilizar os insetos como um sistema de ciclo fechado na cadeia de produção das fazendas, uma vez que pequenos proprietários podem iniciar negócios inovadores, utilizando os resíduos orgânicos gerados da produção agrícola para alimentar os insetos. Estes, por sua vez, serão beneficiados para obtenção de farinha e, posteriormente, incluídos na alimentação de animais. A venda dos produtos animais resultantes (peixe, carne e ovos) pode ser considerada uma forma indireta do uso de insetos para alimentação humana. Ainda, os dejetos da criação destes artrópodes podem ser utilizados como fertilizante orgânico para a produção agrícola. Os insetos podem, assim, efetivamente, fechar ciclos de nutrientes, evitando desperdício de alimentos à medida que se torna um recurso (RANTA *et al.*, 2018).

Nesse contexto, pequenos agricultores podem se beneficiar do novo mercado, gerando lucros significativos e aumento à resiliência econômica em comunidades de baixa renda, contribuindo para melhorar a segurança alimentar e fornecendo uma fonte mais barata de alimento para animais (VELDKAMP; BOSCH, 2015), ao mesmo tempo em que aprimora os serviços de limpeza ambiental, reciclando

os resíduos orgânicos e diminuindo as emissões de gases de efeito estufa (ERMOLAEV *et al.*, 2019; MERTENAT *et al.*, 2019; PANG *et al.*, 2020). A Figura 9.2 apresenta um esquema completo da criação de insetos para alimentação animal no contexto de uma economia circular pela visão de Chia *et al.* (2019). Os autores ainda citam que a criação de insetos por pequenos agricultores alinha-se com vários objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS) propostos pela FAO.

Figura 9.2 – A criação de insetos para alimentação animal no contexto de uma economia circular



Fonte: Adaptado de Chia *et al.* (2019)

Além da possibilidade de criação de insetos por pequenos agricultores, é crescente o número de pequenas e grandes empresas que vêm o potencial de alimentar animais de estimação, peixes, porcos e aves com insetos, em substituição a outras fontes alternativas de alta qualidade (VERBEKE *et al.*, 2015). A Tabela 9.2 apresenta uma lista das principais empresas atuantes no mercado que utilizam insetos como ingredientes na formulação de rações/alimentos para diferentes espécies

de animais. A análise mercadológica realizada indica que o mercado estudado é altamente fragmentado. Alltech Coppens, Ynsect, Agroprotein e Enviroflight são alguns dos participantes que emergiram como as principais empresas até o momento.

A companhia francesa Ynsect é um complexo original que inclui uma fazenda vertical em que os insetos (*Tenebrio molitor*) são cultivados em uma planta de processamento de alimentos que permite a produção de ingredientes de alto nível, sustentáveis e naturais, oferecendo benefícios em termos de crescimento e desempenho para animais e plantas. A empresa projeta, até o ano de 2022, possuir uma capacidade de produção de até 100.000 toneladas de ingredientes ao ano, destinados, principalmente, a peixes e a animais domésticos. Dos insetos, são obtidos a proteína (MnMeal) e os lipídios (OnOil). Outros ingredientes de qualidade, como fertilizantes (FrnFrass), são obtidos a partir dos dejetos da criação dos insetos.

A missão da Inglesa AgroProtein é fechar o ciclo na produção de alimentos, aproveitando o poder dos insetos para fornecer uma alternativa ambientalmente benéfica ao desperdício de alimentos, e, a partir disso, criar ingredientes sustentáveis e de alta qualidade. A empresa foi fundada no ano de 2008 utilizando a estratégia da economia circular, desenvolvendo uma noção de industrialização da reciclagem de nutrientes insetos (*Hermetia illucens*), visando causar um impacto positivo ao meio ambiente. A empresa foi crescendo aos poucos e, no ano de 2010, foi construída a primeira planta piloto em Elsenburg, juntamente com uma rede internacional de institutos parceiros, incluindo as Universidades de Stellenbosch e Alicante, a Escola de Higiene e Medicina Tropical de Londres e a Texas A&M. No ano de 2014, foi construída a primeira fábrica de balança comercial (mais de 9.000 m²) em Philippi, na Cidade do Cabo, com capacidade para processar até 100 toneladas de desperdício de alimentos por dia. No ano de 2016, a AgroProtein levantou mais 17,5 milhões de dólares para expansão, tornando-o o negócio de criação de moscas mais valioso do mundo,

Tabela 9.2 – Lista das principais empresas atuantes no mercado que utilizam insetos como ingredientes na ração para diferentes animais, avaliado em 117 milhões de dólares. Durante os anos, a empresa vem expandindo seu negócio e, atualmente, possui escritórios na Califórnia, Cingapura, Bangalore, Hong Kong e Londres.

Empresa	País	Site
Alltech Coppens	Alemanha	www.alltechcoppens.com/en/
Goterra	Austrália	www.goterra.com.au
Nasekomo	Bulgária	www.nasekomo.life
Proteinea	Egito	www.proteinea.com
Bugimine	Estônia	www.bugimine.com
Next Alim	França	www.nextalim.com
nextProtein	França	www.nextprotein.co
Ynsect	França	www.ynsect.com
Hermetia	Alemanha	www.hermetia.de
Magalarva	Indonésia	www.magalarva.com
Hexafly	Irlanda	www.hexafly.com
Entofood	Malásia	www.entofood.com
Nutrition Technologies	Malásia/Singapura	www.nutrition-technologies.com
Blue Protein	Marrocos	www.blueprotein.ma
Illucens	Holanda	www.illucens.com/
Millibeter	Bélgica	www.millibeter.be
Proento	Holanda/México	www.proento.com
Protix	Holanda	www.protix.eu
Hipromine	Polônia	www.hipromine.com
Entobel	Vietnam	www.entobel.com
Prento farms	Porto Rico	www.prentofarms.com
Onto	Rússia	www.bio-onto.ru
AgroProtein	Inglaterra	www.agriprotein.com
MealFood Europe	Espanha	www.mealfoodeurope.com
Beta hatch	Estados Unidos	www.betahatch.com
Enviroflight	Estados Unidos	www.enviroflight.net
Grubbly Farms	Estados Unidos	www.grubblyfarms.com

Outro segmento que vem ganhando força no mercado, ainda no contexto insetos para alimentação animal, é o mercado de rações e produtos para *Pets*. O Brasil tem a segunda maior população de cães, gatos e aves canoras e ornamentais em todo o mundo e é o terceiro maior país em população total de animais de estimação, totalizando

139,3 milhões de *pets*, entre cães, gatos, peixes e aves (ABIMPET, 2020). No ano de 2019, o setor de ração para animais de estimação cresceu 4% em todo o mundo (ALTECH, 2020a), representando 73,9% do faturamento.

A Tabela 9.3 apresenta uma lista das principais empresas atuantes no mercado, que utilizam insetos como ingredientes na formulação de rações para animais de estimação. Dentre elas, podemos destacar a Midgard Farm e a Yora Petfoods. A Midgard Insect Farm Inc., situada na Nova Escócia, utiliza grilos com foco na produção de proteínas de insetos de alta qualidade para a indústria de animais de estimação e rações (Figura 9.3). A empresa possui uma fazenda de criação de grilos (*Grylloides sigillatus*) em Windsor, onde produz uma farinha rica em proteínas para alimentação animal. A segunda localização da empresa fica em Bible Hill. Esta está situada dentro do “Perennia Innovation Center” e é dedicada somente à pesquisa. Possui uma equipe de cientistas que buscam trazer novos níveis de eficiência e sustentabilidade aos produtos, visando atender às necessidades nutricionais de cães e gatos.

A Yora Petfoods, situada no Reino Unido, surgiu a partir de uma preocupação com o meio ambiente: À medida que a terra esquentava e os recursos diminuam, deveríamos realmente alimentar nossos animais de estimação com carne destinada para consumo humano? O fundador da empresa, Tom Neish, após trabalhar na indústria de animais de estimação por mais de 20 anos como designer e desenvolvedor de produtos, começou a se preocupar com o aumento de alimentos para animais de estimação com adição de carne de ‘grau humano’. Apesar de esses produtos fazerem bem para os animais, eles possuem uma relação direta com os impactos causados pela criação do gado. Além disso, foi identificado como um dos principais contribuintes para a ocupação do solo, uso da produção primária (a quantidade líquida de biomassa produzida anualmente pelas plantas), acidificação do solo, mudanças climáticas, uso de energia e dependência da água (MUNGKUNG *et al.*, 2013). Atualmente, a empresa utiliza larvas de *Hermetia Illucens* na fabricação de oito diferentes

produtos para cães, dentre eles, rações (Figura 9.4), biscoitos e barrinhas proteicas.

Tabela 9.3 – Lista das principais empresas atuantes no mercado que utilizam insetos como ingredientes na ração para animais de estimação

Empresa	País	Site
Midgard Farms	Canadá	www.mymidgard.com/
Wilder Harrier	Canadá	www.en.wilderharrier.com/
Reglo	França	www.reglopetfood.com
Tomoyo	França	www.tomoyo.co/
Green Pet Food	Alemanha	www.green-petfood.de
Eat Small	Alemanha	www.eat-small.com
Ofrieda	Alemanha	www.ofrieda.de
Tenetrio	Alemanha	www.tenetrio.de
Bug bakes	Reino Unido	www.bugbakes.co.uk
Yora Petfoods	Reino Unido	www.yorapetfoods.com
Chloes treats	Estados Unidos	www.chloestreats.com
Conscientious cat	Estados Unidos	www.conscientious.cat
Cricket Kitchen Pet Treats	Estados Unidos	www.cricketkitchen.com
Forage Pet Foods	Estados Unidos	www.foragepetfoods.com
Grubbets	Estados Unidos	www.grubbets.com
Kaissara Insetos	Brasil	www.facebook.com/kaissaraInsetos

Figura 9.3 – Produtos para cães da marca Midgard



Fonte: <https://www.mymidgard.com/>

Figura 9.4 – Ração para cães da marca Yora



Fonte: <https://www.yorapetfoods.com>

No Brasil, ainda é pequeno o número de empresas que beneficia e vende insetos para alimentação animal. Dentre as existentes, pode-se destacar a Kaissara Insetos. A empresa está no mercado desde o ano de 2013 e está sediada na cidade de Além Paraíba, Minas Gerais. Na biofábrica, são criados tenébrio gigante (*Zophobias morio*), tenébrio comum (*Tenebrio molitor*), barata cinérea (*Nauphoeta cinerea*) e grilo preto (*Gryllus assimilis*). Os insetos são comercializados, em sua grande maioria, desidratados ou em forma de farinha (Figura 9.5). Maiores informações da empresa estão disponíveis no Capítulo X deste livro.

Figura 9.5 – Larvas desidratadas de tenébrio gigante (*Zophobias morio*), tenébrio comum (*Tenebrio molitor*) e barata cinérea (*Nauphoeta cinerea*) desidratada.



Fonte: <http://www.facebook.com/kaissaraInsetos>

9.5 CONCLUSÃO

Pode-se concluir que o mercado de criação de insetos como fonte de alimentação animal está crescendo, significativamente, em todo o mundo. Novos conceitos como a economia circular estão surgindo ao mesmo tempo em que beneficiam pequenos agricultores, através de uma nova fonte de renda, trazem, também, benefícios para o meio ambiente. A falta de legislação específica, em determinados países, tanto para criação de insetos quanto para a inclusão destes em rações animais, não parece ser problema, tendo em vista o grande número de empresas que estão sendo criadas. Os dados mostram que, realmente, a criação e o uso de insetos, na alimentação animal, pode ser um negócio muito promissor em um futuro bem próximo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIMPET (Associação Brasileira da Indústria de Produtos para Animais de Estimação) 2020. **Informações gerais do setor pet**. Disponível em: http://abinpet.org.br/infos_gerais/ Acesso em: 18/06/2020.

ABRO, Z.; KASSIE, M.; TANGA, C.; BEESIGAMUKAMA, D.; DIIRO, G. Socioeconomic and environmental implications of replacing conventional poultry feed with insect-based feed in Kenya. **Journal of Cleaner Production**, v.265, p.121871, 2020.

GOC (Government of Canada) 2018. **Agriculture and agro-food canada**. Disponível em: <https://www.agr.gc.ca/eng/agriculture-and-agri-food-canada/?id=1395690825741> Acesso em: 14/07/20.

ALLTECH GLOBAL FEED SURVEY. **9ª Edição de pesquisa em rações**, 2020. Disponível em: <https://www.alltech.com/pt/feed-survey> Acesso em: 14/07/2020.

BAG, S.; GUPTA, S.; KUMAR, S. Industry 4.0 adoption and 10R advance manufacturing capabilities for sustainable development. **International Journal of Production Economics**, p.107844, 2020.

BRASIL. Decreto nº 6.296, de 11 de dezembro de 2007. Dispõe sobre a inspeção e a fiscalização obrigatórias dos produtos destinados à alimentação animal. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-pecuarios/alimentacao-animal/arquivos-alimentacao-animal/legislacao/decreto-no-6-296-de-11-de-dezembro-de-2007.pdf/view>> Acesso em: 11/07/2020.

BRASIL. Instrução normativa nº 4, de 23 de fevereiro de 2007. Regulamento técnico sobre as condições higiênico sanitárias e de boas práticas de fabricação para estabelecimentos fabricantes de produtos destinados à alimentação animal e o roteiro de inspeção. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-pecuarios/alimentacao-animal/arquivos-alimentacao-animal/legislacao/instrucao-normativa-no-4-de-23-de-fevereiro-de-2007.pdf/view>> Acesso em: 15/07/20.

BRASIL. Resolução nº 489, de 26 de outubro de 2018. Define as categorias de atividades ou empreendimentos e estabelece critérios gerais para a autorização de uso e manejo, em cativeiro, da fauna silvestre e da fauna exótica. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 29 de outubro de 2018. Disponível em: <http://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/47542644/do1-2018-10-29-resolucao-n-489-de-26-de-outubro-de-2018-47542603> Acesso em: 11/07/2020.

BRASIL. Resolução nº 40, de 15 de junho de 2020. Estabelecer os ingredientes e aditivos autorizados para uso na alimentação animal, incluindo-se aqueles utilizados na alimentação humana e susceptíveis de emprego na alimentação animal e os requisitos necessários para a inclusão e a alteração das matérias-primas aprovadas como ingredientes e aditivos. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 16 de junho de 2020. Disponível em: <<http://www.in.gov.br/web/dou/-/instrucao-normativa-n-40-de-15-de-junho-de-2020-261696914>> Acesso em: 11/07/2020.

CHIA, S. Y.; TANGA, C. M.; VAN LOON, J. JA.; DICKE, M. Insects for sustainable animal feed: inclusive businessmodels involving smallholder farmers. **Environmental Sustainability**, v.41, p.23-30, 2019.

DICKE, M. Insects as feed and the sustainable development goals. **Journal of Insects Food Feed**, v.4, p.147-156, 2018.

ERMOLAEV, E.; LALANDER, C.; VINNERÅS, B. Greenhouse gas emissions from small scale fly larvae composting with *Hermetia illucens*. **Waste Management**, v.96, p.65-74, 2019.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) 2013. **Fish to 2030 prospects for fisheries and aquaculture**. World Bank report nº 83177-GLB.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) 2019. **The State of Food and Agriculture 2019. Moving forward on food loss and waste reduction**. World Bank report nº CC BY-NC-SA 3.0 IGO. Disponível em: <http://www.fao.org/state-of-food-agriculture/en/> Acesso em: 18/06/2020.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) 2019. **OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas 2019-2028, OECD**, <https://doi.org/10.1787/7b2e8ba3-es>.

GASCO, L.; BIANCAROSA, I.; LILAND, N. S. From waste to feed: a review of recent knowledge on insects as producers of protein and fat for animal feeds. **Green and Sustainable Chemistry**, 2020. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2020.03.003>.

GASCO, L.; BIASATO, I.; DABBOU, S.; SCHIAVONE, A.; GAI, F. Animals fed insect-based diets: state-of-the-art on digestibility, performance and product quality. **Animals**, v.9, p.170, 2019.

GASCO, L.; FINKE, M.; VAN HUIS, A. Can diets containing insects promote animal health? **Journal of Insects as Food and Feed**, v.4, p.1-4, 2018.

GONÇALVES, A. S.; BASTOS, J. A. B. INsetos na alimentação animal. [S. l.]: Virtual Books, 2014. Disponível em: <http://www.crmvmg.gov.br/RevistaVZ/Revista22.pdf>. Acesso em: 14 de jul. 2020.

HENRY, M.; GASCO, L.; PICCOLO, G.; FOUNTOULAKI, E. 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.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) 2020. **Pesquisa da Pecuária Municipal. Tabela 3939 – Efetivo de Rebanhos, por tipo de Rebanho**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/3939> Acesso em: 14/07/20.

IPIFF (International Platform of Insects for Food and Feed) 2019. **The European Insect Sector today: challenges, opportunities and regulatory landscape**. Disponível em: http://ipiff.org/wp-content/uploads/2018/11/Web-version_IPIFF_Sustainabilityconsult_Brochure-31-10-1.pdf Acesso em: 18/06/2020

- KOUHIZADEH, M.; SABERI, S.; SARKIS, J. (2020). Blockchain technology and the sustainable supply chain: Theoretically exploring adoption barriers. **International Journal of Production Economics**, p.107831, 2020.
- LUCAS, A. J. S.; OLIVEIRA, L. M.; DA ROCHA, M.; PRENTICE, C. Edible insects: an alternative of nutritional, functional and bioactive compounds. **Food Chemistry**, v.311, p.126022, 2020.
- MAHMUD, M.; SOETANTO, D.; JACK, S. Environmental management and product innovation: The moderating role of the dynamic capability of small manufacturing firms. **Journal of Cleaner Production**, p.121633, 2020.
- MAKKAR, H. P. S.; TRAN, G.; HEUZÉ, V.; ANKERS, P. State-of-the-art on use of insects as animal feed. **Animal Feed Science and Technology**, v.197, p.1-33, 2014.
- MERTENAT, A.; DIENER, S.; ZURBRÜGG, C. Black Soldier Fly biowaste treatment – Assessment of global warming potential. **Waste Management**, v.84, p.173-181, 2019.
- MUNGKUNG, R.; AUBIN, J.; PRIHADI, T. H.; SLEMBROUCK, J.; VAN DER WERF, H. M. G.; LEGENDRE, M. Life cycle assessment for environmentally sustainable aquaculture management: a case study of combined aquaculture systems for carp and tilapia. **Journal of Cleaner Production**, v.57, p.249-256, 2013.
- PANG, W.; HOU, D.; CHEN, J.; NOWAR, E. E.; LI, Z.; HU, R.; TOMBERLIN, J. K.; YU, Z.; LI, Q.; WANG, S. Reducing greenhouse gas emissions and enhancing carbon and nitrogen conversion in food wastes by the black soldier fly. **Journal of Environmental Management**, v.260, p.110066, 220.
- RAMOS-ELORDUY, J. Insects: A sustainable source of food? **Ecology of Food and Nutrition**, v.36, p.247-276, 1997.
- RAMOS-ELORDUY, J.; GONZÁLEZ, E. A.; HERNÁNDEZ, A. R.; PINO, J. M. Use of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) to recycle organic wastes and as feed for broiler chickens. **Journal of Economic Entomology**, v.95, p.214-220, 2002.
- RANTA, V.; AARIKKA-STENROOS, L.; RITALA, P.; MÄKINEN, S. J. Exploring institutional drivers and barriers of the circular economy: a cross-regional comparison of China, the US, and Europe. **Resources, Conservation and Recycling**, v.135, p.70-82, 2018.

RESEARCH AND MARKETS, 2020. **Insect Feed Market – Growth, Trends and Forecasts (2020-2025)**. Disponível em: https://www.researchandmarkets.com/reports/4904389/insect-feed-market-growth-trends-and-forecasts?utm_source=dynamic&utm_medium=GNOM&utm_code=hxglsg&utm_campaign=1362188+-+Global+%241.39+Bn+Insect+Feed+Market%2c+2024%3a+Insights+Into+Growth+Trends+%26+Opportunities&utm_exec=joca220gnomd Acesso em: 14/07/20.

RUMPOLD, B. A.; SCHLÜTER, O. K. Nutritional composition and safety aspects of edible insects. **Molecular Nutrition & Food Research**, v.57, p.802-823, 2013.

SÁNCHEZ-MUROS, M. J.; BARROSO, F. G.; DE HARO, C. Brief Summary of Insect Usage as an Industrial Animal Feed/Feed Ingredient. In: **Insects as sustainable food ingredients**, 1.ed. New York: Elsevier, 2016. cap.10.

SPRINGMANN, M.; CLARK, M.; MASON-D'CROZ, D.; WIEBE, K.; BODIRSKY, B. L.; LASSALETTA, L.; DE VRIES, W.; VERMEULEN, S. J.; HERRERO, M.; CARLSON, K. M.; JONELL, M.; TROELL, M.; DECLERCK, F.; GORDON, L. J.; ZURAYK, R.; SCARBOROUGH, P.; RAYNER, M.; LOKEN, B.; FANZO, J.; GODFRAY, H. C. J.; TILMAN, D.; ROCKSTRÖM, J.; WILLETT, W. Options for keeping the food system within environmental limits. **Nature**, v.562, p.519-525, 2018.

VAN HUIS, A. Insects as food and feed, a new emerging agricultural sector: a review. **Journal of Insects as Food and Feed**, v.6, p.27-44, 2020.

VAN HUIS, A.; VAN ITTERBEECK, J.; KLUNDER, H.; MERTENS, E.; HALLORAN, A.; MUIR, G.; VANTOMME, P. Edible Insects. Future Prospects for Food and Feed Security. FAO: Rome, 201p., 2013. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/018/i3253e/i3253e00.htm> Acesso em: 18/04/2020.

VELDKAMP, T.; BOSCH, G. Insects – a protein rich feed ingredient in pig and poultry diets. **Animal Liberation Front**, v.5, p.45-50, 2015.

VERBEKE, W.; SPRANGHERS, T.; DE CLERCQ, P.; DE SMET, S.; SAS, B.; EECKHOUT, M. Insects in animal feed: Acceptance and its determinants among farmers, agriculture sector stakeholders and citizens. **Animal Feed Science and Technology**, v.204, p.72-87, 2015.

CAPÍTULO X

COMO UTILIZAR INSETOS PARA RAÇÕES E ALIMENTOS PARA ANIMAIS? PERSPECTIVA DE UM ZOOTECNISTA ATUANTE NO MERCADO

Fabricio Gomes de Oliveira*

“Uma caixinha de madeira pendurada ao alpendre da casa, era algo comum lá pelos idos dos anos 80 aqui no interior de Minas. Por certo essa imagem também se repetia Brasil à fora, onde quer que houvesse pássaros canoros em gaiolas. Nas caixinhas haviam colônias de Tenebrios (Tenebrio molitor), espécie cosmopolita que há muito, de forma simples e amadora é criada para servir de alimento aos pássaros.

O que mudou no decorrer desse tempo? As caixinhas desapareceram? Já não há mais quem se interesse por pássaros cativos?

Não. Ao contrário! As caixinhas ainda existem, ou melhor, resistem! E uma crescente onda de novos entusiastas fundaram clubes de criadores que demandam serviços diversos dentre eles o fornecimento regular de insetos para servirem como alimento ou ingrediente para ração de suas aves.

* Professor e empresário na Kaissara Biofábrica de Insetos, Além Paraíba, Minas Gerais; fabriciogoliveira@yahoo.com.br

Estamos, agora em um novo ciclo a consolidar-se. É a cadeia produtiva que integra: Biofábricas de insetos, indústria de alimentos para animais, distribuidores, lojistas e clientes. Neste cenário, temos muito trabalho e espaço para crescer!”
(Fabricio Gomes de Oliveira)

10.1 INTRODUÇÃO

Criar insetos para alimentação animal não é algo recente, mas, com o passar do tempo, novos conceitos foram surgindo, assim, como outras espécies de insetos, passaram a compor o “cardápio” dos animais. Atualmente, insetos alimentícios é uma terminologia usada para definir algumas espécies de insetos criadas em sistema massal, seguindo diretrizes zootécnicas, com a finalidade de servirem à alimentação animal. Logo, este capítulo tem por objetivo apresentar o parecer de um Zootecnólogo atuante no mercado sobre o uso de insetos na alimentação animal.

Vejamos alguns pertencentes às Famílias: Tenebrionidae, *Gryllidae*, Blattidae e Muscidae, cujas espécies já são criadas, aqui, no Brasil (Tabela 1):

Tabela 10.1 – Famílias e espécies de insetos cultivados no Brasil

	Tenebrionidae	<i>Gryllidae</i>	Blattidae	Muscidae
ESPÉCIES	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Tenebrio molitor</i> • <i>Zophobas morio</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Gryllus assimilis</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Nauphoeta cinerea</i> • <i>Blaptica dúbia</i> • <i>Gromphadorhina portentosa</i> • <i>Shelfordella tartara</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Musca domestica</i> • <i>Hermetia illucens</i>

Fonte: Autor do capítulo

10.2 INSETOS NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL

O uso de insetos, na alimentação animal, é bastante versátil. Podemos oferecê-los vivos, desidratados, na forma de farinhas, inteiros, como ingredientes de mixes de sementes e rações (extrusadas ou peletizadas). Ou, ainda,

como ingredientes para misturas na fabricação de rações, também, peletizadas ou extrusadas. Tudo vai depender do propósito comercial e do comportamento alimentar de cada espécie. Passeriformes, como o Trinca-ferro (*Saltator similis*), por exemplo, são atraídos pelos insetos vivos, mas também consomem os desidratados, na forma de farinha, mixes e também rações.

Vamos associar os principais grupos de animais às possíveis formas de consumo de insetos (Tabelas 2 e 3).

Tabela 10.2 – Principais grupos de animais (PET) e as possíveis formas de consumo de insetos

Animais categorizados como PET					
GRUPOS	Formas possíveis de consumo dos insetos				
	Vivos	Desidratados	Farinhas	Mixes	Rações¹
Pássaros	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
Répteis²	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
Anfíbios³	SIM	NÃO	NÃO	NÃO	SIM
Peixes Ornamentais	SIM	SIM	NÃO	NÃO	SIM

Fonte: Autor do capítulo

¹ Produto extrusado ou peletizado;

² Alguns lagartos, jabutis e tartarugas;

³ *Rana catesbeiana* (Rã touro americana) é um anfíbio que consome ração

Tabela 10.3 – Principais grupos de animais (domésticos de produção) e as possíveis formas de consumo de insetos

Animais domésticos de produção					
GRUPOS	Formas possíveis de consumo dos insetos				
	Vivos	Desidratados	Farinhas	Mixes	Rações¹
Aves²	SIM	SIM	NÃO	SIM	SIM
Suínos	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	SIM
Peixes	SIM	SIM	NÃO	NÃO	SIM

Fonte: Autor do capítulo

¹ Produto extrusado ou peletizado;

² Termo que engloba animais de produção (granja), caipiras e ornamentais

Existe uma categoria de invertebrados, pertencente à Classe Arachnida (Aracnídeos), que engloba aranhas, escorpiões e lacraias, sendo a grande maioria peçonhenta. Esses animais são mantidos em biotérios de fundações públicas estaduais, federais e privadas para extração de veneno.

Sua manutenção em cativeiro demanda, dentre outras necessidades, a alimentação, que se faz por meio da oferta de insetos vivos. Basicamente, grilos, tenébrios e baratas.

Os animais de Zoológicos, também, podem ser alimentados com insetos. E se o objetivo for enriquecimento ambiental, esses insetos deverão ser fornecidos vivos. Mas, por certo, há espaço para todas as demais formas de oferta.

Existe uma proibição geral ao fornecimento de proteína animal aos animais ruminantes, grupo que agrega dentre os animais domésticos de produção: bovinos, caprinos e ovinos. Tal proibição se deve ao fato de considerarem a ingestão de proteína animal um risco à saúde desses animais, em especial, à saúde dos bovinos que são comprovadamente passíveis de contrair Encefalopatia Espongiforme Bovina (EEB), a Doença da Vaca Louca. Contudo, há pesquisas em andamento analisando o potencial dos insetos como alimento para esses animais, assim como possíveis riscos sanitários. Esperamos que, num futuro próximo, os resultados apontem os insetos como uma alternativa sustentável e comprovadamente sem riscos.

10.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nossa visão particular como criador e comerciante de insetos é que o segmento PET, hoje, corresponde ao “grande mercado” para insetos como alimento para animais. Por quê? Pelo simples fato de que muitas das espécies enquadradas, nesse segmento, possuem hábito insetívoro, o que demanda insetos como recurso alimentar periódico e essencial. Também, por uma razão econômica bastante simples! Animais criados como PET possuem valor sentimental agregado, não importando tanto, ao seu tutor, o seu custo alimentar.

E neste segmento, ainda há muito espaço para novas espécies, são os chamados PETs não convencionais, que incluem répteis, anfíbios e algumas espécies de aranhas. Porém, a maioria desses PETs não convencionais ainda precisa entrar para a lista de espécies autorizadas para criação comercial pelo IBAMA e por demais órgãos ambientais

competentes, o que, certamente, trará vantagens do ponto de vista econômico e ambiental, a exemplo de países como EUA, onde a criação desses animais é legalizada.

No caso dos animais doméstico de produção, a alimentação chega à marca de 50 a 60 % do total do custo de produção. Isso é algo significativo e irá refletir no preço final do produto (carne, leite ou ovos). Portanto, neste segmento, nossos maiores concorrentes como recurso alimentar são commodities, como milho, soja e seus subprodutos. Também, os subprodutos da indústria da carne, tais como: farinha de peixe, farinha de carne e ossos, farinha de vísceras, farinha de penas, entre outras. É de fundamental importância definir a espécie de inseto ideal para ser criada com a finalidade de se tornar ingrediente nas formulações de rações. Ora, não seria possível qualquer espécie destinar-se a essa finalidade? Em princípio, sim, porém, para que se consiga escala de produção a preços competitivos com o que se tem ofertado no mercado, é necessário que a espécie escolhida tenha alguns atributos, os quais podemos destacar:

- ciclo de vida curto;
- prolificidade;
- adaptabilidade a sistemas de produção massal;
- boa conversão alimentar;
- baixo custo de produção.

Nesse contexto, acreditamos que os Dipteros pertencentes às espécies *Musca domestica* (Mosca comum) e *Hermetia illucens* (Mosca Soldado Negro ou BSF) sejam os que melhor se enquadram para essa finalidade. São espécies bastante estudadas e criadas, mundialmente, para alimentação de animais de produção, por cumprirem os atributos supracitados. Aliado a isso, possuem grande capacidade de conversão de resíduos orgânicos em biomassa, o que, de fato, é um grande atrativo, pois torna possível produzir ingredientes proteicos para as formulações de rações a custos bem baixos. Vale lembrar que isso demanda legislação específica, afinal, estamos falando de manejo de resíduos.

Enfim, é fundamental entender a diferença de perspectivas e necessidades que distingue a criação de animais domésticos de produção da criação de animais PET, para que se possa traçar uma meta de trabalho em que os resultados nutricionais e econômicos sejam favoráveis e possam, efetivamente, ser alcançados.

INFORMAÇÕES SOBRE O AUTOR DO CAPÍTULO

Fabrcio Gomes de Oliveira é qualificado em Torneria e Ajustagem Mecânica pelo Centro de Formação Profissional de Além Paraíba-MG (1996), possui graduação em Zootecnia pela Universidade Federal de Lavras (2008) e é licenciado em química pela Universidade Salgado de Oliveira (2010). Desde o ano de 2008, atua como professor na Escola Estadual Capitão Godoy lecionando as matérias de química geral, físico-química e química orgânica para alunos do ensino médio. Desde o ano de 2013 cria insetos para alimentação animal em biofábrica própria (Kaissara Insetos). Todas as informações contidas neste capítulo são de conhecimento próprio do autor decorrentes de seus anos de estudo, conhecimento e trabalho na área.

CAPÍTULO XI

CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS

Andressa Jantzen da Silva Lucas*
Carlos Prentice (in memoriam)

Neste capítulo, abordamos, brevemente, em um formato diferente dos demais, alguns dos desafios observados durante a construção deste material. Devido ao fato de que grande parte dos estudos que utilizam insetos para alimentação animal ter aumentado expressivamente somente por volta dos anos 2000, torna-se difícil ter conclusões bem definidas acerca dos mais diversos assuntos. Em geral, os estudos apontam que os insetos podem desempenhar um papel importante na alimentação de diferentes espécies de animais. No entanto, é importante se ter um conhecimento mais profundo de alguns pontos, como, por exemplo:

- A formulação mais adequada para cada espécie de animal.
- Quais os antinutrientes presentes nos insetos.
- Possibilidades de alergias ou intoxicações.
- A melhor espécie de inseto a ser utilizada.
- Desenvolver processamentos em larga escala, a fim de diminuir o custo final dos produtos.
- Melhor forma de criação dos insetos.
- Como aumentar o valor nutritivo das refeições à base de insetos.
- Conservação e armazenamento dos insetos após abate e depois do processamento.
- Melhor forma de abate dos insetos.

* Doutoranda na Escola de Química e Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande – FURG; andressalucas@furg.br

Além disso, estudos também apontam a necessidade de se avaliar a influência da refeição de insetos na qualidade muscular dos animais, estudar a técnica mais eficiente de administração: picada, inseto inteiro, vivo, processado, dentre outros, avaliar a porcentagem ideal de substituição das farinhas comumente utilizadas (peixe e soja) e resistência a antibióticos.

Outro ponto que deve ser trabalhado é a parceria entre universidades e indústrias, a fim de solucionar problemas e gerar transferências de tecnologia. O apoio aos pequenos agricultores, também, é essencial para que a economia circular se fortaleça cada vez mais.

O mercado de insetos comestíveis já é realidade em diferentes países. É notável o crescente número de empresas que vem surgindo neste ramo ao redor do mundo e, também, é notável o número de empresas que estão em grande expansão. Nesse sentido, ainda se pode observar uma falta de legislação específica. No entanto, também é possível perceber um interesse das autoridades em tornar os insetos uma fonte segura para alimentação. Após extensa revisão de literatura, pode-se concluir que, certamente, o uso de insetos na alimentação animal não é a única resposta ao suprimento proteico nas rações, porém, com certeza, pode ser considerado a opção mais completa e ambientalmente segura.

FINANCIAMENTO

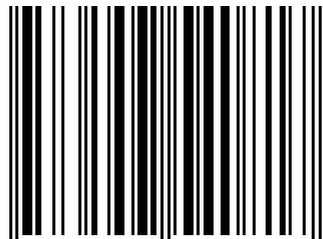
Este estudo foi financiado, em partes, pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) [Código 001]; e pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

INFORMAÇÕES SOBRE A AUTORA:

Andressa Jantzen da Silva Lucas é formada em Engenharia de Alimentos pela Universidade Federal do Rio Grande (FURG), possui mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos, também, pela Universidade Federal do Rio Grande (FURG) e, atualmente, é aluna de doutorado do mesmo programa. A autora vem estudando o uso de insetos na alimentação humana desde o ano de 2014, quando desenvolveu, juntamente com outras colegas, uma farinha de insetos para enriquecimento alimentício. Desde então, seu nome vem sendo mencionado em diferentes meios de comunicação ao redor do mundo. Possui diferentes publicações científicas na área bem como é detentora de uma patente juntamente com a Universidade Federal do Rio Grande (FURG) e demais. O interesse em estudar o uso de insetos para alimentação animal surgiu a partir do incentivo recebido por seu orientador, Prof. Dr. Carlos Prentice-Hernández, grande estudioso na área de pescado e incentivador do projeto.

**EDITORA E GRÁFICA DA FURG
CÂMPUS CARREIROS
CEP 96203 900
editora@furg.br**

ISBN 978-65-5754-081-7



9 786557 540817