

Patrícia Dáwylla de Freitas Soares

**Hematologia e histopatologia de codornas de corte alimentadas
com farinha da barata de Madagascar**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Produção Animal Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Produção Animal.

Área de Concentração: Produção Animal

Orientador: Raphael Rocha Wenceslau

Coorientadora: Fabiana Ferreira

MONTES CLAROS
2019

FICHA CATALOGRÁFICA DE RESPONSABILIDADE DA BIBLIOTECA

Nº	
Cutter	Soares, Patrícia Dáwylla de Freitas.
Ano	
	Características hematológicas e histopatológicas de codornas de corte alimentadas com farinha de barata de Madagascar / Patrícia Dáwylla de Freitas Soares. Montes Claros, Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais – ICA/UFMG, 2018. (Nº de folhas) XX f.: il.
	Dissertação (mestrado) - Área de concentração em Qualidade de produtos de origem animal, Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Agrárias. Orientador: Raphael Rocha Wenceslau. Banca examinadora: Anna Christina de Almeida, Fabíola de Oliveira Paes Leme, Fabiana Ferreira.
	Inclui bibliografia: f. XX-XX.
	1. Alimentação alternativa. 2. Coturnicultura. 3. <i>Gromphadorhina portentosa</i> . 4. Hematologia. 5. Insetos. I. Wenceslau, Raphael Rocha (Orientador). II. Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Agrárias. III. Perfil sanguíneo de codornas de corte alimentadas com dietas contendo farinha da barata de Madagascar.
	CDU: XXX

Patrícia Dáwylla de Freitas Soares

Características hematológicas e histopatológicas de codornas de corte alimentadas com farinha da barata de Madagascar

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Produção Animal da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Produção Animal

Área de Concentração: Produção Animal

Linha de Pesquisa: Qualidade de produtos de origem animal

Orientador: Dr. Raphael Rocha Wenceslau

Instituto de Ciências Agrárias da UFMG

Aprovado pela banca examinadora constituída pelos professores:

Professora Anna Christina de Almeida
(Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG)

Professora Fabíola de Oliveira Paes Leme
(Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG)

Professora Fabiana Ferreira
(Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG)

Prof^o. DSc. Raphael Rocha Wenceslau
Orientador - ICA/UFMG

Montes Claros, 25 de Fevereiro de 2019.

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Adelaide de Freitas Soares e J3sus Virgem Soares, e ao meu irm3o Higo Ramon de Freitas Soares (*in memorian*), que dignamente me apresentaram 3 import3ncia da fam3lia e ao caminho da honestidade e persist3ncia.

Sem voc3s nenhuma conquista valeria a pena.

AGRADECIMENTOS

A presente dissertação de mestrado não poderia chegar a bom porto sem o precioso apoio de várias pessoas. Em primeiro lugar, agradeço a Deus por ter me dado força e sabedoria nos momentos de desânimo. Também não posso deixar de agradecer a meu orientador, Professor Doutor Raphael Wenceslau Rocha e a minha coorientadora Professora Doutora Fabiana Ferreira pela assistência prestada. Desejo igualmente agradecer a todos os meus colegas do Mestrado em Produção Animal que no decorrer desses anos aprendi a admirar.

Agradeço aos funcionários da Secretaria de Pós Graduação, em especial a Edvaldo pelos momentos de apoio durante meus desesperos, minhas crises, talvez você não saiba, mas me ajudou a vencer essa etapa. Agradeço também aos meus amigos, em especial a Paula Karoline Soares Farias pela ajuda e carinho prestados. Por último, mas não menos importante, quero agradecer a meus familiares pelo apoio incondicional que me deram especialmente, aos meus pais por me amarem e me apoiarem em todas as minhas decisões.

EPÍGRAFE

“Não importa o que aconteça, continue a nadar.”
(WALTERS, GRAHAN: PROCURANDO NEMO, 2003)

RESUMO

A procura por dietas alternativas torna-se fundamental na indústria avícola visando tornar o processo de produção mais econômico e sustentável. Nesse sentido, a inclusão de insetos na dieta de animais vem sendo estudada. Objetivou-se avaliar o perfil sanguíneo e características histológicas de codornas de corte alimentadas com diferentes níveis de inclusão de farinha de barata de Madagascar (*Gromphadorhina portentosa*) em suas dietas. Para realização da pesquisa, foram utilizados quatro níveis de inclusão de farinha de barata Madagascar (FBM) na alimentação das codornas (0; 6; 12; e 18%) e seis repetições com 13 aves por unidade experimental, em que duas aves foram amostradas aleatoriamente para as avaliações. A média geral de eritrócitos para os 4 (quatro) tratamentos foi $3.97 \times 10^3 \text{ mm}^3$. Os valores mínimos e máximos gerais observados foram 3,10/4,84; 13,30/16,10; 40,00/48,00; 91,30/138,70; 30,40/46,10 para eritrócitos, hemoglobina, hematócrito, volume corpuscular médio e hemoglobina corpuscular média, respectivamente. Os valores de leucócitos das aves deste experimento variaram de 16.5 a $17.7 \times 10^3/\text{mm}^3$. Os valores gerais médios observados para os eosinófilos, linfócitos e monócitos foram 3,65%; 46,08% e 6,56% respectivamente. Não houve efeito da inclusão da farinha da barata de Madagascar na dieta sobre os parâmetros sanguíneos e histológicos avaliados. A inclusão de farinha da barata de Madagascar não causa alterações nos parâmetros sanguíneos e histológicos de codornas de corte até 35 dias de idade. Dessa forma, sugere-se que o ingrediente possa ser utilizado como fonte alternativa de alimento sem prejuízo à saúde das aves.

Palavras-chave: Alimentação alternativa. Coturnicultura. *Gromphadorhina portentosa*. Insetos comestíveis. Saúde animal.

ABSTRACT

The demand for alternative diets becomes critical in the poultry industry aiming to make the process of production more economical and sustainable. In this sense, the inclusion of insects in animals diet has been studied. We aimed with this study to evaluate the blood profile and histological traits of meat type quails fed diets with inclusion of different levels of Madagascar cockroach meal (*Gromphadorhina portentosa*). The experiment has a completely randomized design. Four levels of Madagascar cockroach (FBM) were used to feed the quails (0, 6, 12 and 18%) with six replicates each and 13 birds per experimental unit, in which two birds were randomly sampled for evaluations. The overall mean of erythrocytes for the four treatments was $3.97 \times 10^3 / \text{mm}^3$. The general minimum and maximum values observed were 31.10 / 4.84; 13.60 / 16.10; 40.00 / 48.00; 91.30 / 138.70; 30,40 / 46,10 for erythrocytes, hemoglobin, hematocrit, mean corpuscular volume and mean corpuscular hemoglobin, respectively. The leukocyte values of the birds ranged from 16.5 to $17.7 \times 10^3 / \text{mm}^3$. The average values observed for eosinophils, lymphocytes and monocytes were 3.65%; 46.08% and 6.56%, respectively. There was no effect of inclusion of insect meal in the diet on the blood and histological evaluated parameters. The inclusion of Madagascar cockroach flour does not cause changes in blood and histological parameters of meat type quails up to 35 days of age. Thus, it is suggested that this ingredient can be used as an alternative food without prejudice to the health of the birds.

Keywords: Alternative food. Animal health. Coturniculture. Edible Insects. *Gromphadorhina portentosa*.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Revisão de Literatura.....	16
Figura 1 – Barata de Madagascar (<i>Gromphadorhina portentosa</i>).....	23
Figura 2 – Sistema digestório das aves.....	28
Figura 3 – Representação do canal alimentar das aves.....	29
Figura 4 – Próventrículo glandular das aves.....	30
Figura 5 – Ventrículo muscular (moela) das aves.....	30
Figura 6 – Corte de galinha – Coloração histológica.....	31
Figura 7 – Representação do sistema digestivo das aves.....	32
Figura 8 – Representação da cloaca nas aves.....	33
Artigo 1 – Hematologia e histopatologia de codornas de corte alimentadas com farinha da barata de Madagascar.....	62
Figura 1 - Intensidade da degeneração gordurosa no fígado observada entre codornas de corte alimentadas com níveis de 0, 6, 12 e 18% de inclusão de farinha de barata de Madagascar em suas dietas (a) e entre sexos (b).....	96

LISTA DE TABELAS

Revisão de Literatura.....	16
Tabela 1 – Utilização de insetos como alimento na produção de aves.....	22
Artigo 1 – Hematologia e histopatologia de codornas de corte alimentadas com farinha da barata de Madagascar.....	47
Tabela 1 – Composições percentuais das rações para codornas de corte com diferentes níveis de farinha da barata de Madagascar (FBM).....	87
Tabela 2 – Composição química da farinha da barata de Madagascar (FBM) e farelo de soja.....	89
Tabela 3 – Gorduras e Ácidos Graxos presentes na Farinha de Barata de Madagascar (FBM).....	90
Tabela 4 – Teor de aminoácidos presentes na Farinha de Barata de Madagascar (FBM) e farelo de soja.....	91
Tabela 5 – Média de quadrados mínimos dos parâmetros hematológicos de codornas de corte alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de inclusão da Farinha de Barata de Madagascar (FBM).....	92
Tabela 6 – Parâmetros hematológicos, CHCM e Basófilos, de codornas de corte alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de inclusão de farinha da Barata de Madagascar (FBM).....	95

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

VCM	Volume Corpuscular Médio
HCM	Hemoglobina Corpuscular Média
CHCM	Concentração da Hemoglobina Corpuscular Média
ALT	Alanina aminotransferase
AST	Aspartato aminotransferase
GGT	Gama-glutamiltransferase
AP	Fosfatase alcalina
GLDH	Glutamato desidrogenase
SDH	Sorbitol desidrogenase
CK	Creatina-quinase
LDH	Lactato desidrogenase
EDTA	Ácido diaminotetracético
CEUA	Comitê de Ética no Uso de Animais
FBM	Farinha de barata Madagascar
TM	<i>Tenebrio Molitor</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVOS	15
2.1	Objetivo Geral.....	15
2.2	Objetivos Específicos.....	15
3	REVISÃO DE LITERATURA	16
3.1	Coturnicultura.....	16
3.2	Entomofagia.....	18
3.3	Utilização de insetos na alimentação.....	19
3.4	Barata de Madagascar.....	23
3.5	Composição nutricional dos insetos.....	24
3.6	Inclusão de farinha de inseto na dieta de aves.....	27
3.7	Sistema digestório e morfologia intestinal de aves.....	29
3.8	Perfil sanguíneo de aves.....	33
3.9	Degeneração Gordurosa.....	35
4	Doenças comuns em aves	37
4.1	Doenças bacterianas.....	37
4.2	Doenças virais.....	39
4.3	Doenças fúngicas.....	44
4.4	Doenças parasitárias.....	45
	Referências.....	47
5	ARTIGO	62
5.1	Artigo 1 – Hematologia e histopatologia de codornas de corte alimentadas com farinha da barata de Madagascar.....	62
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	97

1 INTRODUÇÃO

As codornas (*Coturnix coturnix*) podem ser utilizadas como animal modelo experimental em diferentes áreas de conhecimento, como, por exemplo, para estudos que envolvam genética, nutrição, reprodução e fisiologia visando conclusões para melhorar a própria espécie (MEXICANO; MONTOYA-LOAIZA; AYALA-GUERRERO, 2014). Dentre as vantagens da realização de estudos utilizando essas aves estão a ágil obtenção de respostas devido ao crescimento rápido dos animais, curto intervalo de gerações e necessidade de pequenos espaços e investimentos para realização dos experimentos (NADAL; PONZ; MARGALIDA, 2018).

Nessa perspectiva, a procura por rações proteicas alternativas torna-se fundamental, para maior sustentabilidade e economia da indústria de produção. O crescimento da população global e as mudanças do perfil de consumo de alimentos significam que é importante desenvolver outras fontes proteicas. Alguns alimentos têm sido estudados como fonte alternativa de dietas para animais a fim de suplantarem as necessidades nutricionais para o ótimo desempenho e com o intuito de oferecer sustentabilidade à produção. A inclusão de insetos em forma de farinha na dieta de animais vem sendo estudada. Alguns trabalhos mostram desempenho similar e até mesmo melhor de aves quando as fontes de proteína tradicionais são substituídas pela farinha de inseto (FÉON *et al.*, 2019).

A farinha de inseto destaca-se pela qualidade nutricional e capacidade de ser produzida em locais não agriculturáveis (GAHUKAR, 2011; OONINCX; DE BOER, 2012). Os insetos são considerados potenciais fontes alternativas de proteína, pois é parte da dieta natural de animais, são ricos em

aminoácidos, lipídios, vitaminas e minerais, e não são necessárias terras aráveis para a produção, além de demandarem pouca energia e água para produzi-los (OONINCX *et al.*, 2010; YEN, 2009).

Fatores como a preocupação com o meio ambiente, uso demasiado de agrotóxicos e melhor comunicação entre estudiosos do assunto, têm despertado um maior interesse nessa pauta. Sob esse contexto, é perceptível que os insetos comestíveis estejam mais próximos da aceitação no mundo ocidental como opção para suplementação de necessidades alimentares (DEFOLIART, 1992).

Segundo Costa Neto (2003), os insetos podem ser consumidos nas suas diversas fases de desenvolvimento: ovos, larvas, pupas e adultos, embora sejam as larvas e pupas as formas registradas de maior consumo. A composição nutricional dos insetos tem grande variação entre as espécies. E, em uma mesma espécie, essa composição pode variar de acordo com o estado metamórfico (principalmente insetos com metamorfose completa), seu hábito e dieta (VAN HUIS *et al.*, 2013).

Apesar da perspectiva de crescimento da criação de codornas para produção de carne, observa-se na literatura científica pouca informação a respeito dessa cultura, mas verifica-se que a codorna é uma fonte alternativa e sustentável para o consumo humano. Neste contexto, não existem informações sobre o uso da farinha da barata de Madagascar na criação de codornas de corte, sendo necessários estudos para avaliar os efeitos da inclusão sobre a hematimetria e histopatologia das mesmas.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar parâmetros de saúde das codornas de corte alimentadas com diferentes níveis de inclusão da farinha da barata de Madagascar (*Gromphadorhina portentosa*).

2.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar a composição química da farinha da barata de Madagascar.
- Avaliar o perfil hematológico de codornas de corte (*Coturnix coturnix coturnix*) alimentadas com dietas contendo farinha de barata de Madagascar por meio dos Eritrócitos ($\times 10^3/\text{mm}^3$), Hemoglobina (g/dl), Hematócrito (%), Volume Corpuscular Médio (VCM) (f/l), Hemoglobina Corpuscular Média (HCM) (pg), Concentração da Hemoglobina Corpuscular Média (CHCM) (g/dl), Leucócitos ($\times 10^3/\text{mm}^3$), Basófilos (%), Heterófilos (%), Eosinófilos (%), Linfócitos (%) e Monócitos (%).
- Estabelecer um intervalo de referência hematimétrico de codornas de corte (*Coturnix coturnix coturnix*) alimentadas com dietas contendo farinha de barata de Madagascar.
- Avaliar amostras de tecidos de órgãos do trato digestivo, fígado, intestino delgado e intestino grosso, em busca de achados histopatológicos que possam acusar prejuízo à saúde dos animais alimentados com farinha da barata de Madagascar.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Coturnicultura

O relato da criação de codornas é interessante e tem as mesmas características que aconteceram na criação de frangos de corte e de poedeiras comerciais. Ao longo das décadas de 60 e 80 a criação de codornas possuía características de atividade de subsistência. Frente ao investimento em seleção animal e na qualidade do produto, os matrizeiros conseguiram vislumbrar bom negócio e dessa forma iniciaram-se os maiores alojamentos (BERTECHINI, 2010). Ultimamente a coturnicultura apresenta desenvolvimento acentuado, adequando tecnologias de produção e demonstrando resultados aos investidores (PASTORE; OLIVEIRA; MUNIZ, 2012).

A criação de duas subespécies de codornas têm se destacado no Brasil, a *Coturnix coturnix japonica* e a *Coturnix coturnix coturnix*, a primeira, essencialmente, para a produção de ovos e a segunda para produção de carne (BERTECHINI, 2010). A utilização da codorna como ave produtora de carne ainda não está bem fixada, uma vez que são utilizadas pra esse fim, na maioria das vezes, fêmeas ao término da vida produtiva como ave de postura. Dessa forma, nota-se a ausência de um padrão fixo de idade e com características de carcaças afetadas (PASTORE; OLIVEIRA; MUNIZ, 2012).

Codornas de corte direcionadas à produção de carne demonstram peso e taxa de crescimento elevados quando contrastado às codornas de postura, favorecendo assim, seu abate em idade precoce. Verifica-se, ainda a necessidade de suplementação de metionina e cistina total para se conseguir o

máximo ganho de peso nas codornas de corte, que durante a fase inicial é de 1,21% (VIDAL *et al.*, 2015).

A metionina e a cistina são aminoácidos essenciais para manutenção, crescimento e para o desenvolvimento das penas. A metionina é de relevante importância na nutrição das codornas já que é considerado um aminoácido essencial, bem como, o primeiro limitante para as aves (PINTO *et al.*, 2003).

Sobre a produção de carne de codorna, o mercado é promissor, uma vez que a dieta recomendada para esses animais está sendo desenvolvida por universidades e empresas especializadas. Frente a essa perspectiva, em poucos anos, espera-se um aumento de produtores e os clientes, na qual terá uma carne de codorna de qualidade e a um custo acessível. Mas, para melhor crescimento e produção da carne de codorna, mais estudos são necessários em todos os níveis da coturnicultura (PASTORE; OLIVEIRA; MUNIZ 2012).

Segundo Moraes e Ariki (2009), a carne de codorna é importante fonte de vitaminas B₁ (Tiamina), B₂ (Riboflavina), B₃ (niacina), B₅ (Ácido Pantotênico), B₆ (piridoxina) e dos ácidos graxos. Pode-se encontrar também na carne de codorna grandes concentrações de Ferro, Fósforo, Zinco e Cobre quando comparada à carne de frango. A porção de colesterol presente na carne de codorna chega a valores intermediários (76 mg) entre a carne de peito (64 mg) e da coxa e sobrecoxa (81 mg) do frango. A maior parte dos aminoácidos presentes na carne de codorna excede aos valores presentes na carne do frango (MORAES; ARIKI, 2009).

O custo de produção das codornas desde a indústria de aprimoramento genético até os abatedouros e frigoríficos é afetado pela alimentação dos animais, uma vez que o custo das rações por apresentar composição proteica

maior que as rações de frangos e poedeiras é alta. Mesmo as codornas utilizando quantidades semelhantes de ração aos frangos e galinhas, a energia presente no milho e no farelo de soja apresentam distintas necessidades nutricionais das aves citadas. Logo, não é interessante ofertar a ração de frangos e galinhas para as codornas, já que essas demandam mais proteína e menos cálcio na ração (SILVA *et al.*, 2012).

3.2 Entomofagia

Entomofagia ou o consumo de insetos apresenta nova abordagem para aumentar à produção de alimentos a baixo custo. Desde a pré-história, os insetos têm sido um recurso alimentar em muitas culturas diferentes em todo o mundo (YEN, 2009; KOUŘIMSKÁ; ADÁMKOVÁ, 2016). Podem ser coletados de florestas, água doce, desertos, campos agrícolas ou mesmo de fazendas (VANTOMME, 2015; YEN, 2015).

Atualmente, quase 2000 espécies são conhecidas por serem comestíveis para consumo humano (SOGARI; MENOZZI; MORA, 2017). A entomofagia é uma prática alimentar tradicional na Ásia, América Central, Oceania e África. Por outro lado, no ocidente, a maioria dos países rejeita a ideia de comer insetos, principalmente por razões culturais (MLCEK *et al.*, 2014).

Insetos fazem parte da dieta humana em algumas regiões há séculos, mais especificamente como uma fonte protéica alternativa, tornando-os assunto de grande interesse na pesquisa científica. O consumo humano de insetos está associado a países localizados em muitas partes da Ásia, América Latina e África (BUKKENS, 1997). A produção, o comércio e o uso de insetos

comestíveis como alimentos e rações permeiam uma ampla gama de áreas regulatórias, que devem garantir aspectos como a qualidade e a segurança dos produtos obtidos e a avaliação do impacto ambiental da criação de insetos (BALL, 2014).

Insetos possuem uma enorme biodiversidade e a biomassa representa 95% do reino animal. Podem ser consumidos em suas diferentes fases: ovos, larvas, pupas ou adultos e têm sido utilizados como alimento humano desde os tempos pré-históricos até o presente, e verifica-se o interesse na produção animal (KOUŘIMSKÁ; ADÁMKOVÁ, 2016). As principais ordens de insetos consumidos são: Coleoptera (31%), Lepidoptera (18%), Hymenoptera (14%), Orthoptera (13%) e Hemiptera (10%) (SUN-WATERHOUSE *et al.*, 2016; YI *et al.*, 2013).

3.3 Utilização de insetos na alimentação

Para a manutenção da grande produção de alimentos para animais existe a necessidade da utilização de fontes proteicas, como o farelo de soja, farinha de peixe, farinha de vísceras e de carne. Aliada a isso, a demanda por alimentos proteicos aumentará aproximadamente 70% até 2050, mediante ao crescimento previsto da população humana que atingirá 9 bilhões de indivíduos. Esse esperado aumento provavelmente causará redução dos recursos naturais, bem como das atuais fontes tradicionais de alimentos proteicos para humanos. Sendo assim, a criação de insetos em larga escala é vista como uma alternativa sustentável para a alimentação de animais e humanos (VAN HUIS, 2013).

Os insetos são encontrados em profusão em determinados ambientes ocupando significativa porção de biomassa (ROMEIRO; OLIVEIRA; CARVALHO, 2015). Mediante as pesquisas sobre o desenvolvimento de oleaginosas, folhosos, peixes, entre outros, observa-se que em uma grande parte do mundo que os insetos foram significativamente ignorados. Embora, sejam amplamente utilizados como fonte alimentar natural de muitos animais, além do consumo por populações, em especial nos trópicos, auxiliando assim, a compensar a deficiência geral de proteínas animais, gorduras e calorias (LUNDY; PARRELLA, 2015).

Neste contexto, verifica-se que os insetos podem complementar as rações de fontes tradicionais como soja, milho, grãos e farinha de peixe. Os insetos com significativo potencial para a produção em larga escala são as larvas de mosca soldado, de mosca doméstica e do besouro-da-farinha, entretanto, outras variedades de insetos são também pesquisadas com esse intuito (FAO, 2015).

Nos Estados Unidos a comercialização de insetos está relacionada à necessidade do mercado para alimentação de animais exóticos e pesquisa laboratorial, uma vez que visam facilidade e o custo-benefício da produção, bem o valor nutritivo, efeitos fisiológicos e comportamentais relacionados ao controle de pragas (SPANG, 2013).

As projeções apontam para aumento global do consumo de carne como resultado do aumento da renda e padrões alimentares, especialmente nos países em desenvolvimento. A carne de aves é uma opção para suprir essa demanda e o Brasil é atualmente o principal exportador mundial dessa proteína. A fim de aumentar a sustentabilidade da indústria avícola torna-se

necessário encontrar uma forma mais eficiente de alternativa à ração das aves (ALLEGRETTI *et al.*, 2018).

Ng *et al.* (2001), cita que as larvas do *Tenebrio molitor* consumidas como alimento vivo ou como refeição se destacam por serem importante fonte proteica para o *catfish*, além de ser consideravelmente palatável, podendo substituir em até 40% os itens da ração sem diminuição significativa no crescimento, bem como na eficiência da alimentação desses *catfish*. Na tabela 1 são demonstrados diferentes estudos utilizando a farinha de inseto na alimentação de aves.

Em relação à sustentabilidade, os insetos podem compensar a demanda crescente por proteína de origem animal, podendo auxiliar na substituição dos grãos para as aves. Além disso, os insetos têm boa conversão alimentar, em comparação com a pecuária convencional, pois além de evitam o desmatamento de florestas para o uso como pastagem, e emitem quantidades relativamente baixas de gases de efeito estufa e amônia (POMA *et al.*, 2017).

Tabela 1. Utilização de insetos como alimento na produção de aves.

Autor	Ano	Resultados
Dankwa <i>et al.</i>	2002	As larvas vivas de moscas domésticas foram consideradas um suplemento valioso para a dieta de aves. Em Gana, a suplementação de 30 a 50g /dia/ave de larvas vivas utilizadas na ração das aves resultou em maior taxa de crescimento (até o 5º mês), aumento na produção dos ovos, no peso, número de ovos e peso da ave.
Agunbiade <i>et al.</i>	2007	Em aves poedeiras de 50 semanas, a farinha de insetos pode substituir 50% de proteína da farinha de peixe, sem efeitos adversos sobre a produção de ovos e a força da casca. No entanto, 100% de substituição foi prejudicial para a produção de ovos de galinha.
Biasato <i>et al.</i>	2017	O presente estudo sugere que o aumento dos níveis de inclusão dietética do farelo de inseto (<i>Tenebrio molitor</i>) em dietas para frangos de corte pode melhorar o peso corporal e o consumo de ração, mas observou-se parcialmente a inadequação da eficiência alimentar. Entretanto, efeitos positivos sobre as características da carcaça e parâmetros hematoquímicos relacionados com a utilização da farinha de inseto foram verificados, e não foi observada nenhuma influência negativa na morfologia e hitopatologia intestinal.
Allegretti <i>et al.</i>	2018	Os resultados encontrados utilizando um modelo experimental implica que a refeição utilizando a farinha de larvas de moscas soldado negro melhorou a sustentabilidade e o processo de produção das aves.

3.4 Barata de Madagascar

A barata de Madagascar (*Gromphadorhina portentosa*) é da Ordem Blattodea (Figura 1). É de hábito noturno e possui coloração avermelhada no abdômen e negra na região do tórax e cabeça. Uma vez ameaçada, faz barulho que funciona como mecanismo de defesa, com a intenção de assustar o predador que estiver próximo (PAPA; SPADONI, 2016).

Tal inseto possui exoesqueleto, carapaça feita de quitina, que a protege contra predadores e quedas, além de evitar a perda de água. No Brasil é muito usada como suplemento na alimentação de anfíbios, aves, mamíferos, peixes e répteis por ser rica em proteína (ANGELI; SAKAMOTO, 2014).

O estudo realizado por Hopley (2006) classificou a barata cinérea (*Nauphoeta cinerea*), barata de Madagascar (*Gromphadorhina portentosa*), bem como a barata americana (*Periplaneta americana*), como importantes alternativas alimentares com níveis de proteína de alto valor biológico similar ao farelo de soja para frangos de corte. A proteína bruta presente nesses insetos variou de 43% a 55%.

Figura 1. Barata de Madagascar (*Gromphadorhina portentosa*)



Fonte: ET (2018).

De acordo com Oonincx e Dierenfeld (2012) a barata de Madagascar dispõe com base na matéria seca, cerca de 63% de proteína bruta, 20% de extrato etéreo e 2,5 g/Kg de cálcio na composição, além de apresentaram perfil de aminoácidos adequados para frangos de corte.

3.5 Composição nutricional dos insetos

Segundo Van Huis *et al.* (2013), os principais componentes dos insetos comestíveis são as proteínas, gorduras e fibras. Na África, o consumo integra os hábitos alimentares da população e são consideradas importantes fontes proteicas, além de muitas vezes serem vistos como iguarias.

Mediante a análise da composição nutricional de 236 insetos comestíveis, com base na matéria seca, foi identificado que esses dispõem de energia, bem como proteína em quantidades satisfatórias (teor proteico médio de 40,60%) para complementar dietas, além de dispor de aminoácidos, gorduras mono e poli-insaturadas, micronutrientes como cobre, ferro, magnésio, zinco, biotina, entre outros, substâncias essas, essenciais ao desenvolvimento humano (RUMPOLD; SCHLUTER, 2013).

Na verdade, muitos produtos alimentares comerciais são enriquecidos com proteínas derivadas de leguminosas, mas a proteína dos insetos é melhor em termos de propriedades nutricionais, uma vez que a proteína do inseto contém todos os aminoácidos essenciais. Além disso, os insetos são mais ricos em proteína que a soja (41,1%), a lentilha (26,7%) e o feijão (23,5% de proteína) (RAMOS-ELORDUY; MORENO; CAMACHO, 2012).

Os insetos têm um valor nutricional muito diverso, principalmente porque há uma grande quantidade de espécies. Os valores nutricionais podem variar dentro do mesmo grupo de insetos, dependendo da origem, estágio de vida e alimentação (FINKE; OONINCX, 2014). Insetos têm níveis elevados de proteína que representam o principal componente da composição nutricional, e também possuem quantidades significativas de outros nutrientes importantes, como lipídios, ácidos graxos benéficos, vitaminas e minerais (BUKKENS, 2005; NOWAK *et al.*, 2016; RUMPOLD; SCHLÜTER, 2013; SUN-WATERHOUSE *et al.*, 2016).

Quando comparadas a proteínas vegetais e proteínas de carne, as proteínas de insetos apresentam altos níveis de proteínas de alta qualidade em termos de valor nutricional, nível de proteína total e perfil de aminoácidos essenciais (entre 50 e 80%) (BUKKENS, 2005; RUMPOLD; SCHLÜTER, 2013).

Assim como, quando analisada a composição da proteína do inseto, percebe-se uma menor quantidade dos aminoácidos metionina e cistina, e em contrapartida existe uma alta porção dos aminoácidos lisina e treonina. Estas características podem ser encontradas no trigo, arroz, mandioca e dietas à base de milho comumente encontradas nos países em desenvolvimento (VAN HUIS *et al.*, 2013).

A gordura representa a segunda maior fração da composição nutricional de insetos comestíveis e o conteúdo é maior no estágio larval da vida. Os triacilgliceróis constituem aproximadamente 80% do total, seguidos por fosfolipídios, que representa menos de 20% variando pelo estágio de vida (EKPO; ONIGBINDE; ASIA, 2009; TZOMPA-SOSA *et al.*, 2014). O perfil de ácidos graxos depende da alimentação das espécies e insetos. Existem grandes quantidades de ácidos graxos, incluindo os ácidos oléico, linoleico e linolênico na gordura de insetos e quantidades de ácido palmítico (BUKKENS, 2005; TZOMPA-SOSA *et al.*, 2014). Em geral, de

acordo com a literatura, lipídios de insetos possuem altas quantidades de ácidos graxos insaturados em relação aos ácidos graxos saturados (FINKE, 2002; RUMPOLD; SCHLÜTER, 2013; TZOMPA-SOSA *et al.*, 2014).

Muitos minerais podem ser encontrados em insetos, como ferro, zinco, potássio, sódio, cálcio, fósforo, magnésio, manganês e cobre, e também contêm uma grande variedade de vitaminas lipofílicas, bem como riboflavina, ácido pantotênico, biotina e em alguns casos, ácido fólico (FINKE, 2002; RUMPOLD; SCHLÜTER, 2013; VAN HUIS *et al.*, 2013; XIAOMING; YING; HONG, 2010). Atualmente, há pouca informação sobre a biodisponibilidade relativa das várias espécies de insetos, especialmente sobre a biodisponibilidade de minerais, para os quais a informação é escassa.

3.6 Inclusão de farinha de inseto na dieta de aves

Um estudo realizado por Van Huis *et al.* (2013), demonstrou que peixes e codornas japonesas quando alimentadas com rações acrescidas de grilos, em substituição de até 50% da farinha de peixe nas dietas, podem retratar melhor desempenho para o crescimento e maior produção de ovos, respectivamente, uma vez comparados a animais que consumiram dietas tradicionais.

Quando se trata de frango de corte, foi identificado que as larvas do *Tenebrio molitor* podem ser utilizadas de forma a substituir totalmente o farelo de soja na dieta durante seu desenvolvimento sem efeitos negativos na palatabilidade. Ademais, a dieta com tal inseto proporcionou considerável melhora na resposta imune das aves, possivelmente por causa dos efeitos prebióticos da quitina (BOVERA *et al.*, 2015).

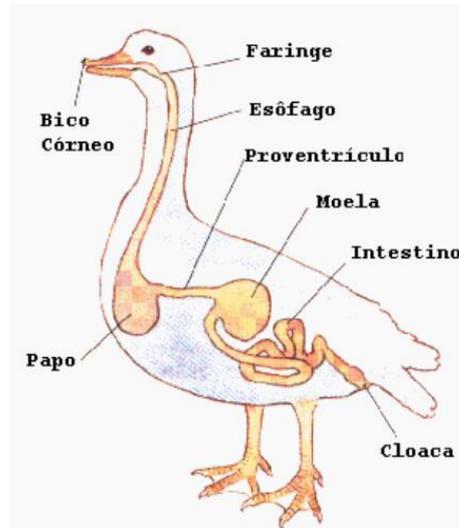
Os prebióticos vêm sendo aplicados como opção aos fomentadores de crescimento com o intuito de manter o equilíbrio satisfatório da microbiota intestinal, principalmente em animais jovens ou em condição de estresse. Seu uso é evidenciado mediante crescimento das populações microbianas benéficas, levando a melhora das condições luminais, das características anatômicas do tratogastrointestinal (TGI), bem como no sistema imune e, em alguns casos, à melhoria do desempenho animal (SILVA; NORBERG, 2003).

Segundo Biasato *et al.* (2017), a inclusão do *Tenebrio molitor* (75g/kg) na dieta de frango de corte não interferiu no desempenho do crescimento, bem como parâmetros hematológicos ou séricos. Com relação à análise da morfologia e histologia intestinal, as características observadas também não foram significativamente afetadas, sugerindo assim nenhuma influência sobre a metabolização de nutrientes, seu desempenho ou saúde animal.

3.7 Sistema digestório e morfologia intestinal de aves

Verifica-se que a digestão nas aves é caracterizada pelo conjunto das transformações mecânicas e químicas, nas quais os alimentos passam durante o sistema digestivo para que os alimentos sejam quebrados em compostos menores absorvíveis e hidrossolúveis. Fazem parte do sistema digestório das aves: o bico córneo, esôfago, papo, proventrículo, moela, intestino, fígado, pâncreas e a cloaca (Figura 2) (STANLEY; HUGHES; MOORE, 2014).

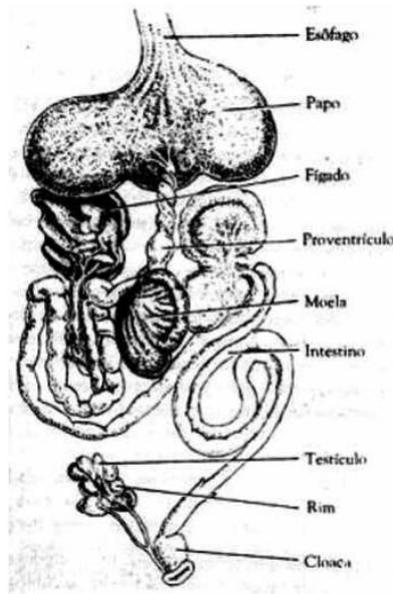
Figura 2. Sistema digestório das aves.



Fonte: Unesp (2018).

O canal alimentar das aves em comparação anatômica é diferente aos dos mamíferos na área da boca, com a existência de um papo na região do esôfago e a presença de estômago muscular ou moela. As aves apresentam ausência de dentição, com as funções realizadas pelo bico. As glândulas salivares e as papilas gustativas estão presentes nas aves. As aves apresentam um esôfago mais comprido, no qual apresenta dilatação e o papo está presente na maioria das espécies. Apresenta o epitélio revestido por uma camada escamosa estratificada, não queratinizada e espessa. Além da camada muscular externa que é composta por toda a extensão do esôfago por uma musculatura lisa (Figura 3) (PLACHA *et al.*, 2014).

Figura 3. Representação do canal alimentar das aves.



Fonte: Unesp (2018).

As aves apresentam um estômago composto por um próventrículo glandular e um ventrículo muscular (moela) (Figura 4). Essa parte é responsável pela digestão química dos alimentos, função definida como "estômago químico". A mucosa do pró-ventrículo é pregueada e as depressões entre as pregas são chamadas sulcos. O epitélio é colunar simples, exceto na base dos sulcos, nos quais é cubóide. A parede do pró-ventrículo consiste de grandes células tubulares compostas. Cada glândula se abre no lúmen gástrico através de uma papila cônica (STANLEY; HUGHES; MOORE, 2014).

Figura 4. Próventrículo glandular das aves.



Fonte: Unesp (2018).

O ventrículo, popularmente chamado de moela é caracterizado por ser um órgão triturador altamente muscular. Apresenta um epitélio revestido que se invagina no interior da lâmina própria, no qual são formados buracos alongados, cada um destes portando glândulas gástricas tubulares terminais. As células destas últimas glândulas secretam um material córneo espesso, equivalente à queratina (figura 5) (PLACHA *et al.*, 2014).

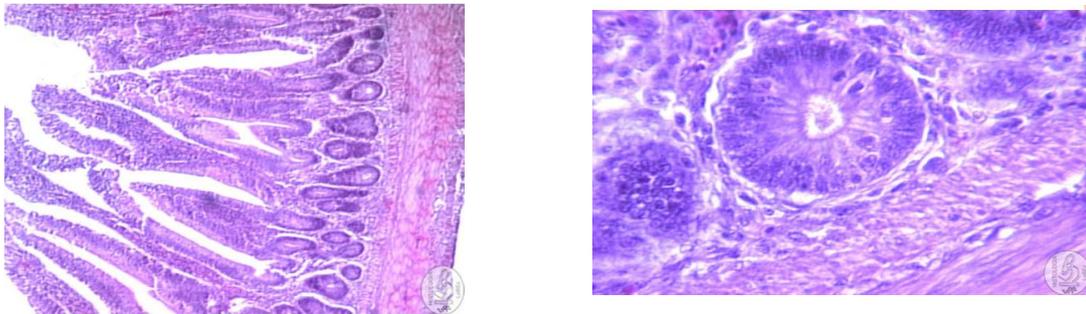
Figura 5. Ventrículo muscular (moela) das aves



Fonte: Unesp (2018).

Quanto ao intestino das aves observa-se que a estrutura é semelhante em toda a extensão, sendo constituído do: duodeno, jejuno, íleo e intestino grosso. A cloaca junta-se a extremidade terminal do intestino, e são encontrados vilos em toda a extensão dos intestinos delgado e grosso (STANLEY; HUGHES; MOORE, 2014) (Figura 6).

Figura 6. Corte de galinha – Coloração histológica.



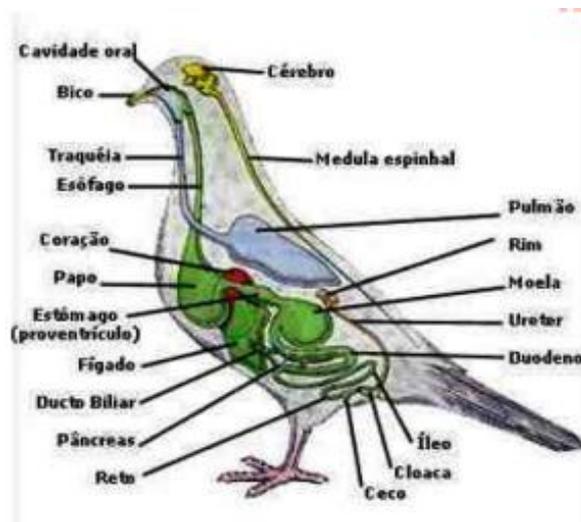
Fonte: Unesp (2018).

O fígado das aves apresenta uma característica bilobada e relativamente grande na maioria das aves. É coberto por um mesotélio, e abaixo dele tem uma camada de tecido conjuntivo, conhecido como a cápsula de Glisson. No pâncreas a lobulação é indistinta, devido à falta de tecido conjuntivo interlobular. Apresenta uma porção exócrina tubuloacinar, com as ilhotas de Langerhans bem abundantes. Os dois tipos de ilhotas são fáceis de serem reconhecidas: alfa que produzem o glucagon e a beta que formam insulina (PLACHA *et al.*, 2014).

A vesícula biliar de galinhas é semelhante à de mamíferos, sendo a mucosa revestida por um epitélio colunar simples, fortemente pregueada em projeções viliformes quando a vesícula se contrai. Nas aves as glândulas salivares são todas

da variedade mucosa, e localizam-se no teto e no assoalho da cavidade oral, na língua e na faringe. As glândulas salivares são presentes, porém esparsas, associando-se com os ductos na base da língua e da faringe (STANLEY; HUGHES; MOORE, 2014) (Figura 7).

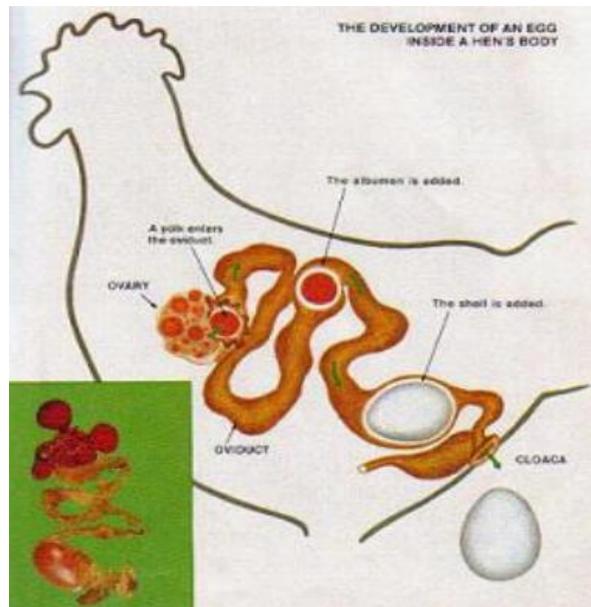
Figura 7. Representação do sistema digestivo das aves.



Fonte: Unesp (2018).

E por fim a cloaca que é definida como uma câmara na qual abrem o canal intestinal, o aparelho urinário e os oviductos das aves e dos répteis. Estocam temporariamente resíduos da digestão, é uma saída comum para os aparelhos excretor e reprodutor; e onde ocorre a reabsorção da água para ser devolvida à corrente sanguínea (PLACHA *et al.*, 2014) (Figura 8).

Figura 8. Representação da cloaca nas aves.



Fonte: Unesp (2018).

3.8 Perfil sanguíneo de aves

A substituição de alimentos tradicionais por alternativos deve ser avaliada quanto seus efeitos no organismo dos animais. Uma das formas de se realizar tal avaliação é por meio de análises sanguíneas. Fatores como a nutrição, clima e manejo podem influenciar o resultado das análises sorológicas (MINAFRA *et al.*, 2010). Tais resultados são frequentemente utilizados como importantes ferramentas no auxílio à avaliação da saúde das aves, diagnóstico de doenças, bem como no tratamento de patologias (SCHMIDT *et al.*, 2007).

Até o presente momento não existem estudos que tratem sobre a saúde de animais alimentados com farinha de barata de Madagascar, em especial, não há relatos de trabalhos que verifiquem o efeito da inclusão da farinha de inseto sobre os parâmetros sanguíneos de codornas de corte.

Neste contexto, os exames de sangue agem como importantes mecanismos para auxiliar no monitoramento da saúde das aves e das codornas, em especial no diagnóstico de doenças, no tratamento e nas condições de saúde, além da avaliação pré-operatória. Verifica-se ainda a utilização das provas bioquímicas e hematológicas nas pesquisas, pois auxiliam no diagnóstico de enfermidades nas aves, além de ajudar a monitorar o crescimento da atividade avícola e desenvolver métodos para diagnosticar ou tratar as doenças das aves (SCHMIDT *et al.*, 2007).

Conforme Voigt (2003), o sangue é fundamental para o controle da temperatura, manutenção do equilíbrio de eletrólitos e água, além de auxiliar no funcionamento do sistema imunológico melhorando a defesa do organismo. As taxas sanguíneas sofrem influencia do sexo, idade, habitat, estado nutricional, estresse ambiental, estação do ano, trauma, estado reprodutivo e criação (CAMPBELL, 2004; THRALL, 2004).

Verifica-se que grande parte das análises sanguíneas é feita no soro ou plasma. Observa-se que em algumas pesquisas os exames bioquímicos são realizados no soro das aves o que geralmente representa uma amostra pequena. Quando utiliza-se o plasma são para avaliações bioquímicas de rotina, sendo a heparina o anticoagulante de escolha (CAMPBELL, 2004). O ácido etilenodiaminotetracético (EDTA) não é muito apropriado para as provas enzimáticas, uma vez que este coagulante pode quelar os íons necessários para a atividade enzimática (LUMEIJ, 1997).

Um fator que pode interferir nas análises é a lipemia, pois a obtenção das amostras sanguíneas nas aves em jejum é uma tarefa complexa, uma vez que os animais doentes não devem ter a alimentação excluída. A natureza da fisiologia e da

anatomia digestiva das aves é considerada difícil para o estado de jejum seguro (CAMPBELL, 2004).

As principais análises sanguíneas realizadas nas aves conforme Bovera *et al.* (2015) são: hematócrito, hemoglobina (HB), contagem das células sanguíneas (branco, leucocitário e vermelho, glóbulos vermelhos). Além das características bioquímicas do soro sanguíneo (proteína total, albumina, colesterol, triglicerídeos, aspartato aminotransferase (AST), alanina aminotransferase (ALT), gama glutamiltransferase (GGT), fosfatase alcalina (ALP), creatina quinase (CK), desidrogenase láctica (LDH), Ca, azoto ureico no sangue (BUN), creatinina, ácido úrico).

Verifica-se que as análises sanguíneas são necessárias para avaliar a saúde da ave. Observa-se que várias doenças acometem as aves, tais como as doenças bacterianas, virais, fúngicas e parasitárias. No presente estudo, as codornas de corte não apresentaram nenhuma dessas doenças, mas verificou-se a presença da degeneração gordurosa.

3.9 Degeneração Gordurosa

O fígado contém cerca de 5% de gordura sob a forma de triglicerídeos, colesterol, ácidos graxos, fosfolipídeos e ésteres de colesterol. No metabolismo lipídico os ácidos graxos livres provenientes da alimentação, lipólise periférica, bem como do metabolismo das proteínas e carboidratos são apanhados pelos hepatócitos. A degeneração gordurosa está ligada a presença excessiva de lipídios nos hepatócitos, quando esse acúmulo excede a capacidade do fígado em metabolizar e remover lipídios da célula hepática (DAY, 1994).

A degeneração gordurosa representa uma desordem no metabolismo que pode acometer vacas leiteiras, felinos e cães em jejum prolongado ou sobrepeso, ovelhas e cabras ao fim da gestação, bem como aves. Resumidamente, tal patologia se apresenta quando os lipídeos chegam ao fígado, excedendo sua capacidade de oxidação e secreção, levando seu excesso a ser armazenado como triacilglicerol no fígado (FIORENTIN, 2014).

Verifica-se que a degeneração gordurosa hepática e proliferação dos ductos biliares provocam diversas alterações séricas, averiguadas, sobretudo pela elevação das coagulopatias, redução na produção de proteínas e das atividades enzimáticas. (OLIVEIRA; GERMANO, 1997). A degeneração gordurosa é conhecida também como lipidose hepática, fígado gorduroso, esteatose hepática, e é bem comum em aves criadas em cativeiro. Apresenta etiologia multifatorial, podendo citar: anemia crônica, obesidade, as doenças debilitantes, doenças metabólicas, toxinas químicas e bacterianas são as causas mais frequentes. Comumente está ligado à obesidade, o que reforça a relação com fatores metabólicos e nutricionais (WANG *et al.*, 2005).

Neste contexto, verifica-se a ocorrência da deposição e do armazenamento em excesso de gordura no fígado, e os são relatados como sinais clínicos a obesidade, dispneia, arrancamento de pena, aumento do volume abdominal, empenamento deficiente, diarreia, plumagem com textura oleosa, crescimento exacerbado de bico e unhas, anorexia, regurgitação, e depressão. E são verificados casos de óbito sem outras manifestações clínicas associadas (PEREIRA *et al.*, 2011).

4 Doenças comuns em aves

O surto da doença é um grande problema em animais de criação intensivos. As medidas de controle existentes incluem o uso combinado de vacinas, antibióticos e produtos químicos. No entanto, o uso extensivo de antibióticos e substâncias químicas em alimentos, pode ameaçar o meio ambiente e a saúde humana (COLLIGNON *et al.*, 2005). Essa ameaça é particularmente aparente com o surgimento de bactérias resistentes aos medicamentos na cadeia alimentar que parecem impermeáveis até mesmo aos agentes antimicrobianos mais poderosos (FEY *et al.*, 2000).

A iminente proibição do uso de antibióticos na alimentação animal intensificou a busca de métodos alternativos e ecológicos para o controle de doenças (LOWENTHAL *et al.*, 1999). Neste contexto, são observadas doenças nas aves provocadas por bactérias, vírus, fungos e parasitas. Cada uma dessas doenças é exemplificada a seguir.

4.1 Doenças bacterianas

4.1.1 Pododermatite

A pododermatite, também conhecida como “*bumblefoot*”, é uma condição inflamatória dos pés, vista mais comumente em aves (REDIG, 2005). A infecção da superfície plantar do pé é caracterizada por vários graus de abrasão local, ulceração, inchaço, eritema e abscesso da almofada metatársica (REMPLE, 1993).

A infecção pode resultar de inoculação direta por punção e desvitalização do epitélio ou pressão constante ou contusão (REDIG, 1993).

O processo destrutivo que se segue pode envolver a pele, os tecidos moles subjacentes e até mesmo os ossos. O isolado bacteriano mais comum é o *Staphylococcus aureus*, embora outros isolados bacterianos comuns incluam as espécies *Escherichia coli* (COOPER, 1985). As opções terapêuticas visam reduzir o inchaço e a inflamação, desbridar o tecido necrótico, estabelecer drenagem se houver abscessos, eliminar patógenos, proteger a ferida de novas infecções, promover granulação e cicatrização com bandagens e curativos, além de identificar e remover a causa subjacente (REMPLE, 1993).

4.1.2 Micobacteriose

Micobacteriose aviária é uma doença comum em aves, causada principalmente pelo *Mycobacterium avium*, uma bactéria Gram-positiva, aeróbica. Nos últimos anos, o *Mycobacterium genavense* também associado à doença em aves silvestres, espécies zoológicas em cativeiro e psitacídeos de estimação (TELL; WOODS; CROME, 2001). A micobacteriose aviária é mais comumente transmitida pela via fecal e geralmente é caracterizada como uma doença crônica, e afeta o apetite da ave (HEIDENREICH, 1997).

A micobacteriose afeta o trato gastrointestinal e as vísceras em espécies de aves. Verificam-se lesões respiratórias, e as lesões que afetam a pele e os tecidos subcutâneos são geralmente localizadas. As formas de transmissão incluem a ingestão de espécies ou inalação do organismo. Os sinais clínicos e a suscetibilidade à infecção podem variar; entretanto, alguns achados clínicos

consistentes em aves e outras espécies aviárias infectadas com *M. avium* incluem perda de peso crônica, apesar de um excelente apetite, diarreia recorrente, poliúria, anemia, maçante plumagem e sinais neurológicos (HOENERHOFF *et al.*, 2004). A necrose da base da língua e sinais neurológicos, incluindo perda de equilíbrio e convulsões também foi relatada (LUMEIJ *et al.*, 1980).

4.1.3 Botulismo

O *Clostridium botulinum* é um bacilo Gram-positivo móvel anaeróbico, formador de esporos, comumente encontrado em matéria orgânica em decomposição, é o agente etiológico do botulismo em aves; entretanto, não são as bactérias em si, mas a toxina que produz (exotoxina tipo C), que causa as doenças nas espécies afetadas. Os sinais clínicos do botulismo em aves incluem paralisia do pescoço e dos membros, dos músculos faríngeos, paralisia respiratória e morte dentro de horas a dias após a ingestão. Muitas vezes, um diagnóstico presuntivo pode ser feito apenas com sinais clínicos. O tratamento para aves afetadas por *C. botulinum* inclui cuidados de suporte (fluidos, suporte nutricional, calor e antibióticos apropriados) e a administração de antitoxina de *C. botulinum* tipo A ou C (SAMOUR, 2000).

4.2 Doenças virais

4.2.1 Poxvírus

As infecções por poxvírus causam diversas doenças em várias espécies de aves (GRAHAM; HALLIWELL, 1986). Os poxvírus aviários são vírus de DNA de

grande porte que induzem corpos de inclusão lipofílicos intracitoplasmáticos (corpos de Bollinger) que infectam células epiteliais do tegumento, do trato respiratório e da cavidade oral, resultando em hiperplasia das células afetadas (GERLACH *et al.*, 1994). O gênero avipoxvírus é dividido em 10 espécies; no entanto, muitos dos poxvírus aviários isolados não são claramente classificados, ou seu *status* dentro do gênero não foi determinado (WERNERY, 2000).

Clinicamente, as infecções por poxvírus aparecem em várias formas: (1) uma forma cutânea que é caracterizada por proliferações nodulares de tamanhos variados de pele não enovelada ao redor dos olhos, bico, narinas e pernas; (2) forma diftérica caracterizada por lesões na mucosa, língua, faringe, laringe, esôfago e traqueia; e (3) uma forma septicêmica observada em canários caracterizada pela depressão, cianose, anorexia e tumores semelhantes a verrugas na pele (GRAHAM; HALLIWELL, 1986; GERLACH *et al.*, 1994).

As infecções por poxvírus geralmente são confirmadas através da história, exame físico, sinais clínicos, achados histológicos dos corpos de Bollinger em amostras apropriadas do tecido afetado e microscopia eletrônica (preferida) de crostas ou outras lesões. A terapia para infecções por poxvírus geralmente é inespecífica e pode incluir terapia antibiótica para prevenir ou tratar infecções bacterianas secundárias. A vacinação é o melhor método para controlar infecções por poxvírus em aves; entretanto, é necessária uma avaliação adicional da eficácia da vacina em aves (GRAHAM; HALLIWELL, 1986; GERLACH *et al.*, 1994).

4.2.2 Herpesvírus

Os herpesvírus, como os poxvírus, são vírus de DNA que afetam uma grande variedade de hospedeiros mamíferos e aviários. Os sinais clínicos sugestivos de infecção por herpesvírus incluem desconforto respiratório, lesões oculares, enterite, doença hepática ou morte aguda (MORISHITA; ITCHON; BROOKS, 1994). As lesões histológicas típicas consistem em hemorragias no epitélio respiratório / intestinal, bem como em lesões necróticas multifocais do fígado, baço e medula óssea.

O diagnóstico de herpesvírus em aves é baseado em sinais clínicos, lesões histológicas, identificação sorológica e isolamento do vírus. O aciclovir pode ser eficaz no tratamento de aves afetadas. No entanto, a terapia geralmente visa proporcionar cuidados de suporte e prevenção de infecções bacterianas secundárias com antibióticos de amplo espectro (POLLOCK; CARPENTER; ANTINOFF, 2005).

4.2.3 Doença de Newcastle

A Família Paramyxoviridae contém vários gêneros e pode infectar uma grande variedade de hospedeiros aviários e mamíferos, incluindo os humanos. Os paramixovírus que infectam as aves podem diferir na faixa de hospedeiros e atualmente são divididos em 9 sorotipos distintos de acordo com o(s) tipo(s) de aves que afetam. Todas as espécies aviárias são consideradas suscetíveis ao PMV-1. Os sinais clínicos em aves podem variar com as espécies, a idade, o estado geral de saúde e a virulência da estirpe viral (HEIDENREICH, 1997).

Embora as taxas de mortalidade possam ser bastante altas em aves infectadas, algumas aves infectadas com o PMV-1 podem permanecer assintomáticas, desenvolver doenças e se recuperar, morrer repentinamente sem sinais de alerta ou morrer após longo período (dias a semanas) da doença. Possíveis sinais clínicos incluem anorexia, vômitos, diarreia, sinais respiratórios (tosse, secreção nasal), torcicolo (torção do pescoço), fraqueza ou paralisia das asas e pernas, incoordenação, tremores da cabeça e convulsões (RITCHIE, 1995).

4.2.4 Vírus do Nilo Ocidental

A infecção pelo vírus do Nilo Ocidental (WNV) é uma doença rapidamente fatal em espécies de aves. Os sinais clínicos da infecção pelo WNV incluem a depressão, anorexia, perda de peso, tremores na cabeça, convulsões, visão prejudicada, anisocoria, ataxia e morte súbita (PHALEN; DAHLHAUSEN, 2004). Estudos da Universidade do Minnesota classifica os sinais clínicos da seguinte forma: fase 1: depressão, anorexia, perda de peso, sono, penas com sangue, elevada contagem de células brancas. Na fase 2: além do anterior, tremores na cabeça, uratos verdes, cegueira mental / cegueira central, falta geral de consciência do ambiente, ataxia, fraqueza nas pernas e na fase 3: tremores mais graves, convulsões (UNIVERSITY OF MINNESOTA RAPTOR CENTER, 2005).

O tratamento de aves infectadas com WNV pode não ser compensador, porque não há tratamento específico disponível para o WNV. As aves infectadas podem sobreviver se receberem cuidados de suporte adequados, incluindo fluidoterapia, antibioticoterapia de amplo espectro e o uso de medicamentos anti-inflamatórios. Programas preventivos de saúde contra infecções WNV em espécies

de aves devem se concentrar na redução da exposição a mosquitos, mantendo aves dentro de casa ou em recintos com proteção contra mosquitos, eliminando mosquitos removendo água parada e pulverizando com cuidado para reduzir o número de vetores. As aves infectadas devem ser isoladas de aves ingênuas em áreas livres de mosquitos e carcaças contaminadas devem ser incineradas (PHALEN; DAHLHAUSEN, 2004).

4.2.5 Gripe aviária

O vírus influenza A (família Orthomyxoviridae) tem transmissão pelo contato direto com fezes, secreção ocular, aerossolização ou pela água contaminada. Os vírus da influenza A são caracterizados pelas proteínas hemaglutinina e neuroaminidase encontradas em suas superfícies. As aves afetadas podem demonstrar sinais clínicos leves ou inaparentes quando infectadas por cepas menos virulentas do vírus, enquanto espécies aviárias altamente suscetíveis afetadas com cepas mais virulentas podem desenvolver sinais clínicos que levam à morte. Os sinais clínicos podem incluir sinais respiratórios leves a graves, depressão, anorexia, diarreia ou edema de cabeça e pescoço. A infecção por cepas altamente virulentas pode resultar em viremia associada à linfopenia, dano às células endoteliais, e distúrbios hemorrágicos (RITCHIE, 1995).

4.2.6 Adenovírus

Os adenovírus afetam uma ampla variedade de espécies aviárias e foram previamente recuperados de várias espécies de aves, exibindo sinais do sistema

nervoso central e morte (RITCHIE, 1995). As aves afetadas apresentam anorexia, desidratação, diarreia e são relatadas mortes de forma aguda (SCHRENZEL *et al.*, 2005).

4.3 Doenças Fúngicas

4.3.1 Aspergilose

A aspergilose é uma doença micótica comumente observada em aves, o *Aspergillus fumigatus* é o agente etiológico mais comum (MOYER *et al.*, 2000). Acredita-se que as espécies de *Aspergillus* sejam onipresentes, com infecções comumente resultantes da inalação de esporos do ambiente. As infecções são consideradas secundárias a qualquer evento que possa comprometer o sistema imunológico da ave hospedeira. A aspergilose pode ser classificada como uma forma aguda, traqueal, um único ou uma série de granulomas dentro do sistema respiratório, ou uma forma sistêmica (DEEM, 2003).

Os sinais clínicos geralmente estão associados ao sistema respiratório ou ao órgão afetado. Os sinais clínicos mais comuns observados na aspergilose em aves incluem: dispneia, alteração ou perda do som emitido pelo animal, depressão, anorexia, esforço respiratório exagerado e perda de peso ou emaciação (POLLOCK; CARPENTER; ANTINOFF, 2005).

4.3.2 Candidíase

A candidíase, também conhecida como “sapinho” ou “monilíase”, é outra infecção micótica significativa de aves e é causada por espécies de *Candida* (REDIG, 1993). Esse organismo comumente infecta o trato gastrointestinal, resultando em lesões semelhantes à placa na mucosa do rim, língua, faringe, ou uma infecção profunda do trato gastrointestinal com ou sem lesões orais. Quando não são sistematicamente afetados, os sinais clínicos associados à candidíase podem incluir uma relutância em engolir, diminuição do apetite, vômito, regurgitação e depressão (SAMOUR; NALDO, 2002).

O diagnóstico de candidíase nem sempre é fácil, porque outras doenças que afetam as membranas da mucosa do trato gastrintestinal superior podem apresentar os sinais clínicos e patológicos semelhantes. Com a candidíase geralmente ocorre um problema secundário, a possibilidade de doenças subjacentes que comprometem o sistema imunológico ou a antibioticoterapia prolongada deve ser considerada (GROLL; PISCITELLI; WALSH, 2001).

4.4 Doenças Parasitárias

4.4.1 Tricomoníase

A tricomoníase é uma doença protozoária causada por *Trichomonas gallinae* (que afeta o sistema digestivo superior e respiratório) e o *T. gallinarium* (afeta o trato digestivo inferior) das aves (SAMOUR; NALDO, 2003). A disfagia é um achado comum em aves afetadas. O diagnóstico baseia-se na história, nos sinais clínicos e

na demonstração dos organismos a partir de zaragatoas do exsudado expressas em soro fisiológico (REDIG, 1993).

4.4.2 Helmintos

Muitas espécies de endoparasitas infestam tanto aves cativas quanto selvagens (SMITH, 1993). As infecções por espécies de *Capillaria* geralmente são assintomáticas; no entanto, infestações intensas podem causar diarreia, anorexia, emagrecimento, apatia e morte. As espécies de *Capillaria* também podem causar lesões orais semelhantes àsquelas observadas nas infecções por esse parasito. O diagnóstico de larvas de helmintos é frequentemente realizado pela demonstração de óvulos, larvas ou vermes adultos nas fezes, ou em outras áreas do trato gastrointestinal. Há uma variedade de agentes antiparasitários que podem ser usados para eliminar nematóides, incluindo ivermectina, fenbendazol, levamisol, mebendazol e piperazina (BONAR; LEWANDOWSKI; SCHAUL, 2003).

4.4.3. Coccidia

Os parasitas coccidianos que afetam os raptos incluem *Caryospora* spp., *Cryptosporidium* spp., *Eimeria* spp., *Frenkelia* spp., *Sarcocystis* spp. e *Toxoplasma gondii*. A maioria dos coccídios é considerada não-patogênica em aves. Os sinais clínicos geralmente são vagos, mas podem incluir letargia, depressão, diarreia (com ou sem sangue nas fezes), condição corporal ruim, perda de peso ou até a morte. O diagnóstico é geralmente realizado pela demonstração de oocistos nas fezes ou nos

organismos do tecido. A terapia para infestações por coccídios incluem vários medicamentos (POLLOCK; CARPENTER; ANTINOFF, 2005).

4.4.4 Hemoparasitas

Espécies de leucocitócitos e espécies de Hemoproteus são observadas em aves cativas e selvagens e podem ser encontradas em grande número na corrente sanguínea, sem sinais clínicos aparentes (LACINA; BIRD, 2000). Outro hemoparasita, *Plasmodium* spp., é visto em uma ampla gama de hospedeiros aviários. Nestas espécies, o *Plasmodium* spp. tem significado clínico e pode resultar em sinais de depressão, perda de peso, esforço respiratório laborioso, anemia e diminuição do apetite. Os mosquitos servem como vetor primário para esses hemoparasitos e os passeriformes são geralmente considerados como reservatórios (REDIG, 1993). O diagnóstico baseia-se nos sinais clínicos e na demonstração dos organismos nos glóbulos vermelhos (FORRESTER *et al.*, 1994).

Referências

- AGUNBIADE, J. A. *et al.* Replacement of fish meal with maggot meal in cassava-based layers' diets. **The Journal of Poultry Science**, v. 44, p. 278-282, 2007. Disponível em: <https://www.jstage.jst.go.jp/article/jpsa/44/3/44_3_278/_pdf/-char/en>. Acesso em: 23 nov. 2018.
- ALLEGRETTI, G. *et al.* Insect as feed: An energy assessment of insect meal as a sustainable protein source for the Brazilian poultry industry. **Journal of Cleaner Production**, v. 171, p. 403-412, 2018. Disponível em: <https://ac-els-cdn.ez27.periodicos.capes.gov.br/S0959652617322564/1-s2.0-S0959652617322564-main.pdf?_tid=f8b9595e-5579-44d4-ab00-343b0c4da887&acdnat=1543231843_a9bbd133bfdd932b39a2f316680a439b>. Acesso em: 17 nov. 2018.

ANGELI, T.; SAKAMOTO, S. Barata gigante de Madagascar. **Projeto Herpetus**, 2014. Disponível em: <<https://projetoherpetus.files.wordpress.com/2013/08/ficha4.pdf>>. Acesso em: 18 nov. 2018.

BALL, J. Edible insects: Future prospects for food and feed security. **International Forestry Review**, v. 16, n. 1, p. 112-114, 2014. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/018/i3253e/i3253e.pdf>>. Acesso em: 13 nov. 2018.

BERTECHINI, A. G. **Situação atual e perspectivas para a coturnicultura no Brasil**. In: IV Simpósio Internacional e III Congresso Brasileiro de Coturnicultura. 2010. Lavras: Anais... Lavras - MG, 2010. Disponível em: <<http://atividaderural.com.br/artigos/4e5c277cbe784.pdf>>. Acesso em: 02 nov. 2018.

BIASATO, I. *et al.* Effects of yellow mealworm larvae (*Tenebrio molitor*) inclusion in diets for female broiler chickens: implications for animal health and gut histology. **Animal Feed Science and Technology**, v. 234, p. 253-263, 2017. Disponível em: <https://ac-els-cdn.ez27.periodicos.capes.gov.br/S037784011630534X/1-s2.0-S037784011630534X-main.pdf?_tid=8095a97e-2a14-480e-ab49-a249beff41b7&acdnat=1543234461_1a238b61fe8f455aa59623bf21eff5a6>. Acesso em: 15 nov. 2018.

BONAR, C. J.; LEWANDOWSKI, A. H.; SCHAUL, J. Suspected fenbendazole toxicosis in two vulture species (*Gyps africanus*, *Torgos tracheliotus*) and marabou storks (*Leptoptilos crumeniferus*). **Journal of Avian Medicine and Surgery**, v. 17, p. 16-19, 2003. Disponível em: <[https://bioone.org/journals/journal-of-avian-medicine-and-surgery/volume-17/issue-1/1082-6742\(2003\)017%5b0016%3aSFTIVS%5d2.0.CO%3b2/Suspected-Fenbendazole-Toxicosis-in-2-Vulture-Species-span-classgenus-speciesGyps/10.1647/1082-6742\(2003\)017\[0016:SFTIVS\]2.0.CO;2.short](https://bioone.org/journals/journal-of-avian-medicine-and-surgery/volume-17/issue-1/1082-6742(2003)017%5b0016%3aSFTIVS%5d2.0.CO%3b2/Suspected-Fenbendazole-Toxicosis-in-2-Vulture-Species-span-classgenus-speciesGyps/10.1647/1082-6742(2003)017[0016:SFTIVS]2.0.CO;2.short)>. Acesso em: 14 abr 2019.

BOVERA, F. *et al.* Yellow mealworm larvae (*Tenebrio molitor*, L.) as possible alternative to soybean meal in broiler diets. **British Poultry Science**. DOI: 10.1080/00071668.2015.1080815

BUKKENS, S. G. F. The nutritional value of edible insects. *Ecology of Food and Nutrition*, v. 36, n. 2-4, p. 287-319, 1997. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/03670244.1997.9991521>>. Acesso em: 21 nov. 2018.

BUKKENS, S. G. F. Insects in the human diet: Nutritional aspects. In M. G. Paoletti (Ed.). *Ecological implications of mini livestock, role of rodents, frogs, snails, and Insects for sustainable development. New Hampshire: Science Publishers*, p. 545-577, 2005. Disponível em: <<https://www.crcpress.com/Ecological-Implications-of-Minilivestock-Potential-of-Insects-Rodents/Paoletti/p/book/9781578083398>>. Acesso em: 20 nov. 2018.

COLLIGNON, P. *et al.* The routine use of antibiotics to promote animal growth does little to benefit protein undernutrition in the developing world. *Clinical Infectious Diseases*, v. 41, p. 1007-1013, 2005. Disponível em: <<https://academic.oup.com/cid/article/41/7/1007/306577>>. Acesso em: 16 abr 2019.

COOPER, J. E. **Veterinary aspects of captive birds of prey (supplement)**. Sal, Gloucestershire, UK, Standfast Press, 1985. Disponível em: <<https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19742211283>>. Acesso em: 16 abr 2019.

DANKWA, D. *et al.* Housefly larvae as a feed supplement for rural poultry. **Journal of Agricultural Science**, v. 35, p. 185-187, 2002. Disponível em: <<https://www.ajol.info/index.php/gjas/article/view/1859>>. Acesso em: 21 nov. 2018.

DAY, D.G. *The Cat: Diseases and Clinical Management*, 2° ed., Sherding, 1994, v.2, p.1312-1319.

DEEM, S. L. Fungal diseases of birds of prey. **Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice**, v. 6, p. 363-376, 2003. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1094919403000045?via%3Dihub>>. Acesso em: 16 abr. 2019.

DEFOLIART, R. **Insects as human food: Gene DeFoliart discusses some nutritional and economic aspects.** Russell laboratories of the Department of Entomology, University of Wisconsin, Madison, WI. USA. 1992. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0261219492900206>>. Acesso em: 16 nov. 2018.

EKPO, K. E.; ONIGBINDE, A. O.; ASIA, I. O. Pharmaceutical potentials of the oils of some popular insects consumed in southern Nigeria. **African Journal of Pharmacy and Pharmacology**, v. 3, p. 51-57, 2009. Disponível em: <http://www.academicjournals.org/app/webroot/article/article1380872038_Ekpo%20et%20al.pdf>. Acesso em: 21 nov. 2018.

ENTOMOLOGY TODAY – ET. **Madagascar hissing cockroaches – *Gromphadorhina portentosa*.** Disponível em: <<https://entomologytoday.org/madagascar-hissing-cockroaches-gromphadorhina-portentosa/>>. Acesso em: 19 nov. 2018.

FACTS ABOUT WEST NILE VIRUS, **University of Minnesota Raptor Center.** 2005. Disponível em: <<http://www.raptor.cvm.umn.edu/content.asp?page9002>>. Acesso em: 16 abr 2019.

FÉON, S. L. *et al.* Life Cycle Assessment of fish fed with insect meal: Case study of mealworm inclusion in trout feed, in France. **Aquaculture**, v. 500, p. 82-91, 2019. Disponível em: https://ac-els-cdn.ez27.periodicos.capes.gov.br/S0044848617322718/1-s2.0-S0044848617322718-main.pdf?_tid=00b0ab9f-9d54-4837-a160-9ce7f1ec1e7c&acdnt=1544036309_009955260ab1aa65b8e3e21dfb96f149>. Acesso em: 21 nov. 2018.

FEY, P. D. *et al.* Ceftriaxone resistant salmonella infection acquired by a child from cattle. **New England Journal of Medicine**, v. 342, n. 17, p. 1242-1249, 2000. Disponível em: <<https://www.nejm.org/doi/pdf/10.1056/NEJM200004273421703?articleTools>>. Acesso em: 16 abr 2019.

FINKE, M. D. Complete nutrient composition of commercially raised invertebrates used as food for insectivores. **Zoo Biology**, v. 21, p. 269-285, 2002. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/zoo.10031>>. Acesso em: 23 nov. 2018.

FINKE, M. D.; OONINCX, D. D. **Insects as food for insectivores**. In J. MoralesRamos, G. Rojas, & D. I. Shapiro-Ilan (Eds.). Mass production of beneficial organisms: Invertebrates and entomopathogens, p. 583-616, 2014. New York: Elsevier. Disponível em: <<https://www.elsevier.com/books/mass-production-of-beneficial-organisms/morales-ramos/978-0-12-391453-8>>. Acesso em: 21 nov. 2018.

FIORENTIN, E. L. **Lipidose hepática: causas, patogenia e tratamento**. Seminário apresentado na disciplina Transtornos Metabólicos nos Animais Domésticos, Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2014. 10 p. Disponível em:<<https://www.ufrgs.br/lacvet/site/wp-content/uploads/2014/11/lipidose.pdf>>. Acesso em: 14 abr. 2019.

FORRESTER, D. J. *et al.* Blood parasite of raptors in Florida. **The Journal of Raptor Research**, v. 28, p. 226-231, 1994. Disponível em: <<https://sora.unm.edu/sites/default/files/journals/jrr/v028n04/p00226-p00231.pdf>>. Acesso em: 16 abr 2019.

GAHUKAR, R. T. Entomophagy and human food security. **International Journal of Tropical Insect Science**, v. 31, n. 3, p. 129-144, 2011. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/services/aop-cambridge-core/content/view/6AF386E831371DFA45DCFDFFDD7871833/S1742758411000257a.pdf/entomophagy_and_human_food_security.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2018.

GERLACH, H. Viruses, in Ritchie BW, Harrison BJ, Harrison LR (eds): **Avian Medicine: Principles and Applications**. Lake Worth, FL, Wingers Publishing, 1994, p 862-948. Disponível em: <<http://avianmedicine.net/wp-content/uploads/2013/03/con1.pdf>>. Acesso em: 16 abr 2019.

GRAHAM, D. L.; HALLIWELL, W. H. **Viral diseases of birds of prey, in Fowler ME** (ed): Zoo and Wild Animal Medicine. Philadelphia, PA, WB Saunders, 1986, pp 408-413

GROLL, A. H.; PISCITELLI, S. C.; WALSH, T. J. Antifungal pharmacodynamics: concentration-effect relationships in vitro and in vivo. **Pharmacotherapy**, v. 21, p. 133S-485S, 2001. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/openurl?spage=133S&genre=article&issn=0277-0008&sid=nlm%3Apubmed&date=2001&issue=8+Pt+2&volume=21>>. Acesso em: 16 abr 2019.

HEIDENREICH, M. **Bacterial, chlamydial and mycoplasmal diseases, in Birds of Prey: Medicine and Management**. Malden, MA, Blackwell Science, p 114-124, 1997. Disponível em: <<https://www.google.com/search?q=Bacterial%2C+chlamydial+and+mycoplasmal+diseases%2C+in+Birds+of+Prey%3A+Medicine+and+Management&oq=Bacterial%2C+chlamydial+and+mycoplasmal+diseases%2C+in+Birds+of+Prey%3A+Medicine+and+Management&aqs=chrome..69i57.337j0j4&sourceid=chrome&ie=UTF-8>>.

HOENERHOFF, M. *et al.* Mycobacteriosis in an American bald eagle (*Haliaeetus leucocephalus*). **Journal of Wildlife Diseases**, v. 48, n. 2, p. 437-441, 2004. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15283434>>. Acesso em: 16 abr 2019.

HOPLEY, D. **The evaluation of the potential of *Tenebrio molitor*, *Zophobas morio*, *Naophoeta cinerea*, *Blaptica dubia*, *Gromphardorhina portentosa*, *Periplaneta americana*, *Blatta lateralis*, *Oxyhalao duesta* and *Hermetia illucens* for use in poultry feeds**. Tese (Doutorado) Stellenbosch University, Stellenbosch, Africa do Sul. 2016.

LACINA, D.; BIRD, D. M. **Endoparasites of raptors—a review and an update**, in Lumeij JT, Remple JD, Redig PT, et al (eds): Raptor Biomedicine III. Lake Worth, FL, Zoological Education Network, 2000, p 65-99. Disponível em: <<https://raptorresearchfoundation.org/files/2015/10/Chapter-17c.pdf>>. Acesso em: 16 abr 2019.

LOWENTHAL, J. W. *et al.* Cytokine therapy: a natural alternative for disease control. **Veterinary Immunology and Immunopathology**, v. 72, p. 183-188, 1999. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0165242799001312>>. Acesso em: 16 abr 2019.

LUMEIJ, J. T. *et al.* **Observations on tuberculosis in raptors**, in Cooper JE, Greenwood A (eds): Recent Advances in the Study of Raptor Diseases. Keighly, UK, Chiron Publications, 1980, p. 137-139. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/20095277?seq=1#page_scan_tab_contents>. Acesso em: 16 abr 2019.

LUNDY, M. E.; PARRELLA, M. P. Crickets Are Not a Free Lunch: Protein Capture from Scalable Organic Side-Streams via High-Density Populations of *Acheta domesticus*. **Journals PLoS ONE**, v. 10, n. 4, 2015. Disponível em: <<http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0118785>>. Acesso em: 17 nov. 2018.

MEXICANO, G.; MONTOYA-LOAIZA, B.; AYALA-GUERRERO, F. Sleep characteristics in the quail *Coturnix coturnix*. **Physiology & Behavior**, v. 129, p. 167-172, 2014. Disponível em: https://ac-els-cdn.ez27.periodicos.capes.gov.br/S0031938414001115/1-s2.0-S0031938414001115-main.pdf?_tid=577545db-9893-48cc-b6d1-5bdeaaad8505&acdnat=1544036088_720d313f85555e34be260fcf256402ee>. Acesso em: 17 nov. 2018.

MLCEK, J. *et al.* A comprehensive look at the possibilities of edible insects as food in Europe – a review. **Polish Journal of Food and Nutrition Sciences**, v. 64, n. 3, p. 147-157, 2014. Disponível em: <[http://www.ethno-terroirs.cnrs.fr/gestion/applis/apetit/fichiers/\[PolishJournalOfFoodAndNutritionSciences\]AComprehensiveLookAtThePossibilitiesOfEdibleInsectsAsFoodInEurope%E2%80%933AReview.pdf](http://www.ethno-terroirs.cnrs.fr/gestion/applis/apetit/fichiers/[PolishJournalOfFoodAndNutritionSciences]AComprehensiveLookAtThePossibilitiesOfEdibleInsectsAsFoodInEurope%E2%80%933AReview.pdf)>. Acesso em: 16 nov. 2018.

MORISHITA, T. Y.; ITCHON, C. S.; BROOKS, D. L. Herpesvirus infections in raptorial birds, in **The Association of Avian Veterinarians**, p. 69-75, 1994. Disponível em: <https://www.petmd.com/bird/conditions/skin/c_bd_herpesvirus_infection>. Acesso em: 16 abr 2019.

MORAES, V. M. B.; ARIKI, J. **Importância da nutrição na criação de codornas e qualidades nutricionais do ovo e carne de codorna**. Universidade Estadual Paulista, p. 97-103, 2009.

Disponível em: <<http://www.biologico.sp.gov.br/rifib/IIIRifib/97-103.pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2018.

Moyer RW, Arif BM, Black DN, et al: Poxviridae, in Van Regenmortel MJV, Fauquet CM, Bishop DHL (eds): Virus Taxonomy, Seventh report of the International Committee on Taxonomy of Viruses. New York, NY, San Diego, CA, Academic Press, 2000, pp 137-157.

NADAL, J.; PONZ, C.; MARGALIDA, A. Population age structure as an indicator for assessing the quality of breeding areas of Common quail (*Coturnix coturnix*). **Ecological Indicators**, v. 93, p. 1136-

1142, 2018. Disponível em: <<https://www-sciencedirect.ez27.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S1470160X18304503/pdf?md5=afc981b5065b1205f7ae718371cd0c95&pid=1-s2.0-S1470160X18304503-main.pdf>>. Acesso em: 23 nov. 2018.

NG, W. K. *et al.* 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.

Disponível em: <<http://sci-hub.cc/10.1046/j.1355-557x.2001.00024.x>>. Acesso em: 17 nov. 2018.

NOWAK, V. *et al.* Review of food composition data for edible insects. **Food Chemistry**, v. 193, p. 39-46, 2016. Disponível em: <https://ac-els-cdn.ez27.periodicos.capes.gov.br/S0308814614016781/1-s2.0-S0308814614016781-main.pdf?_tid=31235533-af34-4bbc-8a99-8d9e65ebf642

&acdnat=1544039998_7e8a3fe5cfbaef002894b5bfb5dedba7>. Acesso em: 21 nov. 2018.

OLIVEIRA, C. A. F.; GERMANO, P. M. L. Aflatoxinas: conceitos sobre mecanismos de toxicidade e seu desenvolvimento na etiologia do câncer hepático celular. **Revista Saúde Pública**, v. 31, n. 4, p. 417-424, 1997. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rsp/v31n4/2255.pdf>>. Acesso em: 17 abr.

2018.

OONINCX, D. G. *et al.* An exploration on greenhouse gas and ammonia production by insect species suitable for animal or human consumption. **PLoS One**, v. 5, n. 12, p. 1-7, 2010. Disponível em:

<<https://journals.plos.org/plosone/article/file?id=10.1371/journal.pone.0014445&type=printable>>.

Acesso em: 18 nov. 2018.

OONINCX, D. G.; DE BOER, I. J. Environmental impact of the production of mealworms as a protein source for humans e a life cycle assessment. **PLoS One**, v. 7, n. 12, p. 1-5, 2012. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3526541/pdf/pone.0051145.pdf>>. Acesso em: 18 nov. 2018.

OONINCX, D.; DIERENFELD, E. 2012. **An investigation into the chemical composition of alternative invertebrate prey**. Disponível em: <<http://sci-hub.tw/10.1002/zoo.20382>> Acesso em: 13 nov. 2018.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA AGRICULTURA E ALIMENTAÇÃO – FAO. **A contribuição dos insetos para a segurança alimentar, subsistência e meio ambiente**. 2015. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/d-i3264o.pdf>>. Acesso em: 22 nov. 2018.

PAPA, G.; SPADONI, A. B. D. **A vida dos insetos**. Relatório Final do Projeto de Extensão Universitária – PROEX. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. 2016. Disponível em: <http://www.feis.unesp.br/Home/Instituicao/administracao/cpeu550/rf_a_vida_instos_2015_1.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2018.

PASTORE, M. S.; OLIVEIRA, W. P.; MUNIZ, J. C. L. Panorama da coturnicultura no Brasil. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 9, n. 6, p. 2041-2049, 2012. Disponível em: <http://www.nutritime.com.br/arquivos_internos/artigos/180%20-Panorama%20da%20coturnicultura_.pdf>. Acesso em: 05 nov. 2018.

PEREIRA, W. A. B. *et al.* Clinical and pathological changes of laying hens (*Gallus gallus domesticus*) experimentally poisoned by *Crotalaria spectabilis* seeds (Leg. *Papilionoideae*). **ARS VETERINARIA**, v. 27, n. 1, p. 45-50, 2011. Disponível em: <<http://arsveterinaria.org.br/index.php/ars/article/view/353/302>>. Acesso em: 17 abr 2019.

PHALEN, D. N.; DAHLHAUSEN, B. West Nile virus. **Seminars in Avian and Exotic Pet Medicine**, v. 13, p. 67-78, 2004. Disponível em: <http://home.uevora.pt/~sinogas/TRABALHOS/2004/west_nile.pdf>. Acesso em: 16 abr 2019.

PINTO, R. *et al.* Exigência de metionina mais cistina para codornas japonesas em crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, p. 1174-1181, 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbz/v32n5/17900.pdf>>. Acesso em: 29 nov. 2018.

PLACHA, I. *et al.* Effect of thyme essential oil and selenium on intestine integrity and antioxidant status of broilers. **British Poultry Science**, v. 55, n. 1, p. 105-114, 2014. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00071668.2013.873772>>. Acesso em: 22 nov. 2018.

POLLOCK, C.; CARPENTER, J. W.; ANTINOFF, N. **Birds, in Carpenter JW** (ed): Exotic Animal Formulary (ed 3). St. Louis, MO, Elsevier Inc, p 133-344, 2005. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4466826/>>. Acesso em: 16 abr 2019.

POMA, G. *et al.* 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. Disponível em: <https://ac-els-cdn.ez27.periodicos.capes.gov.br/S0278691516304598/1-s2.0-S0278691516304598-main.pdf?_tid=850586c0-f261-41f9-b2dd-d3640f244610&acdnt=1544038659_46fd5f67012666c9e22b7c22423f4a5f>. Acesso em: 19 nov. 2018.

RAMOS-ELORDUY, J.; MORENO, J. M. P.; CAMACHO, V. H. M. Could grasshoppers be a nutritive meal. **Food and Nutrition Sciences**, v. 3, p. 164-175, 2012. Disponível em: <https://file.scirp.org/pdf/FNS20120200005_20348364.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2018.

Redig PT: Medical Management of Birds of Prey. St. Paul, MN, The Raptor Center, University of Minnesota, 1993

REDIG, P. T. **Falconiformes** (vultures, hawks, falcons, secretary bird), in Fowler ME (ed): Zoo and Wild Animal Medicine (ed 5). St. Louis, MO, Saunders/ Elsevier Science, Inc., p 150-161, 2005.

Disponível em: <[https://books.google.com.br/books?id=QUjl757YL6wC&pg=PA151&lpg=PA151&dq=Falconiformes+\(vultures,+hawks,+falcons,+secretary+bird\),+in+Fowler+ME&source=bl&ots=Cz_PMkSD4-&sig=ACfU3U3Kx6iLwsUqfjbs5272IShZy1A86w&hl=pt-BR&sa=X&ved=2ahUKEwjO6JrmqNXhAhWizVkkHWOZCYUQ6AEwAXoECAgQAQ#v=onepage&q=Falconiformes%20\(vultures%2C%20hawks%2C%20falcons%2C%20secretary%20bird\)%2C%20in%20Fowler%20ME&f=false](https://books.google.com.br/books?id=QUjl757YL6wC&pg=PA151&lpg=PA151&dq=Falconiformes+(vultures,+hawks,+falcons,+secretary+bird),+in+Fowler+ME&source=bl&ots=Cz_PMkSD4-&sig=ACfU3U3Kx6iLwsUqfjbs5272IShZy1A86w&hl=pt-BR&sa=X&ved=2ahUKEwjO6JrmqNXhAhWizVkkHWOZCYUQ6AEwAXoECAgQAQ#v=onepage&q=Falconiformes%20(vultures%2C%20hawks%2C%20falcons%2C%20secretary%20bird)%2C%20in%20Fowler%20ME&f=false)>. Acesso em: 16 abr 2019.

REMPLE, J. D. **Raptor bumblefoot: a new treatment technique**, in Redig PT, Cooper JE, et al (eds): Raptor Biomedicine. Minneapolis, MN, University of Minnesota Press, p. 154-159, 1993. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/30135216?seq=1#page_scan_tab_contents>. Acesso em: 16 abr 2019.

RITCHIE, B. W. (ed): **Avian Viruses Function and Control**. Lake Worth, FL, Wingers Publishing, 1995.

ROMEIRO, E. T.; OLIVEIRA, I.D.; CARVALHO, E.F. Insetos como alternativa alimentar: artigo de revisão. **Contextos da Alimentação**, v. 4, n. 1, p. 41-61, 2015. Disponível em: <http://www3.sp.senac.br/hotsites/blogs/revistacontextos/wp-content/uploads/2015/10/54_CA_artigo_ed_Vol_4_n_1_15_2.pdf> . Acesso em: 18 nov. 2018.

RUMPOLD, B. A.; SCHLÜTER, O. K. Nutritional composition and safety aspects of edible insects. **Molecular Nutrition & Food Research**, v. 57, n. 5, p. 802-823, 2013. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/mnfr.201200735>>. Acesso em: 22 nov. 2018.

SAMOUR, J. **Toxicology**, in Samour J (ed): Avian Medicine. Philadelphia, PA, Mosby, p 180-193, 2000. Disponível em: <<https://www.elsevier.com/books/avian-medicine/samour/978-0-7234-3832-8>>. Acesso em: 16 abr 2019.

SAMOUR, J. H.; NALDO, J. L. Diagnosis and therapeutic management of candidiasis in falcons in Saudi Arabia. **Journal of Avian Medicine and Surgery**, v. 16, n. 2, p. 129-132, 2002. Disponível em: <[https://doi.org/10.1647/1082-6742\(2002\)016\[0129:DATMOC\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1647/1082-6742(2002)016[0129:DATMOC]2.0.CO;2)>. Acesso em: 16 abr 2019.

SAMOUR, J. H.; NALDO, J. L. Diagnosis and therapeutic management of trichomoniasis in falcons in Saudi Arabia. **Journal of Avian Medicine and Surgery**, v. 17:136-143, 2003. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/232676089_Diagnosis_and_Therapeutic_Management_of_Trichomoniasis_in_Falcons_in_Saudi_Arabia>. Acesso em: 16 abr 2019.

SCHRENZEL, M. *et al.* Characterization of a new species of adenovirus in falcons. **Journal of Clinical Microbiology**, v. 43, n. 7, p. 3402-3413, 2005. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1169131/pdf/1481-04.pdf>>. Acesso em: 16 abr 2019.

SILVA, L. P.; NORBERG, J. L. Prebióticos na nutrição de não ruminantes. **Ciência Rural**, v. 33, n. 5, p. 983-990, 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782003000500029&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 23 nov 2018.

SILVA, J. H. V. *et al.* Exigências nutricionais de codornas. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 13, n. 3, p. 775-790, 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbspa/v13n3/16.pdf>>. Acesso em: 12 nov. 2018.

SMITH, S. A. **Diagnosis and treatment of helminths in birds of prey**, in Redig PT, Cooper JE, Remple JD, et al (eds): Raptor Biomedicine. Minneapolis, MN, The University of Minnesota Press, p 21-27, 1993. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1055937X96800223>>. Acesso em: 16 abr 2019.

SOGARI, G.; MENOZZI, D.; MORA, C. Exploring young foodies' knowledge and attitude regarding entomophagy: A qualitative study in Italy. **International Journal of Gastronomy and Food Science**, v. 7, p. 16-19, 2017. Disponível em: <<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/>>

S1878450X1630066X?token=8C704B43C1B2F2FC48BC817AC002357AA90BBE674DC22174E0CC0E92069BE63E33192732E6E405FA634F3502877267C9>. Acesso em: 16 nov. 2018.

SPANG, B. **Insects as food: Assessing the food conversion efficiency of the mealworm (*Tenebrio molitor*)**. 2013. 76f. Tese (Mestrado) - Evergreen State College, 2013. Disponível em: <http://archives.evergreen.edu/masterstheses/Accession86-10MES/Spang_B-MES2013.pdf>. Acesso em: 02 nov. 2017.

STANLEY, D., HUGHES, R. J., E MOORE, R. J. Microbiota of the chicken gastrointestinal tract: influence on health, productivity and disease. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 98, n. 10, p. 4301, 2014. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00253-014-5646-2>>. Acesso em: 24 nov. 2018.

SUN-WATERHOUSE, D. *et al.* Transforming insect biomass into consumer wellness foods: A review. **Food Research International**, v. 89, p. 129-151, 2016. Disponível em: <https://ac-els-cdn.ez27.periodicos.capes.gov.br/S0963996916304264/1-s2.0-S0963996916304264-main.pdf?_tid=12a472f0-481d-4397-80c6-d140ee06cc15&acdnat=1544038233_e49f9c1df76310d1d7ceb246d012b7a8>. Acesso em: 20 nov. 2018.

TELL, L. A.; WOODS, L.; CROME, R. L. Mycobacteriosis in birds. **Revue Scientifique et Technique**, v. 20, p. 180-203, 2001. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11288511>>. Acesso em: 16 abr 2019.

TZOMPA-SOSA, D. A. *et al.* Insect lipid profile: Aqueous versus organic solventbased extraction methods. **Food Research International**, v. 62, p. 1087-1094, 2014. Disponível em: <https://ac-els-cdn.ez27.periodicos.capes.gov.br/S0963996914003676/1-s2.0-S0963996914003676-main.pdf?_tid=dc5bec70-84b6-4d87-bcca-f55ad94cbae2&acdnat=1544040189_0be02b79061f94912770bed301d3f64c>. Acesso em: 20 nov. 2018.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP. **Sistema digestório**. Disponível em: <http://www2.ibb.unesp.br/departamentos/Morfologia/material_didatico/Profa_Maeli/Aulas_Bio/seminarios/sistema_digestorio_aves.pdf>. Acesso em: 25 nov. 2018.

VAN HUIS, A. *et al.* **Edible insects: Future perspectives for food and food security**. Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome. 2013. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/018/i3253e/i3253e.pdf>>. Acesso em: 15 nov. 2018.

VIDAL, T.Z.B. *et al.* Teor de metionina + cistina para codornas de corte do nascimento aos 21 dias de idade. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 67, n. 1, p. 242-248, 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/abmvz/v67n1/0102-0935-abmvz-67-01-00242.pdf>>. Acesso em: 19 nov. 2018.

VANTOMME, P. Way forward to bring insects in the human food chain. **Journal of Insects as Food and Feed**, v. 1, n. 2, p. 121-129, 2015. Disponível em: <<https://www.wageningenacademic.com/doi/pdf/10.3920/JIFF2014.0014>>. Acesso em: 17 nov. 2018.

XIAOMING, C.; YING, F.; HONG, Z. Review of the nutritive value of edible insects. In P. B. Durst, V. Johnson, R. N. Leslis, & K. Shono (Eds.). *Forest insects as food: Humans bite back*. Proceedings of a workshop on Asia-Pacific resources and their potential for development, p. 85-92, 2010. Bangkok: FAO. Disponível em: <<https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20103207745>>. Acesso em: 23 nov. 2018.

WANG, P. Y. *et al.* Human liver microsomal reduction of pyrrolizidine alkaloid N-oxides to form the corresponding carcinogenic parent alkaloid. **Toxicology Letters**, v. 155, n. 3, p. 411-420, 2005. Disponível em: <[https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0378-4274\(04\)00526-0](https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0378-4274(04)00526-0)>. Acesso em: 14 abr 2019.

WERNERY, U. **Viral diseases**, in Samour J (ed): Avian Medicine. Philadelphia, PA, Mosby, p 264-275, 2000. Disponível em: <http://avianmedicine.net/wp-content/uploads/2013/12/40_raptorsb2.pdf>. Acesso em: 16 abr 2019.

YEN, A. L. Edible insects: Traditional knowledge or western phobia? **Entomological Research**, v. 39, p. 289-298, 2009. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1748-5967.2009.00239.x>>. Acesso em: 15 nov. 2018.

YEN, A. L. Insects as food and feed in the Asia Pacific region: current perspectives and future directions. **Journal of Insects as Food and Feed**, v. 1 n. 1, p. 33-55, 2015. Disponível em: <<https://www.wageningenacademic.com/doi/pdf/10.3920/JIFF2014.0017>>. Acesso em: 15 nov. 2018.

YI, L. *et al.* Extraction and characterization of protein fractions from five insect species. **Food Chemistry**, v. 141, n. 4, p. 3341-3348, 2013. Disponível em: <https://ac-els-cdn.ez27.periodicos.capes.gov.br/S0308814613007218/1-s2.0-S0308814613007218-main.pdf?_tid=85948550-c24d-415e-8a41-e8eb6285e2bd&acdnt=1544038361_0bd9b42bcbb78f8148d67ee6eb44f1e3>. Acesso em: 16 nov. 2018.

5 Artigo

5.1 Artigo – Hematologia e histopatologia de codornas de corte alimentadas com farinha da barata de Madagascar

Este artigo foi elaborado conforme as normas da *British Poultry Science*

Hematologia e histopatologia de codornas de corte alimentadas com farinha da barata de Madagascar

Patrícia Dáwylla de Freitas Soares¹; Letícia Batelli de Oliveira², Camila Almeida de Jesus¹; Fabiana Ferreira³; Roselene Ecco⁴, Fabíola de Oliveira Paes Leme⁴; Raphael Rocha Wenceslau⁴

¹Acadêmica de Mestrado em Produção Animal pelo Instituto de Ciência Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais – ICA/UFMG.

² Acadêmica de Doutorado em Ciência Animal pela Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG.

³ Professora do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG.

⁴Professor da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG.

Resumo: 1. Objetivou-se avaliar o perfil hematológico e características histopatológicas de codornas de corte alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de inclusão de farinha de barata de Madagascar (*Gromphadorhina portentosa*).

2. O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso. Para realização da pesquisa, foram utilizados quatro níveis de inclusão de farinha de barata Madagascar (FBM) na alimentação das codornas, 0, 6, 12, e 18%, com seis repetições cada. Dois animais de cada unidade experimental foram amostrados aleatoriamente para as avaliações hematológicas e histológicas.

3. A média geral de eritrócitos para os quatro tratamentos foi $3,97 \times 10^3 \text{mm}^3$. Os valores mínimos e máximos gerais observados foram 31,10/34,84; 13,60/16,10; 40,00/48,00; 91,30/138,70; 30,40/46,10 para as variáveis: eritrócitos, hemoglobina, hematócrito, volume corpuscular médio e hemoglobina corpuscular média,

respectivamente. Os valores médios de leucócitos das aves desse experimento variaram de 16,5 a $17,7 \times 10^3/\text{mm}^3$. Os valores gerais médios observados para eosinófilos, linfócitos e monócitos foram 3,65%; 46,08% e 6,56% respectivamente.

4. Nenhuma alteração digna de relato foi observada nas avaliações histológicas dos tecidos de pâncreas, duodeno, jejuno e íleo. No entanto, degeneração gordurosa no fígado foi observada nos animais de todos os tratamentos.

5. Não houve efeito da inclusão de farinha de inseto na dieta sobre os parâmetros sanguíneos e características histológicas avaliadas.

6. Sugere-se que insetos podem ser utilizados como fonte alternativa de alimento sem prejuízo à saúde das codornas de corte destinadas até os 35 dias de idade.

Palavras-chave: Alimentos alternativos. Aves. Degeneração gordurosa. Dieta. Insetos comestíveis. Hematologia. Sustentabilidade.

Hematological and histopathological traits of meat type quails fed Madagascar cockroach meal

Abstract: 1. We aimed to evaluate the blood profile and histopathological traits of meat type quails fed diets containing different levels of Madagascar cockroach meal (*Gromphadorhina portentosa*).

2. The experiment has a completely randomized design. In order to perform the research four treatments representing the meal inclusion levels, 0, 6, 12, and 18%, with six replicates each were used. Two animals were randomly sampled from each experimental unit for hematological and histological evaluations.

3. The overall mean of erythrocytes for the four treatments was $3.97 \times 10^3/\text{mm}^3$. The general minimum and maximum observed values for: erythrocytes, hemoglobin,

hematocrit, mean corpuscular volume and mean corpuscular hemoglobin, were 31.10/34.84; 13.60/16.10; 40.00/48.00; 91.30/138.70; 30,40/46,10, respectively. The leukocyte values of the quails ranged from 16.5 to 17.7x10³/mm³. The mean general values observed for eosinophils, lymphocytes and monocytes were 3.65%; 46.08% and 6.56%, respectively.

4. There was no alteration worthy of report when evaluating pancreas, duodenum, jejunum and ileus tissues. However liver fat degeneration was observed for animals raised with all treatments.

5. There was no insect meal diet inclusion effect over hematological and histological traits.

6. We suggest Madagascar cockroach meal can be used as an alternative food without prejudice health of meat type quails up to 35 days of age.

Keywords: Alternative food. Diet. Edible insects. Fat degeneration. Hematology. Poultry. Sustainability.

Introdução

Com objetivo de substituir ingredientes da alimentação animal, principalmente a proteína, que é o macronutriente de maior valor comercial, é notável que os insetos podem ser utilizados para esse fim. A substituição de ingredientes tradicionais por alimentos alternativos na produção animal podem gerar maior sustentabilidade e economia à produção de alimentos para humanos. Pesquisadores têm buscado evidenciar os reais benefícios da utilização de insetos em suas diferentes formas de apresentação, em dietas para animais, com o intuito de estabelecer um padrão de indicação que supra adequadamente as necessidades dos animais sem prejuízo a seu desenvolvimento. Resultados positivos no

desempenho de produção estão sendo observados quando há inclusão de insetos em detrimento a utilização de ingredientes tradicionais, tais como, o farelo de soja e a farinha de peixe na dieta de animais (Katya *et al.*, 2017; Ramos-Elorduy *et al.*, 2002; Khusro *et al.*, 2012; Choi *et al.*, 2018; Vargas-Abúndez *et al.*, 2019).

Estudos a respeito do consumo e digestibilidade de insetos, assim como, do desempenho, características de carcaça e carne, parâmetros de saúde e morfometria de órgãos foram realizados recentemente para aves de postura e corte. Esses sugerem que os insetos são excelentes fontes de energia e aminoácidos, e sua inclusão na dieta não gera prejuízo no desempenho e saúde das aves, ainda contribuindo para maior sustentabilidade do sistema de produção (Al-Qazzaz *et al.*, 2016; Biasato *et al.*, 2016; Biasato *et al.*, 2018; Bovera *et al.*, 2016; Schiavone *et al.*, 2018) .

Muitas espécies de insetos são consideradas comestíveis para humanos e animais, dentre elas, o tenébrio (*Tenebrio molitor*) e a mosca soldado negro (*Hermetia illucens*) são as mais frequentes nas pesquisas em nutrição animal, principalmente por terem manejo mais profundamente conhecido. Outra espécie com potencial utilização é a barata de Madagascar (*Gromphadorhina portentosa*), que apresenta alto valor biológico com porcentagem de proteína bruta em sua composição de aproximadamente 60% (Oonincx and Dierenfeld, 2012). No entanto, ainda há escassez de material sobre os efeitos da inclusão desse inseto para alimentação de aves, com nenhum estudo publicado sendo observado na literatura.

Nesse contexto de falta de informações, o entendimento da influência dessa alternativa alimentar sobre parâmetros de saúde dos animais é fundamental para determinação da segurança de utilização, uma vez que as diferentes composições dos alimentos podem interferir no metabolismo corpóreo e desencadear processos

patológicos. Para tanto, exames sanguíneos e avaliações histológicas podem ser realizados para identificação de possíveis prejuízos da utilização da barata de Madagascar na alimentação sobre a saúde de aves, servindo como auxílio ao diagnóstico de doenças e suporte para tratamentos (Schmidt *et al.*, 2007 ; Wang *et al.*, 2015).

A coturnicultura é uma alternativa para produção de carne de aves em cenários específicos em que, principalmente, há pequeno espaço para criação de animais, pouco recurso inicial para investimento ou em mercados que demandam a carne de codorna por apreço cultural ou pela presença de restaurantes especializados. A subespécie *Coturnix coturnix coturnix*, codorna europeia, é normalmente utilizada para esse fim e muitos trabalhos foram desenvolvidos para estimar a exigência nutricional desses animais para melhor desempenho (Ferreira *et al.*, 2014; Castro *et al.*, 2018; Muniz *et al.*, 2018).

Corrêa *et al.* (2007) estudaram a necessidade de proteína bruta para a linha EV1 de codornas no qual os tratamentos foram dietas com seis níveis de proteína bruta, 23, 25, 27, 29, 31 e 33%, e quatro repetições de 12 codornas por unidade experimental. No período inicial do estudo – nascimento ao 21º dias – e no período total - nascimento ao 42º dia de vida verificou que a exigência de proteína bruta para o pleno ganho de peso de codornas de corte em crescimento do nascimento ao 21º dia de vida foi estimada em 30,1% e do nascimento ao 42º dia, em 29,4% da ração.

No entanto, até o presente momento não existem estudos que tratem sobre a saúde de codornas de corte alimentadas com farinha de inseto e, especialmente, proveniente de barata de Madagascar. O nível máximo utilizado da farinha da barata de Madagascar foi 18%, essa quantidade foi estabelecida devido ao custo elevado da ração citada. Dessa forma, o objetivo foi descrever o perfil sanguíneo de

codornas de corte, assim como, avaliar possíveis alterações em características hematológicas e histológicas das aves alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de inclusão da farinha de barata de Madagascar.

Material e Métodos

O experimento foi realizado no setor de coturnicultura do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais ICA/UFMG, situada na cidade Montes Claros/Minas Gerais - Brasil. As aves utilizadas foram oriundas do plantel do Programa de Melhoramento Genético de Codornas da mesma unidade. A pesquisa com animais foi conduzida de acordo com o Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Federal de Minas Gerais sob protocolo 136/2017. A farinha da barata de Madagascar foi obtida na empresa VidaProteína®. A composição aproximada das dietas foi baseada de acordo com os métodos padrão da Associação de Químicos Analíticos Oficiais (AOAC, 1995).

Foram utilizadas 312 codornas de corte, machos e fêmeas, da linhagem genética ICA1, no primeiro dia de idade foram distribuídas ao acaso em 24 gaiolas experimentais formando grupos de 13 animais. Cada gaiola representou uma unidade experimental, e esta foi atribuída aleatoriamente a um tratamento, constituído por uma das quatro dietas experimentais, que continham a inclusão da farinha de barata Madagascar (FBM) nos níveis de 0, 6, 12 ou 18%. Dessa forma foram realizadas seis repetições para cada tratamento. Cada unidade experimental recebeu a mesma dieta do início ao fim do experimento.

Os animais foram instalados em baterias metálicas com dimensões de 0,82m de largura x 0,41m de profundidade x 0,27m de altura por divisão. O comedouro foi

colocado na parte frontal de cada box e no interior foram dispostos bebedouros do tipo copo infantil nas duas primeiras semanas e do tipo copo adulto nas semanas subsequentes. A água e ração foram oferecidas sob livre demanda. O programa de luz adotado foi de 24 horas na primeira semana com uso de lâmpadas incandescentes de 100 Watts, e a partir da segunda semana até os 21 dias de idade das aves a iluminação foi mantida por 16 horas. Após os 21 dias de idade as lâmpadas foram desligadas e apenas a iluminação natural permaneceu, a água e a ração foram oferecidas a vontade.

As dietas experimentais (Tabela 1) isoproteicas e isoenergéticas foram elaboradas para suprimento da demanda nutricional das codornas estabelecida por meio do *National Research Council* (NRC) (NRC, 1994), com exceção para as exigências em proteína bruta, lisina e metionina + cistina que foram determinadas por meio dos estudos de Corrêa *et al.* (2007) e Ferreira *et al.* (2014). A composição dos ingredientes utilizados na formulação das rações foi obtida em Rostagno *et al.* (2005).

Para a obtenção da composição da farinha da Barata de Madagascar foram realizadas, em laboratório especializado, análise bromatológica de perfil de ácidos graxos e de perfil de aminoácidos, conforme as Tabelas 2, 3 e 4.

Aos 35 dias de idade, após jejum de seis horas, as codornas foram abatidas por deslocamento cervical. Dessas, dois animais, um macho e uma fêmea, de cada unidade experimental foram selecionados ao acaso e tiveram o sangue coletado em dois tubos durante a sangria. Esse procedimento foi realizado por cerca de dois minutos. Um dos tubos continha o anticoagulante heparina, e o outro era isento de qualquer substância, uma vez que tal amostra foi utilizada para a obtenção do soro. As amostras de sangue foram armazenadas em caixas térmicas com gelo por no

máximo 6 horas, até que fossem enviadas para o laboratório particular para a realização dos exames. O manejo de abate das aves foi realizado em frigorífico abatedouro comercial da cidade de Montes Claros/MG sob inspeção da Secretaria Agropecuária do município seguindo a legislação vigente.

As variáveis do hemograma analisadas foram eritrócitos ($\times 10^3/\text{mm}^3$), hemoglobina (g/dl), hematócrito (%), volume corpuscular médio (VCM) (f/l), hemoglobina corpuscular média (HCM) (pg), concentração da hemoglobina corpuscular média (CHCM) (g/dl), leucócitos ($\times 10^3/\text{mm}^3$), basófilos (%), heterófilos (%), eosinófilos (%), linfócitos (%) e monócitos (%). As observações consideradas para todas as características citadas foram obtidas a partir da média das informações para cada unidade experimental. Nesse caso, para cada tratamento, o máximo de seis observações poderiam ser utilizadas para as avaliações estatísticas.

Para avaliação histopatológica foram coletados, de dois animais por unidade experimental, um macho e uma fêmea, amostras de intestino delgado (duodeno, jejuno e íleo), pâncreas e fígado. Em seguida os seguimentos foram fixados em formol tamponado 10% por no mínimo 72 horas até serem processados. No processamento, os tecidos foram desidratados em séries crescentes de etanol, diafanizados em xilol, incluídos em parafina para obtenção de cortes seriados à espessura de 5,0 micrômetros, corados pela técnica de hematoxilina-eosina (HE) e analisados ao microscópio de luz comum.

As alterações histológicas avaliadas quanto à sua presença ou ausência foram o tipo e distribuição de células inflamatórias, degeneração, necrose e hemorragia quando presentes. A presença de degeneração gordurosa no fígado foi avaliada e classificada quanto à sua distribuição e intensidade, da seguinte forma: grau 1, presença de degeneração com intensidade mínima; grau 2, presença de

degeneração com intensidade discreta; grau 3 , presença de degeneração com intensidade moderada; grau 4, presença de degeneração com intensidade acentuada.

As variáveis foram testadas quanto à normalidade e homocedasticidade da distribuição dos resíduos por meio dos testes de *Shapiro-Wilk* e *Bartlett*. O efeito da inclusão de farinha da Barata de Madagascar na dieta sobre os parâmetros hematológicos (eritrócitos, hemoglobina, hematócrito, volume corpuscular médio - VCM, hemoglobina corpuscular média - HCM, leucócitos, heterófilos, eosinófilos, linfócitos e monócitos) foi avaliado por teste de F. Para as variáveis, concentração da hemoglobina corpuscular Média - CHCM, basófilos foi realizado o teste de *Kruskal-Wallis*. O efeito da inclusão de farinha de barata de Madagascar na dieta sobre a intensidade de degeneração gordurosa foi avaliado por meio do teste de *Kruskal-Wallis*, enquanto o efeito de sexo foi avaliado por meio do teste de *Wilcoxon*. Para todas as análises foi considerado o nível de significância de 5%. Para as avaliações estatísticas foram utilizados os *softwares SAS University Edition (SAS Institute Inc, 2018)* e *R (R Core Team, 2018)*TM.

Resultados e Discussão

Verifica-se que as informações que dizem respeito à mensuração de parâmetros bioquímicos em aves de cativeiro são escassas e, por isso, encontrou-se dificuldades na comparação dos resultados obtidos, e não foram relatadas pesquisas com ênfase na saúde de codornas de corte alimentadas com farinha de inseto. Portanto, esse experimento pode ser considerado o primeiro a verificar a

influência desse alimento sobre características hematológicas e histológicas dessas aves.

Com o desenvolvimento do trabalho, não foi observada a influência da inclusão da farinha de barata da Madagascar na dieta sobre os parâmetros sanguíneos das codornas de corte (Tabelas 5 e 6). Observa-se que os resultados sanguíneos desses animais não diferiram dos que receberam a dieta tradicional, sendo assim, sugere-se que a farinha de inseto torna-se uma alternativa para a alimentação de aves, sem prejuízos à saúde dos animais, em níveis de até 18% de inclusão por um período de até 35 dias de idade. É importante ressaltar que maiores níveis de inclusão da farinha da barata de Madagascar e um período maior de tempo de alimentação dos animais não foram avaliados. Não houve resistência quanto à ingestão em nenhum dos níveis de inclusão da dieta pelas codornas.

O perfil hematológico é importante para avaliar a higidez dos animais e associar a ingestão de farinha da barata de Madagascar a um possível efeito no estado de saúde das aves. Outros fatores, além da dieta, que podem gerar estímulos sobre os parâmetros hematológicos nas codornas são a presença de infecções bacterianas crônicas, estresse, temperatura e traumas (Schmidt *et al.*, 2017). Dessa forma, caso existam distinções hematológicas entre os animais dos diversos tratamentos, esse quadro poderia estar relacionado à diferença de alimentação recebida.

Biasato *et al.* (2017) verificaram que a inclusão da farinha do *Tenebrio molitor* (TM) na dieta de frangos de crescimento médio criados em condições de vida livre, e este fator não afetou o desempenho, as características sanguíneas e a avaliação do bem-estar dos frangos de corte. Resultados como esse indicam que a farinha de

inseto pode ser um substituto eficaz das rações à base de soja e de farinha de peixe utilizadas geralmente em atividades de pecuária (Hwangbo *et al.*, 2009).

Os valores hematológicos médios observados (Tabelas 5 e 6) para hematócrito, eritrócitos linfócitos, eosinófilos e monócitos foram superiores aos relatados por Rosa *et al.* (2011). Já, os valores médios de heterófilos e basófilos se apresentaram abaixo dos observados por esses autores, que avaliaram codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) durante quatro ciclos de produção em condições climáticas semelhantes ao do atual estudo. Os valores de concentração de hemoglobina e hemoglobina corpuscular média foram similares as relatada por Agina *et al.* (2017) para codornas japonesas adultas. No entanto, o volume corpuscular médio foi superior aos resultados observados por esses autores.

O valor médio observado para HCM de 37,79 (pg) é similar ao relatado por Cardoso and Tessari (2003), que observaram 36,44 (pg), ao estudarem frangos de corte da linhagem *Cobb*, aos 38 dias de vida, advindas de matrizes de corte. Os valores médios do Hematócrito (44,26%), VCM (113,37 (fl)) e Hemoglobina (14,75 (Hb)) ficaram dentro da variação aceitável para aves conforme Tessari *et al.* (2006), que analisaram 108 pintos machos de um dia de vida, com peso médio de 46g, originários de matrizes comerciais de frangos de corte da linhagem comercial *Hybro-PG*.

O leucograma quando analisado e interpretado corretamente representa um importante complemento no diagnóstico, evolução e prognóstico das doenças infecciosas (Cardoso and Tessari, 2003). Os valores médios observados de leucócitos nas codornas desse experimento variaram de 16,51 a 17,70 $\times 10^3/\text{mm}^3$, assemelhando-se aos resultados observados por Schossler *et al.* (2013) (variação de 12,750 a 17,125 $\times 10^3/\text{mm}^3$), quando utilizaram 10 codornas (*Coturnix coturnix*

japonica) adultas, clinicamente saudáveis, com peso entre 170 e 280g, ingerindo ração comercial e água sob livre demanda, por dez dias pré-experimento, valores estes que corroboram com os do presente estudo.

O estado fisiológico e bioquímico dos animais pode ser expresso por meio dos parâmetros hematológicos. Todos os parâmetros sanguíneos obtidos no presente estudo sugerem que a farinha da barata de Madagascar não afetou o estado de saúde das aves, ou seja, as codornas alimentadas com os diferentes níveis de inclusão da FBM não apresentaram diferenças significativas em relação ao grupo que recebeu 0% da farinha. Deve-se ressaltar que o presente estudo foi realizado em um ambiente de criação padrão, sem fatores não comuns que poderiam ter influenciado os parâmetros hematológicos. Como a concentração de leucócitos não apresentou alteração entre os animais que receberam diferentes dietas, pode-se dizer que a inclusão da farinha de barata de Madagascar não afetou o sistema imune.

Ao estudar a inclusão de *Hermetia illucens* (Mosca Soldado Negro) como fonte proteica para frangos de corte em proporções crescentes até 15% na dieta, Dabbou *et al.* (2018) não observaram efeito da alimentação com farinha de inseto pelos animais sobre parâmetros hematológicos, exceto para concentração de fósforo que foi maior nas contendo inseto. Schiavone *et al.* (2018) ao avaliarem frangos de corte machos (Ross 308) de 21 dias de idade alimentados com dieta controle, dieta com 50% de inclusão da *Hermetia illucens* e com 100% de *Hermetia illucens*, observaram resultados que demonstraram que utilizar 50% ou 100% de substituição de óleo de soja por gordura da larva *Hermetia illucens* L. (HI) em frangos de corte não causa efeitos adversos sobre o desempenho, crescimento ou parâmetros sanguíneos das aves. Nos exames, os eritrócitos e os leucócitos oscilaram dentro da

faixa normal, sugerindo assim que os tratamentos com as diferentes concentrações da farinha da barata de Madagascar não afetaram os parâmetros hematológicos das aves analisadas.

Durante as avaliações histopatológicas do pâncreas, duodeno, jejuno e íleo, não foram observados alterações dignas de nota para nenhum animal. No entanto, foi verificada alta frequência de indivíduos com degeneração gordurosa no fígado das codornas de corte alimentadas com todas as dietas. A degeneração gordurosa é uma patologia advinda da captação hepática dos ácidos graxos e seu emprego (Jones *et al.*, 2000). Tal doença ocasiona a presença demasiada de lipídios dentro do fígado e isso acontece quando o índice de ajuntamento de triglicerídeos extrapola seus índices de degradação metabólica (Maclachlan and Cullen, 1998). Ainda conforme esses pesquisadores, alguns dos mecanismos que podem influenciar o acúmulo de gorduras no fígado são: a entrada em excesso de ácidos graxos no fígado em decorrência do consumo em demasia de gordura através da alimentação. Também pode ser em virtude do elevado consumo de carboidrato através da dieta, resultando na síntese elevada de ácidos graxos, entre outros.

A fase de postura das codornas se inicia por volta dos 40 dias de vida. A idade de abate das aves foi aos 35 dias, período esse em que os órgãos reprodutivos já estão praticamente prontos, sendo assim, começa a mobilizar gordura para formação da gema, o que poderia explicar a presença da lipidose, embora tal patologia tenha acometido também as codornas machos.

Apenas 8,33% dos animais não apresentaram degeneração gordurosa, mas em 27,08%, 41,67%, 14,58% e 8,33% das codornas apresentaram degeneração mínima, discreta, moderada e acentuada, respectivamente (Figura 1). Não houve diferença entre a classificação da degeneração gordurosa no fígado entre as aves

alimentadas com a dieta tradicional e as dietas contendo farinha de inseto em qualquer das taxas de inclusão estudadas. Ou seja, a inclusão de farinha de barata de Madagascar não causou aumento da intensidade dessa patologia nas codornas de corte até 35 dias de idade. Também, não houve diferença na intensidade dessa patologia entre machos e fêmeas.

No presente estudo foi encontrado lipidose hepática nas aves alimentadas com a farinha de Madagascar, porém no estudo de Julian (2004) ao alimentar as aves com dietas hipercalóricas e hipoproteicas, verificaram que estes fatores podem estar relacionados com a presença de fígado gorduroso, uma vez que as aves necessitam de alta demanda energética, principalmente, em fase final de crescimento ou na fase de postura (Julian, 2004). Apesar da presença de degeneração gordurosa no fígado dos animais deste estudo, essa não foi suficiente para causar alterações significativas no exame hematológico.

Schiavone *et al.* (2018) também não observaram diferença na severidade das alterações histopatológicas no fígado, baço, coração, rins, bursa de Fabricius e timo de frangos de corte que se alimentaram ou não com dietas contendo óleo proveniente de inseto em substituição ao óleo de soja. Resultados semelhantes foram observados por Biasato *et al.* (2017) ao avaliar a inclusão de *Tenebrio molitor* na dieta de frangos de corte machos e fêmeas. Os autores relataram alterações histológicas no baço, timo, bursa de Fabricius e fígado dos animais, no entanto, a inclusão do inseto nas dietas não afetou as classificações histopatológicas em nenhum órgão.

Embora não existam trabalhos publicados sobre codornas de corte alimentadas com a farinha da barata de Madagascar, estudos apontam a possibilidade da inclusão de insetos na alimentação animal, tal sugestão se apoia

também no fato de que os insetos são fonte de alimento natural de aves não domesticada (Biasato *et al.*, 2017). Alguns estudos demonstram os efeitos benéficos da utilização da farinha de inseto na alimentação de aves. Dankwa *et al.* (2002) sugeriram que a suplementação de farinha de insetos resultou em maior taxa de crescimento (até o 5º mês), aumentou a produção dos ovos, o peso e o número de ovos.

No estudo de Agunbiade *et al.* (2007) a farinha de insetos não apresentou efeitos adversos sobre a produção e a força da casca de ovos. Biasato *et al.* (2017) observaram efeitos positivos sobre características de carcaça e nos parâmetros hematoquímicos relacionados com a utilização de farinhas de insetos, ainda, não foram observados efeitos negativos na morfologia e histologia intestinal das aves.

Allegretti *et al.* (2018) verificaram que a farinha de inseto melhorou a sustentabilidade e o processo de produção das aves. Além disso, os insetos são uma boa fonte de uma variedade de micronutrientes tais como os minerais: cobre, ferro, magnésio, manganês, fósforo, selênio, e zinco, e das vitaminas: riboflavina, ácido pantotênico, biotina e ácido fólico, além do perfil lipídico ser desejável para os humanos, e são uma fonte de ácidos graxos insaturados, por exemplo, ômega-3 (Zielińska *et al.*, 2015).

Quando se realiza estudos dessa natureza, os resultados se tornam importantes, pois, comprovam que métodos alternativos podem ser utilizados no intuito de complementar ou até mesmo substituir os ingredientes tradicionais da alimentação dos animais. A não alteração dos parâmetros sanguíneos das aves alimentadas com a FBM sugere que esse produto pode ser utilizado sem prejuízos para a saúde das codornas que serão destinadas a produção de carne, nos níveis de inclusão testados.

Conclusão

A adição da farinha da barata de Madagascar na alimentação das codornas não apresentou complicações hepáticas que interferissem nos resultados hematológicos, bem como sinais de citotoxicidade nos animais avaliados, e não causou alterações na avaliação histológica de tecidos do trato digestório. Dessa forma, sugere-se que a farinha desse inseto pode ser utilizada como fonte alternativa de proteína no nível máximo de 18% de inclusão sem prejuízo à saúde das aves. Estudos com maior período de avaliação sobre os parâmetros de saúde das codornas de corte, assim como, as análises bioquímicas, de desempenho e da qualidade da carne dos animais alimentados com a farinha da barata de Madagascar poderiam complementar os resultados encontrados.

Agradecimentos

Ao Instituto de Ciências Agrárias / Universidade Federal de Minas Gerais (ICA-UFMG), à Vida Proteína Indústria e Comércio LTDA e ao Frigorífico Frango Júnior.

Referências

Agina, O. A., Ezema, W. S., and Iwuoha, E. M. 2017. "The hematology and serum biochemistry profile of adult japonese quail (*Coturnix coturnis japonica*)". *Notulae Scientia Biologicae* 9 (1): 67-72.

Agunbiade, J. A., Adeyemi, O. A., Ashiru, O. M., Awojobi, M. A., Taiwo, A. A., Oke, D. B., and Adekunmisi, A. A. 2007. "Replacement of fish meal with maggot meal in cassava-based layers' diets". *The Journal of Poultry Science* 44: 278-282.

Allegretti, G., Talamini, E., Schmidt, V., Bogorni, P. C., and Ortega, E. 2018. "Insect as feed: An emergy assessment of insect meal as a sustainable protein source for the Brazilian poultry industry". *Journal of Cleaner Production* 171: 403-412.

Al-Qazzaz, M. F. A., Ismail, D., Akit, H., and Idris, L. H. 2016. "Effect of using insect larvae meal as a complete protein source on quality and productivity characteristics of laying hens". *Revista Brasileira de Zootecnia* 45 (9): 518-523.

Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis of the AOAC International. 16th ed. Washington: AOAC, 1995. Available at: <<https://law.resource.org/pub/us/cfr/ibr/002/aoac.methods.1.1990.pdf>>. Accessed on: Apr. 25 2018.

Biasato, I., Gasco, L., De Marco, M., Renna, M., Rotolo, L., Dabbou, S., Capucchio, M. T., Biasibetti, E., Tarantola, M., Sterpone, L., Cavallarin, L., Gai, F., Pozzo, L., Bergagna S., Dezzutto, D., Zoccarato, I., and Schiavone, A. 2018. "Inclusão de larvas de milho amarelo (*Tenebrio molitor*) em dietas para frangos de corte machos: efeitos no desempenho de crescimento, morfologia intestinal e achados histológicos". *Poultry Science* 97(2): 540-548.

Biasato, I., Gasco, L., De Marco, M., Renna, M., Rotolo, L., Dabbou, S., Capucchio, M. T., Biasibetti, E., Tarantola, M., Bianchi, C., Cavallarin, L., Gai, F., Pozzo, L., Dezzutto, D., Bergagna, S., and Schiavone, A. 2017. "Effects of yellow mealworm larvae (*Tenebrio molitor*) inclusion in diets for female broiler chickens: implications for animal health and gut histology". *Animal Feed Science and Technology* 234: 253-263.

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., and Schiavone, A. 2016. "Effects of dietary *Tenebrio molitor* meal inclusion in free-range chickens". *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 100: 1104-1112.

Bovera, F., Loponte, R., Marono, S., Piccolo, G., Parisi, G., Iaconisi, V., Gasco, L., and Nizza, A. 2016. "Use of *Tenebrio molitor* larvae meal as protein source in broiler diet: Effect on growth performance, nutrient digestibility, and carcass and meat traits". *Journal of Animal Science* 94: 639-647.

Cardoso, A. L. S. P., and Tessari, E. N. C. 2003. "Estudo dos parâmetros hematológicos em frangos de corte". *Arquivos do Instituto Biológico* 70 (4): 419-424.

Castro, M. R., Pinheiro, S. R. F., Miranda, J. A., Costa, L. S., Rocha, G. M. F., Renata Gomes de Oliveira, R. G., Martins, P. G. M. A. 2018. "Digestible methionine + cysteine: lysine ratios for growing meat-type quails". *Ciência Rural* 48 (6): e20170424: 1-6.

Choi, I-H, Kim, J-M., Kim, N-J., Kim, J-D, Park, C., Park, J-H., and Chung, T-H. 2018. "Replacing fish meal by mealworm (*Tenebrio molitor*) on the growth performance and immunologic responses of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*)". *Acta Scientiarum. Animal Sciences* 40: e35015: 1-9.

Corrêa, G. S. S., Silva, M. A., Corrêa, A. B., Fontes, D. O., Santos, G. G., Dionello, N. L., Wenceslau, R. R., Felipe, V. P. S., Ferreira, I. C., and Sousa, J. E. R. 2007. "Desempenho de codornas de corte EV1 alimentadas com diferentes níveis de lisina na dieta". *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* 59 (6): 1545-1553.

Dabbou, S., Gai, F., Biasato, I., Capucchio, E. B., Dezzutto, D., Meneguz, M., plachà, I., Gasco, L., and Schiavone, A. 2018. "Black soldier fly defatted meal as a dietary protein source for broiler chickens: Effects on growth performance, blood traits, gut morphology and histological features". *Journal of Animal Science and Biotechnology* 9 (49): 1-10.

Dankwa, D., Nelson, F. S., Oddoye, E. O. K., and Duncan, J. L. 2002. "Housefly larvae as a feed supplement for rural poultry". *Journal of Agricultural Science* 35: 185-187.

De Sousa Barbosa, T., Mori, C. K., Polônio, L. B., Ponsano, E. H. G., and Ciarlini, P. C. 2011. "Perfil bioquímico sérico de galinhas poedeiras na região de Araçatuba, SP". *Semina: Ciências Agrárias* 32 (4): 1583-1587.

Ferreira, F., Corrêa, G. S. S., Corrêa, A. B., Silva, M. A., Felipe, V. P. S., Wenceslau, R. R., Freitas, L. S., Santos, G. G., Godinho, R. M., Climaco, W. L. S., Dalsecco, L. S., and Caramori Júnior, J. G. 2014. "Características de carcaça de codornas de corte EV1 alimentadas com diferentes níveis de metionina+cistina total". *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* 66 (6): 1855-1864.

Hopley, D. 2016. "The evaluation of the potential of *Tenebrio molitor*, *Zophobas morio*, *Naophoeta cinerea*, *Blaptica dubia*, *Gromphardorhina portentosa*, *Periplaneta americana*, *Blatta lateralis*, *Oxyhalao duesta* and *Hermetia illucens* for use in poultry feeds". Tese (Doutorado) - Stellenbosch University, Stellenbosch, Africa do Sul.

Hwangbo, J., Hong, C. E., Jang, A., Kang, H. K., Oh, J. S., Kim, B. W., and Parque B. S. 2009. "Utilization of house fly-maggots, a feed supplement in the production of broiler chickens". *Journal of Environmental Biology* 30 (4): 609-614.

Jones, T. C.; Hunt, R. D.; and King, N. W. 2000. *Patologia veterinária*. São Paulo: Editora Manole.

Julian, R. J. 2004. "Production and growth related disorders and other metabolic diseases of poultry – A review". *The Veterinary Journal* 169: 350-369.

Kaneko, J. J., Harvey, J. W., and Bruss, M. L. 2008. *Clinical biochemistry of domestic animals*. New York: Academic Press.

Katya, K., Borsra, K., M. Z. S., Ganesan, D., Kuppusamy, G., Herriman, M., and Ali, S. A. 2017. "Efficacy of insect larval meal to replace fish meal in juvenile barramundi, *Lates calcarifer* reared in freshwater". *International Aquatic Research* 9: 303-312.

Khusro, M., Andrew, N. R. and Nicholas, A. 2012. "Insects as poultry feed: a scoping study for poultry production systems in Australia". *World's Poultry Science Journal*, 68:435-446.

Maclachlan, N. J., and Cullen, J. M. "Fígado, Sistema Biliar e Pâncreas Exócrino". In: Carlton, W. W., and McGavin, M. D. *Patologia Veterinária Especial de Thonson*. 2 ed. Porto Alegre: ARTMED, 1998.

Makkar, H. P. S., Tran, G. T., Heuzé, V., and Ankers, P. 2014. "State-of-the-art on use of insects as animal feed". *Animal Feed Science and Technology* 197: 1-33.

Muniz, J. C. L. I., Barreto, S. L. T. I., Viana, G. S. I., Mencialha, R., Reis, RS Hannas, M., Barbosa, L. M. R., Maia, R. C. 2018. "Metabolizable Energy Levels for Meat-Type Quails at Starter Phase". *Brazilian Journal of Poultry Science* 20(2): 197-202.

National Research Council – NRC. *Nutrient requirements of poultry*. 1994.

Ooninx, D., and Dierenfeld, E. 2012. "An investigation into the chemical composition of alternative invertebrate prey". *Zoo Biology* 31 (1): 40-54.

Pastore, M. S., Oliveira, W. P., and Muniz, J. C. L. 2012. "Panorama da coturnicultura no Brasil". *Revista Eletrônica Nutritime* 9 (6): 2041-2049.

R Core Team (2018). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

Ramos-Elorduy, J., González, E. a., Hernández, A. R., and Pino, J. M. 2002. "Use of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) to recycle organic wastes and as feed for broiler chickens". *Journal of Economic Entomology* 95 (1): 214-220.

Rosa, G. A., Sorbello, L. A., Dittrich, R. L., Moraes, M. T. T., and Oliveira, E. G. 2011. "Perfil hematológico de codornas de japonesas (*Coturnix japonica*) so estresse térmico". *Ciência Rural* 41 (9): 1605-1610.

Ross, J. G., Christie, G., Halliday, W. G., and Jones, R. M. 1978. "Haematological and blood chemistry comparison values for clinical pathology in poultry". *The Veterinary Record* 102 (2): 29-31.

Rostagno, H. S., Albino, L. F. T., Donzele, J. L., Gomes, P. C., Oliveira, R. F., Lopes, D. C., Ferreira, A. S., and Barreto, S. L. T. 2005. *Tabelas brasileiras para aves e suínos: Composição de alimentos e exigências nutricionais*. Viçosa: UFV, Departamento de Zootecnia.

Rumpold, B. A., and Schlüter, O. K. 2013. "Nutritional composition and safety aspects of edible insects" *Molecular Nutrition & Food Research* 57 (5): 802-823.

SAS Institute Inc. 2018. SAS® University Edition Quick Start Guide for Students with Visual Impairments. Cary, NC: SAS Institute Inc.

Saukas, Tomoe Noda. ‘Variáveis hematológicas e bioquímicas em aves (*Gallus gallus*, LINNAEUS, 1758) inoculadas com amostras vacinal e de campo do vírus da doença infecciosa bursal’. 1993. Tese (Doutorado) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

Schmidt, E. M. S., Locatelli-Dittrich, R., Santin, E., and Paulillo, A. C. 2007. “Patologia clínica em aves de produção - uma ferramenta para monitorar a sanidade avícola - revisão”. *Archives of Veterinary Science* 12 (3): 9-20.

Sogbesan, A. O., and Ugwumba, A. A. A. 2008. “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* 8: 149-157.

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., and Gasco, L. 2018. “Black soldier fly larva fat inclusion in finisher broiler chicken diet as an alternative fat source”. *Animal* 12 (10): 2032–2039.

Schossler, J. E. W.; Serafini, G. M. C., and Lucas, S. S. 2013. “Valores laboratoriais e aspectos histológicos de Codornas domésticas (*coturnix coturnix japonica*)”. *Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária* 11 (21): 1-13.

Spano, J. S., Pedersoli, W. M., Kemppainen, R. J., Krista, L. M., and Young, D. W. 1987. "Baseline hematologic, endocrine and clinical chemistry values in ducks and roosters". *Avian Diseases, Kennett Square* 31 (4): 800-803.

Tessari, E. N. C., Oliveira, C. A. F., Augusto, C., Cardoso, A. L. S. P., Ledoux, D. R., and Rottinghaus, G. 2006. "Parâmetros hematológicos de frangos de corte alimentados com ração contendo aflatoxina B₁ e fumonisina B₁". *Ciência Rural* 36 (3): 924-929.

Van Huis, A., Itterbeeck, J. V., Klunder, H., Mertens, E., Halloran, A., Muir, G., and Vantomme, P. 2013. *Edible insects: Future perspectives for food and feed security*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

Vargas-Abúndez, A. J., Randazzo, B., Foddaia, M., Sanchinia, L., Truzzia, C., Giorgini, E., Gascob, L., and Olivotto, I. 2019. "Insect meal based diets for clownfish: Biometric, histological, spectroscopic, biochemical and molecular implications". *Aquaculture* 498: 1-11.

Wang, X. C., Zhang, H. J., Wu, S. G., Yue, H. Y., Li, J., and Qi, G. H. 2015. "Effect of dietary protein sources on egg performance and egg quality of Jinghong laying hens at peak production". *Scientia Agricultura Sinica* 48 (10): 2049–2057.

Zielińska, E., Baraniak, B., Karás, M., Rybczyńska, K., and Jakubczyk, A. 2015. "Selected species of edible insects as a source of nutrient composition". *Food Research International* 77 (3): 460-466.

Tabela 1 – Composições percentuais das rações para codornas de corte com diferentes níveis de farinha da barata de Madagascar (FBM).

Ingredientes	Farinha de barata			
	Madagascar (%)			
	0	6	12	18
Farelo soja 45%	56,0367	46,0000	38,1000	30,7793
Milho moído	36,9818	43,7363	39,9800	34,9800
Óleo de soja	3,8128	-	-	-
Calcário	1,0133	1,0439	1,0498	1,0522
Fosfato bicálcico	0,8862	0,9601	1,0574	1,1542
Suplemento Mineral/Vitamínico ⁽¹⁾	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000
DL- Metionina	0,3652	0,8190	1,1000	1,4309
Sal comum	0,3024	0,3152	0,3318	0,3484
L-Lisina HCL	0,1017	0,2580	0,4366	0,4366
L-Treonina	-	-	-	-
Inerte ⁽²⁾	-	0,3676	5,4443	11,3184
Total	100,00	100,00	100,00	100,00
Composições calculadas				
Energia Metabolizável (Mcal kg ⁻¹)	2,9000	2,9000	2,9000	2,9000
Proteína bruta (%)	29,0000	29,0000	29,0000	29,0000
Metionina + cistina total (%)	1,2100	1,5568	1,7208	1,9369
Lisina total (%)	1,7300	1,7386	1,7978	1,7300
Isoleucina total (%)	1,2840	1,1948	1,1200	1,0538
Treonina total (%)	1,1195	1,0687	1,0213	0,9801

Triptofano total (%)	0,3864	0,3252	0,2716	0,2211
Arginina total (%)	2,0139	1,8501	1,7154	1,5951
Fósforo disponível (%)	0,3000	0,3000	0,3000	0,3000
Cálcio (%)	0,8000	0,8000	0,8000	0,8000
Sódio (%)	0,1700	0,1700	0,1700	0,1700

⁽¹⁾Por kg de produto: Manganês, 75mg; ferro, 50mg; zinco, 70mg; cobre, 8,50mg; cobalto, 2mg; iodo, 1,5mg e veículo q.s.p. 1.000g. Vit. A, 12.000UI; vit. D3, 2.200UI; vit. E, 30UI; vit. B1, 2,2mg; vit. B2, 6mg; vit. B6, 3,3mg; vit. B12, 16mg; niacina, 2.500mg; ácido pantotênico, 13mg; vit. K3, 2,5mg; ácido fólico, 1mg; selênio, 0,12mg; antioxidante, 10mg e veículo q.s.p. ⁽²⁾ areia lavada.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2019.

Tabela 2 – Composição química da farinha da barata de Madagascar (FBM) e farelo de soja.

Composição (%)	Barata de Madagascar (FBM) ⁽¹⁾	Farelo de soja 45% ⁽²⁾
Matéria seca	93,45	88,59
Proteína bruta	52,16	45,32
Lipídeos	18,86	1,66
Cinzas	3,37	5,9

¹Farinha da Barata Madagascar comercial obtida da empresa VidaProteína, ²Rostagno (2005)

Fonte: Elaborado pelos autores, 2019.

Tabela 3 – Gorduras e Ácidos Graxos presentes na Farinha de Barata de Madagascar (FBM).

Resultados Analíticos (g/100g de gordura) ⁽¹⁾		
Gorduras Saturadas		25,08
Gorduras Insaturadas Totais		74,92
Gorduras IM		57,66
Gorduras IP		17,26
Gorduras Trans		0,89
Ácidos Graxos		
C14:0	Ácido merístico	1,09%
C16:0	Ácido palmítico	19,61%
C16:1	Ácido palmitoleico	9,23%
C18:0	Ácido esteárico	3,29%
C18:1 cis	Ácido oleico	46,39%
C18:1 trans	Ácido trans vacênico	0,30%
C18:2 cis	Ácido linoleico	15,91%
C18:2 trans	Ácido Linoelaidico	0,57%
C18:3	Ácido linolênico	3,00%
C20:0	Ácido araquídico	0,21%
C22:0	Ácido beênico	0,22%

⁽¹⁾ Análises realizadas no Laboratório de físico-química do CIT SENAI FIEMG, FBM= Farinha da Barata de Madagascar.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2019.

Tabela 4 – Teor de aminoácidos presentes na Farinha de Barata de Madagascar (FBM) e farelo de soja.

Aminoácidos (%)	FBM ⁽¹⁾	Farelo de soja 45% ⁽²⁾	Farelo de soja ⁽³⁾
Ácido Aspártico	5,90	-	5,11
Ácido Glutâmico	6,49	-	8,16
Serina	2,54	-	2,19
Glicina	4,15	-	1,86
Histidina	2,56	1,17	1,12
Taurina	ND	-	-
Arginina	3,16	3,33	3,16
Treonina	2,10	1,78	1,77
Alanina	5,20	-	1,83
Prolina	3,43	-	-
Tirosina	4,12	-	1,43
Valina	3,73	2,16	2,10
Metionina	0,73	0,64	0,61
Cistina	0,56	-	0,62
Isoleucina	2,07	2,10	-
Leucina	3,62	3,52	3,37
Fenilalanina	2,07	2,30	2,23
Lisina	2,97	2,77	2,71
Triptofano	0,46	0,62	-

⁽¹⁾Análises realizadas no Laboratório CBO; ⁽²⁾Rostagno (2005), ⁽³⁾Rodrigues et al. (2002). FBM= Farinha da Barata de Madagascar.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2019.

Tabela 5 – Média de quadrados mínimos dos parâmetros hematológicos de codornas de corte alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de inclusão da Farinha de Barata de Madagascar (FBM).

		n	Média	CV	M/M	<i>p</i> -valor
Eritrócito ^{NS}	0%	6	4.02	-	3.20/4.60	-
	6%	5	3.53	-	3.10/4.00	-
	12%	6	4.02	-	3.65/4.55	-
	18%	6	4.22	-	3.65/4.55	-
	Geral	23	3,97	10,82	3,10/4,85	0,09
Hemoglobina ^{NS}	0%	6	14.65	-	13.95/16.10	-
	6%	5	14.53	-	13.45/15.60	-
	12%	6	14.82	-	13.30/16.00	-
	18%	6	14.96	-	13.30/16.00	-
	Geral	23	14,75	5,68	13,30/16,10	0,83
Hematócrito ^{NS}	0%	6	44.00	-	42.00/8.000	-
	6%	5	43.50	-	40.50/46.00	-
	12%	6	44.58	-	40.00/48.00	-
	18%	6	44.83	-	43.00/46.50	-
	Geral	23	44,26	5,42	40,00/48,00	0,80
VCM ^{NS}	0%	6	111.60	-	91.30/133.50	-
	6%	5	124.29	-	114.35/138.70	-
	12%	6	112.10	-	93.35/131.80	-
	18%	6	107.34	-	91.80/124.30	-
	Geral	23	113,37	11,59	91,30/138,70	0,22
	0%	6	37.17	-	30.40/44.40	-

HCM ^{NS}	6%	5	41.49	-	37.95/46.10	-
	12%	6	37.27	-	31.10/43.75	-
	18%	6	35.86	-	30.55/42.20	-
	Geral	23	37,79	11,67	30,40/46,10	0,22
Leucócitos ^{NS}	0%	6	16.66	-	8.50/36.00	-
	6%	5	16.51	-	10.30/29.00	-
	12%	6	17.12	-	11.00/27.00	-
	18%	6	17.70	-	14.25/21.50	-
	Geral	23	17,02	42,68	8,50/36,00	0,99
Heterófilos ^{NS}	0%	6	44.08	-	38.00/51.00	-
	6%	5	48.50	-	38.00/59.00	-
	12%	6	36.41	-	18.00/45.00	-
	18%	6	46.58	-	39.50/61.00	-
	Geral	23	43,69	19,34	18,00/61,00	0,11
Eosinófilos ^{NS}	0%	6	4.16	-	2.00/6.00	-
	6%	5	2.90	-	1.00/5.00	-
	12%	6	3.91	-	1.00/7.00	-
	18%	6	3.50	-	2.00/6.50	-
	Geral	23	3,65	49,55	1,00/7,00	0,68
Linfócitos ^{NS}	0%	6	45.25	-	37.00/51.50	-
	6%	5	40.10	-	21.00/52.00	-
	12%	6	53.75	-	43.00/75.00	-
	18%	6	44.25	-	32.00/53.50	-

	Geral	23	46,08	21,55	21,00/75,00	0,17
Monócitos ^{NS}	0%	6	6.50	-	4.50/8.00	-
	6%	5	8.50	-	5.00/17.00	-
	12%	6	5.91	-	2.00/9.00	-
	18%	6	5.66	-	3.00/10.00	-
	Geral	23	6,56	47,91	2,00/17,00	0,47

CV = Coeficiente de variação; M/M = Amplitude Total; NS = efeito não significativo ao teste de F (p>0,05).

Fonte: Elaborado pelos autores, 2019.

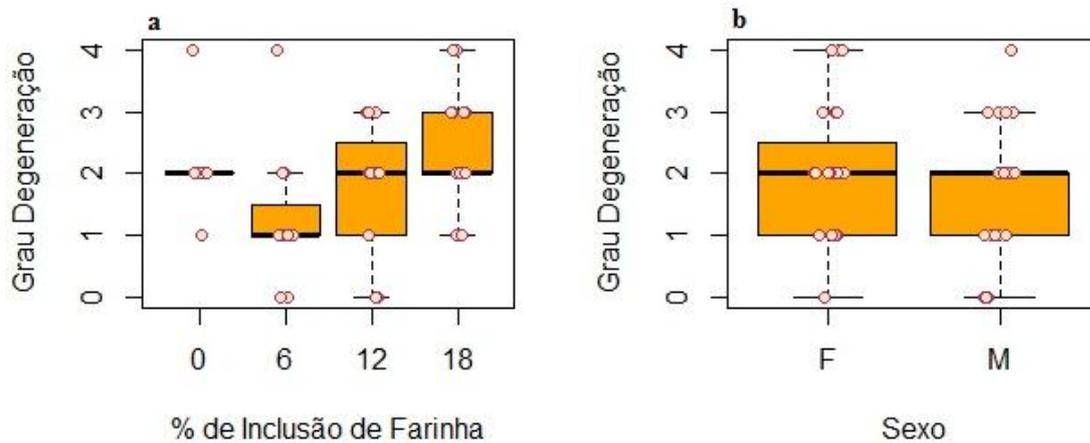
Tabela 6 – Parâmetros hematológicos, CHCM e Basófilos, de codornas de corte alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de inclusão de farinha da Barata de Madagascar (FBM).

	n	Média	Mediana	II	M/M	p-valor	
CHCM ^{NS}	0%	6	33.31	33.30	0.05	33.20/33.5 5	-
	6%	5	33.41	33.30	0	33.25/33.9 0	-
	12%	6	33.25	33.25	0.10	33.20/33.3 0	-
	18%	6	33.38	33.25	0.35	33.15/33.9 0	-
	Geral	23	33,34	33,30	0,05	33,15/33,9 0	0,56
	Basofilos ^{NS}	0%	6	0	0	0	0/0
	6%	5	0	0	0	0/0	-
	12%	6	0	0	0	0/0	-
	18%	6	0.75	0	0	0/4.50	-
	Geral	23	0,19	0	0	0,00/4,50	0,42

II = Intervalo Interquartilico; M/M = amplitude total; NS = efeito não significativo ao teste de *Kruskal-Wallis* ($p > 0,05$).

Fonte: Elaborado pelos autores, 2019.

Figura 1 – Intensidade da degeneração gordurosa no fígado observada entre codornas de corte alimentadas com níveis de 0, 6, 12 e 18% de inclusão da farinha da barata de Madagascar em suas dietas (a) e entre sexos (b).



Grau 0 = ausente, grau 1 = mínima, grau 2 = discreta, grau 3 = moderada, grau 4 = acentuada. F = Fêmea, M = Macho. Não houve efeito significativo de dieta (*Kruskal-Wallis*, $p > 0,05$) e sexo (*Wilcoxon*, $p > 0,05$) sobre a intensidade da degeneração gordurosa no fígado.

Fonte: Elaborada pelos autores, 2019.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A inclusão de farinha de barata de Madagascar por 35 dias na dieta de codornas de corte, *Coturnix coturnix coturnix*, em período de crescimento não causou alterações nos parâmetros hematológicos e histológicos. Dessa forma, sugere-se que a farinha do inseto pode ser utilizada como fonte alternativa de proteína em até 18% de inclusão sem prejuízo à saúde das aves.

Portanto, incentiva-se a inclusão de farinha da barata de Madagascar na dieta de codornas de corte a fim de que haja maior sustentabilidade da produção dos animais, sem competição pela soja consumida por humanos. Recomendam-se estudos de desempenho, rendimento de carcaça e qualidade da carne das aves para que a inclusão desse ingrediente seja indicada definitivamente.