



UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**AValiação de Fontes Lipídicas para Codornas Japonesas e
Europeias**

JEAN KAIQUE VALENTIM

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal da Grande Dourados, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Zootecnia.

Área de Concentração: Produção Animal

Dourados-MS

2023



UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**AVALIAÇÃO DE FONTES LIPÍDICAS PARA CODORNAS JAPONESAS E
EUROPEIAS**

JEAN KAIQUE VALENTIM

Zootecnista

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Garófallo Garcia
Coorientadora: Prof^a. Dr^a Maria F. de Castro Burbarelli

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Universidade Federal da Grande Dourados, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Zootecnia.

Área de Concentração: Produção Animal

Dourados-MS

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

V155a Valentim, Jean Kaique

AVALIAÇÃO DE FONTES LIPÍDICAS PARA CODORNAS JAPONESAS E
EUROPEIAS

[recurso eletrônico] / Jean Kaique Valentim. -- 2023.

Arquivo em formato pdf.

Orientador: Rodrigo Garófallo

Garcia. Coorientador: Maria Fernanda de Castro

Burbarelli.

Tese (Doutorado em Zootecnia)-Universidade Federal da Grande Dourados,
2023. Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:

<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. ácidos graxos. 2. coturnicultura. 3. energia metabolizável. 4. lipídios. 5. óleos.

I. Garcia, Rodrigo Garófallo. II. Burbarelli, Maria Fernanda De Castro. III. Título.

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

AVALIAÇÃO DE FONTES LIPÍDICAS PARA CODORNAS JAPONESAS E EUROPEIAS

por

JEAN KAIQUE VALENTIM

Tese apresentada como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título
de DOUTOR EM ZOOTECNIA

Aprovado em: 09/01/2023



Dr. Rodrigo Garófallo Garcia
Orientador – UFGD



Dra. Cláucia Aparecida Honorato da Silva
Universidade Federal da Grande Dourados



Dr. Gustavo do Valle Polycarpo
Unesp – Dracena



Dr. Luiz Fernando Teixeira Albino
Universidade Federal de Viçosa



Dra. Sandra Regina Freitas Pinheiro
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Dedicatória

*A Deus, minha família, amigos, aos animais, e a todos que me ajudaram ao longo
destes 10 anos de estudos dedicados à Zootecnia.*

Agradecimentos

A Deus, pela vida, aos meus pais, João Carlos Valentim e Berenice Maria de Jesus, aos irmãos Karine, Thayane, Gabriel, Lara, Amanda, Douglas, Lukan, Vitor, e sobrinhos Rebeca e Kalebe, pelo carinho, dedicação e apoio nestes anos, mesmos distantes.

Agradeço aos animais, principalmente às aves utilizadas nesta tese. A toda minha família, tios, primos, avós, e em especial à minha querida madrastra, Alexandra (*in memoriam*), pela dedicação e afeto nestes anos.

A Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD) e a Universidade Federal de Viçosa (UFV) pela oportunidade de realização destes trabalhos.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelas bolsas iniciais no curso e ao CNPq pela concessão da bolsa de doutorado sanduíche no País.

A empresa Vicame e Fujikura pela doação das aves utilizadas nos experimentos. Aos funcionários da fazenda experimental da UFGD e da UFV por toda ajuda nas pesquisas.

Ao meu orientador, o professor Dr. Rodrigo Garófallo Garcia, por ter aceitado essa orientação, e pela paciência e todo empenho para realização deste trabalho. Muito obrigado pela amizade criada neste período, o que me fez levar o curso com muita tranquilidade. A minha coorientadora Profa. A Dra. Maria Fernanda de Castro Burbarelli por todo empenho e dedicação na idealização, execução e todo processo de construção deste trabalho. Vou ser sempre grato por tudo que fez, você é um exemplo de profissional a ser seguido.

Aos professor Dr. Luiz Fernando Teixeira Albino e Dr. Arele Calderano pela grande contribuição durante os experimentos na UFV.

A todos os colaboradores do Grupo de Pesquisa em Avicultura da UFGD, Kelly Barbosa, Bruna Barreto, Vivian Castilho, Wellington, Hindyra, João Paulo, Erique Porfirio, Jacqueline Souza, Letícia, Leticinha, Vidal e demais integrantes que contribuíram com esse trabalho.

Aos meus companheiros de experimento, Felipe Serpa (com a Di), Bruna Souza e Ester, por toda ajuda em momentos difíceis e por terem se tornado amigos tão queridos. Em especial a minha grande amiga Joyce Zanella e sua família, por serem tão receptivos.

A Prof.^a Dr.^a. Fabiana Ribeiro Caldara e a Prof.^a. A Dr.^a. Claudia Marie Komiyama por serem solícitas em todos os momentos, pela dedicação e conhecimento dividido. E em especial também aos professores Dr. Euclides Reuter e a Prof.^a. Claucia Honorato pelos ensinamentos.

Aos professores, Dr. Dacley Hertes Neu, Dr. Mábio Silvan, Dr. Alexandre Fernandes, Dr. Rafael Goes, e a técnica de laboratório Adriana Hirata, por toda ajuda na liberação de uso dos

laboratórios. Aos professores Dra. Gisele Félix e Dr. Paulo e sua equipe pelo auxílio nas análises referentes à saúde das aves.

Aos participantes da banca de defesa final e qualificação, Professores Ibiara Paz, Fabiana Caldara, Cláucia Honorato, Gustavo Polycarpo, Luiz Albino e Sandra Pinheiro pelas contribuições nos manuscritos deste trabalho.

Ao Ronaldo por ser muito solícito em todas as demandas referentes à pós-graduação.

Aos professores do programa de Pós-Graduação em Zootecnia que compartilharam conhecimento e experiências durante minha jornada.

Ao Orlando Marques por dividirmos nosso lar, problemas e alegrias durante essa trajetória.

Agradecimento especial aos grandes amigos acadêmicos Rita Therezinha Rolim Pietramale, Tatiana Marques, Guilherme Mendonça, Janaína Palermo e Alexander Almeida que sempre estiveram comigo.

Aos amigos da Pós-graduação da UFGD, Cristiane Rebouças, Janaína Taina, Beatriz, Edgar Jara, Nayara, Joyce Alves, Sullyvan e Hellen pelos inúmeros momentos prazerosos que passamos juntos.

Aos amigos da Zootecnia sempre presentes, Saul, Florence, Daniela, Gabriela, Júnia, Marco Antonio e Kalu.

Aos amigos de Anápolis Hélder, Bárbara, Ruyther, Felipe, Marcelo e Anderson por todos os bons momentos vividos e a empresa Champion Saúde Animal pela oportunidade de emprego durante o curso.

Ao Grupo de Estudos em Aves (GEAVES) da UFV por todo auxílio nos experimentos finais deste trabalho, em especial a Rosa, Rafael, Damares, Hallef, Kaique, Artur, Nathana, Larissa, Ana, Heloísa, Rayanne e todos os funcionários do setor de avicultura, André, Sr. Carlos, Héllisson, Daniel e Sr. Wilson por toda ajuda nas análises experimentais.

Um agradecimento muito especial para os meus amigos Jéssica Pantoja (*in memoriam*) e Henrique Momo (*in memoriam*) que foram muito importantes nesta caminhada, a leveza e a felicidade que vocês levaram a vida me ensinou muito amigos, amo vocês para sempre.

Aos meus amigos e orientadores de toda a Zootecnia, durante a graduação e mestrado, que me incentivaram e sempre me deram forças com palavras de motivação, principalmente Adriano Geraldo, Héder Lima, João Caramori, Luiz Machado, Sandra Faria e Sandra Pinheiro.

Por fim, a todos que contribuíram, direta e indiretamente, para mais uma vitória.

Muito Obrigado!

Biografia do autor

Jean Kaique Valentim, filho de João Carlos Valentim e Berenice Maria de Jesus, nasceu em 14 de setembro de 1992 em Osasco, São Paulo. Em fevereiro de 2012, iniciou o curso Bacharelado em Zootecnia pelo Instituto Federal de Minas Gerais *Campus* Bambuí, Minas Gerais, graduando-se em setembro de 2016. Em outubro deste mesmo ano, iniciou-se o Mestrado em Zootecnia na Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri em Diamantina, onde desenvolveu estudos na área de Avicultura, submetendo-se à defesa da dissertação em 10 de setembro de 2018. Em março de 2019, começou o curso de Doutorado em Zootecnia pela Universidade Federal da Grande Dourados, em Dourados, Mato Grosso do Sul, procedendo à defesa de sua tese em 9 de janeiro de 2023.

SUMÁRIO

RESUMO GERAL	16
CONSIDERAÇÕES INICIAIS	20
CAPÍTULO 1.....	22
REVISÃO DE LITERATURA.....	22
INCLUSÃO LIPÍDICA COMO FONTE DE ÁCIDOS GRAXOS NA AVICULTURA: ENRIQUECIMENTO DA GEMA DE OVOS, DESEMPENHO E SAÚDE DE AVES	22
2. Desenvolvimento	25
3. Importância dos lipídios na dieta de aves de produção	25
4. Diversidade lipídica	27
4.1. Óleo de soja	27
4.2. Óleo de milho	28
4.3. Óleo de canola	29
4.4. Óleo de girassol	29
4.5. Gordura de aves	30
5. Perfil de ácidos graxos de óleos e gorduras	31
6. Digestão de lipídios	32
7. Objetivos do enriquecimento da gema dos ovos.....	34
8. Conclusão.....	35
9. Referências bibliográficas	36
CAPÍTULO 2.....	43
FONTES LIPÍDICAS COMO MODULADORAS DO DESEMPENHO E DA SAÚDE DE CODORNAS JAPONESAS EM FASE DE RECRIA	43
1. Introdução	44
2. Material e Métodos	45
2.1. Desempenho	47
2.2. Temperatura corporal	47
2.4. Perfil bioquímico do sangue	48
2.5. Características da qualidade da carne	49
2.6. Avaliação microscópica das vilosidades intestinais.....	49
2.7. Análises estatísticas	50
3. Resultados e Discussões	50
4. Conclusões	57
5. Referências Bibliográficas.....	58
CAPÍTULO 3.....	62
FONTES LIPÍDICAS VEGETAIS INFLUENCIAM O CRESCIMENTO DE CODORNAS JAPONESAS EM FASE DE RECRIA	62
1. Introdução	63
2. Material e Métodos	64

2.1. Desempenho.....	66
2.2. Abate, peso absoluto e relativo de carcaça, cortes e vísceras.....	67
2.3. Biometria do trato digestivo e reprodutivo.....	68
2.4. Crescimento alométrico.....	68
3. Análises estatísticas.....	68
4. Resultados e discussão.....	69
5. Referências Bibliográficas.....	76
CAPÍTULO 4.....	79
FONTES LIPÍDICAS NA ALIMENTAÇÃO DE CODORNAS JAPONESAS EM FASE DE RECRIA E SUA REPERCUSSÃO NA FASE DE PRODUÇÃO	79
1. Introdução	80
2. Material e Métodos	81
2.1. Desempenho na fase inicial de postura	84
2.2. Qualidade de ovos	85
2.3. Análises estatísticas	85
3. Resultados e discussão	86
4. Conclusões	88
5. Referências Bibliográficas.....	89
CAPÍTULO 5.....	91
VALORES ENERGÉTICOS E METABOLIZABILIDADE DE FONTES LIPÍDICAS DE ORIGEM VEGETAL E ANIMAL NA DIETA DE CODORNAS JAPONESAS	91
1. Introdução	92
2. Metodologia	93
2.1. Animais e manejo experimental.....	93
2.2. Ensaio de metabolismo energético	95
2.3. Análise estatística.....	96
3. Resultados e discussões.....	97
4. Conclusão.....	100
5. Referências Bibliográficas.....	100
CAPÍTULO 6: FONTES DE ÁCIDOS GRAXOS COMO REGULADORAS DO DESEMPENHO, METABOLIZABILIDADE E SAÚDE DE CODORNAS JAPONESAS EM FASE DE PRODUÇÃO.....	103
1. Introdução	104
2. Metodologia	105
2.1. Teor de ácidos graxos das rações.....	107
2.2. Desempenho animal.....	108
2.3. Qualidade dos ovos.....	108
<i>Gravidade específica</i>	108
<i>Coloração da gema</i>	109

<i>Altura e diâmetro da gema e albúmen</i>	109
<i>Peso e porcentagem da gema, albúmen e casca</i>	109
<i>Espessura de casca e tamanho da câmara de ar</i>	109
<i>Unidade Haugh</i>	109
<i>Índice de gema</i>	110
<i>Atividade de água (Aw)</i>	110
<i>Avaliação de pH</i>	110
2.4. Metabolismo dos nutrientes e valores de EMAn.....	110
2.5. Características dos órgãos.....	111
2.6. Biometria do trato digestivo e reprodutivo.....	112
2.7. Perfil bioquímico	112
2.8. Análise estatística	113
3. Resultados e discussões.....	113
4. Conclusão.....	121
5. Referências Bibliográficas.....	121
CAPÍTULO 7: AVALIAÇÃO DO TEOR LIPÍDICO E DOS CAROTENÓIDES NA GEMA E NA CONSERVAÇÃO DE OVOS DE CODORNAS JAPONESAS ALIMENTADAS COM FONTES LIPÍDICAS	125
1. Introdução	126
2. Metodologia	127
2.1. Teor de extrato etéreo da gema.....	129
2.2. Teor de carotenoides	129
2.3. Teor de ácidos graxos da gema e das rações.....	130
2.4. Conservação da qualidade dos ovos	131
2.5. Análise estatística	133
3. Resultados e discussões.....	133
4. Conclusões	143
5. Referências Bibliográficas.....	143
CAPÍTULO 8: VALORES ENERGÉTICOS,.....	148
METABOLIZABILIDADE DOS NUTRIENTES, DESEMPENHO E QUALIDADE DE CARNE DE CODORNAS EUROPEIAS ALIMENTADAS COM FONTES LIPÍDICAS NÃO CONVENCIONAIS NA DIETA	148
1. Introdução	150
2. Metodologia	151
2.1. Desenho experimental e manejo das aves	151
2.3. Teor de ácidos graxos das fontes lipídicas	153
3. Resultados e discussões.....	160
4. Conclusão.....	166
6. Referências	167

ÍNDICE DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela 1. Porcentagem dos principais ácidos graxos encontrados em alguns óleos vegetais.....	31
--	----

CAPÍTULO 2

Tabela 1. Composição percentual e calculada das dietas experimentais para codornas na fase de recria (21 a 42 dias)	46
---	----

Tabela 2. Desempenho da fase de recria (21 a 35 e 21 a 42 dias) de codornas japonesas alimentadas com diferentes fontes lipídicas no período de recria.....	51
---	----

Tabela 3. Índices de temperatura corporal e superficial de codornas japonesas, alimentadas com diferentes fontes lipídicas.....	52
---	----

Tabela 4. Características da qualidade de carne de codornas japonesas, alimentadas com diferentes fontes lipídicas.....	53
---	----

Tabela 5. Perfil bioquímico do sangue de codornas japonesas em fase de recria alimentadas com diferentes fontes lipídicas na dieta.....	54
---	----

Tabela 6. Medidas histológicas do segmento íleo e jejuno de codornas alimentadas com diferentes fontes lipídicas na dieta.....	56
--	----

CAPÍTULO 3

Tabela 1. Composição percentual e calculada das dietas experimentais para codornas na fase de recria (21 a 42 dias)	65
---	----

Tabela 2. Desempenho semanal de codornas japonesas do período de recria de 21 a 42 dias, alimentadas com diferentes fontes energéticas	69
--	----

Tabela 3. Peso relativo de carcaça e cortes de codornas japonesas, alimentadas com diferentes fontes lipídicas.....	70
---	----

Tabela 4. Biometria e peso dos órgãos reprodutivos de codornas japonesas, alimentadas com diferentes fontes lipídicas na dieta.....	72
---	----

Tabela 5. Biometria do trato gastrointestinal de codornas japonesas, alimentadas com diferentes fontes lipídicas na dieta.....	72
--	----

Tabela 6. Rendimento de órgãos e biometria gastrointestinal de codornas japonesas, alimentadas com diferentes fontes lipídicas.....	73
---	----

Tabela 7. Estimativas dos coeficientes de alometria (b) das partes e órgãos de codornas japonesas alimentadas com diferentes fontes lipídicas em relação ao peso corporal e verificação de sua diferença com a unidade.....	74
---	----

CAPÍTULO 4

Tabela 1. Composição percentual e calculada das dietas experimentais para codornas na fase de recria (21 a 42 dias)	82
---	----

Tabela 2. Composição percentual e calculada da dieta experimental para codornas na fase inicial da postura.....	83
---	----

Tabela 3. Desempenho produtivo de codornas japonesas na fase inicial de postura em função de diferentes fontes lipídicas na fase de recria (42 a 63 dias)	86
---	----

Tabela 4. Qualidade dos ovos de codornas japonesas na fase inicial de postura em função de diferentes fontes lipídicas na fase de recria.....	87
---	----

CAPÍTULO 5

Tabela 1. Composição percentual e calculada das rações experimentais.....	94
---	----

Tabela 2. Matéria seca (MS), energia bruta (EB), energia metabolizável corrigida para nitrogênio (EMAn/kcal/kg) e coeficiente de metabolizabilidade (CM%) de diferentes fontes lipídicas na alimentação de codornas japonesas em fase de pico de postura.....	97
---	----

Tabela 3. Teor de ácidos graxos em óleos vegetais e gorduras.....	98
---	----

CAPÍTULO 6

Tabela 1. Composição percentual e calculada das dietas experimentais na fase de produção.	106
--	-----

Tabela 2. Análise descritiva do teor de ácidos graxos das dietas de codornas japonesas com diferentes fontes lipídicas inclusas.....	113
--	-----

Tabela 3. Desempenho produtivo de codornas japonesas em fase de postura alimentadas com diferentes fontes lipídicas na dieta.....	114
---	-----

Tabela 4. Qualidade de ovos de codornas japonesas em fase de postura alimentadas com diferentes fontes lipídicas na dieta.....	115
--	-----

Tabela 5. Coeficientes de metabolizabilidade da matéria seca, extrato etéreo, de diferentes fontes lipídicas na dieta de codornas japonesas.....	116
--	-----

Tabela 6. Peso e rendimento de órgãos e biometria do trato reprodutivo e gastrointestinal de codornas japonesas em fase de postura alimentadas com diferentes fontes lipídicas na dieta.....	119
--	-----

Tabela 7. Análises bioquímicas do soro sanguíneo de codornas japonesas em fase de postura alimentadas com diferentes fontes lipídicas na dieta.....	120
---	-----

CAPÍTULO 7

Tabela 1. Composição percentual e calculada das dietas experimentais na fase de produção.....	128
---	-----

Tabela 2. Análise descritiva do teor de ácidos graxos das dietas de codornas japonesas com diferentes fontes lipídicas inclusas.....	131
Tabela 3. Teor de extrato etéreo dos lipídios, betacaroteno e ácidos graxos da gema de ovos de codornas alimentadas com diferentes fontes lipídicas na dieta.....	134
Tabela 4. Peso e porcentagem de gema, casca e albúmen de ovos de codornas alimentadas com fontes lipídicas submetidos a diferentes tempos de armazenamento.....	137
Tabela 5. Cor da gema de ovos de codornas alimentadas com fontes lipídicas submetidos a diferentes tempos de armazenamento.....	139
Tabela 6. Índices de qualidade de ovos de codornas alimentadas com fontes lipídicas submetidos a diferentes tempos de armazenamento.....	140
Tabela 7. Equações de regressão das variáveis de qualidade de ovos de codornas alimentadas com fontes lipídicas submetidos a diferentes tempos de armazenamento.....	142

CAPÍTULO 8

Tabela 1. Composição percentual e calculada das rações experimentais do ensaio 1.....	152
Tabela 2. Análise descritiva do teor de ácidos graxos das fontes lipídicas.....	153
Tabela 3. Composição percentual e calculada das rações experimentais do ensaio 2 para a fase de 7 – 21 dias das aves.....	155
Tabela 4. Composição percentual e calculada das rações experimentais do ensaio 2 para a fase de 22 - 35 dias das aves.....	156
Tabela 5. Matéria seca (MS), energia bruta (EB), energia metabolizável corrigida para nitrogênio (EMAn/kcal/kg) e coeficiente de metabolizabilidade (CM%) de fontes lipídicas não convencionais na alimentação de codornas Europeias.....	160
Tabela 6. Coeficiente de metabolizabilidade (CM%) da matéria seca (MS), do extrato etéreo (EE), proteína bruta (PB), da energia metabolizável corrigida para nitrogênio (EMAn/kcal/kg) e da matéria mineral (MM) das dietas teste com inclusão de fontes lipídicas não convencionais na alimentação de codornas Europeias.....	161
Tabela 7. Desempenho de 7 a 21 e 22 a 35 dias de codornas europeias alimentadas com diferentes fontes lipídicas não convencionais na dieta.....	162
Tabela 8. Peso e rendimento de carcaça e cortes de codornas europeias alimentadas com diferentes fontes lipídicas na dieta.....	163
Tabela 9. Peso e rendimento de vísceras e tamanho de intestino de codornas europeias alimentadas com diferentes fontes lipídicas na dieta.....	163
Tabela 9. Colorimetria e qualidade da carne de codornas europeias alimentadas com diferentes fontes lipídicas na dieta.....	164

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura 1. Gotículas de gordura ou *micelas* formadas no quimo intestinal.....33

Figura 2. Esquema celular onde ocorre absorção dos nutrientes.....34

CAPÍTULO 2

Figura 1. Análise microscópica histológica do segmento intestinal de codornas.50

CAPÍTULO 8

Figura 1. Amostras da pele do peito das aves para análises colorimétricas.....159

RESUMO GERAL

A presente tese é apresentada em 8 capítulos, sendo uma revisão de literatura, dois artigos oriundos do experimento 1, um artigo referente ao experimento 2, um artigo referente ao experimento 3, dois artigos referente ao experimento 4, e um artigo referente ao experimento 5. **CAPÍTULO 1:** O objetivo da revisão bibliográfica foi elucidar os principais avanços relacionados à utilização de lipídios na nutrição de aves e sua relação com o desempenho e saúde animal. Buscou-se nas principais bases de pesquisa Web of Science e Google Scholar, artigos dos últimos 20 anos que tinham enfoque na utilização de lipídios na avicultura. Conclui-se que fontes lipídicas como fontes de ácidos graxos ω -3 e ω -6 podem ser utilizados benéficamente em dietas avícolas, para promover respostas imunológicas e melhorar o valor nutricional dos ovos e a modulação da composição de ácidos graxos nos produtos avícolas a partir de processos nutricionais. Utilizando a inclusão de fontes lipídicas, mostra-se uma alternativa promissora como estratégia auxiliar na melhoria do balanço de ácidos graxos essenciais em dietas humanas. **CAPÍTULO 2:** Avaliou-se o desempenho zootécnico, a temperatura corporal, o perfil bioquímico do sangue, a qualidade da carne, a histomorfologia intestinal de codornas japonesas suplementadas com diferentes fontes lipídicas na fase de recria. Foram utilizadas 400 codornas japonesas com 21 dias, distribuídas em delineamento inteiramente casualizado com dez repetições, de 8 aves por unidade experimental, em 5 tratamentos: ração controle (RC) com 2,5% de óleo de soja, RC com 2,5% de óleo de milho, RC com 2,5% de óleo algodão, RC com 2,5% de óleo de girassol e RC com 2,5% de óleo de canola. Codornas alimentadas com dietas contendo óleo de algodão apresentaram maior altura de vilo, e a inclusão de óleo de canola proporcionou melhor largura de vilo. A inclusão de 2,5% de óleo de algodão na dieta de codornas japonesas tem resultados positivos para o desempenho no período de recria. **CAPÍTULO 3:** Analisou-se o desempenho, rendimento de carcaça, biometria intestinal, reprodutiva e órgãos, os coeficientes alométricos que descrevem o crescimento das partes e dos órgãos de codornas japonesas (*Coturnix japonica*) alimentadas com diferentes fontes lipídicas na fase de recria. Os coeficientes alométricos do desenvolvimento de partes e órgãos de codornas japonesas são influenciados pela fonte lipídica utilizada nas dietas. Os óleos de soja, de algodão e girassol demonstraram efeitos positivos na manutenção da taxa de desenvolvimento do trato reprodutivo similar ao desenvolvimento corporal. **CAPÍTULO 4.** Avaliaram-se os efeitos residuais dos tratamentos aplicados na fase de recria no desempenho e qualidade de ovos na fase inicial de postura. As fontes lipídicas oriundas das sementes de soja, do milho, do algodão, da canola e do girassol podem ser utilizadas como ingredientes energéticos na dieta de recria de codornas poedeiras por não serem prejudiciais ao desempenho inicial das aves. Houve efeito residual da recria sobre as características dos ovos, sendo que a inclusão do óleo de girassol resultou em ovos de melhor qualidade. A longevidade na produção dos ovos das aves alimentadas com diferentes fontes lipídicas na fase de recria foi semelhante. **CAPÍTULO 5:** Determinaram-se os valores energéticos e a metabolizabilidade de diferentes fontes lipídicas na dieta de codornas japonesas em fase de postura. Foram utilizados 6 tratamentos, incluídos 10% das fontes lipídicas (Ração basal, óleo de soja, óleo de milho, óleo de canola, óleo de girassol e gordura de aves) em um delineamento inteiramente casualizado, com 10 repetições por tratamento, com 7 codornas por unidade experimental, totalizando 420 aves na fase de pico de postura. O valor de energia metabolizável corrigida para nitrogênio encontrados para o óleo de soja, milho, canola, girassol e gordura de aves foram de 8.790 (kcal / kg), 8.773 (kcal / kg), 8.784, 8.788 (kcal / kg), 8.681 (kcal / kg), respectivamente. Os CM (%) foram de 93,88% para o óleo de soja, 93,53% para o óleo de milho, 93,32% para o óleo de canola, 93,74% para o óleo de girassol e 93,06% para a gordura de aves. **CAPÍTULO 6:** O objetivo foi avaliar a digestibilidade dos nutrientes, desempenho, temperatura corporal, qualidade dos ovos, perfil bioquímico sanguíneo, biometria intestinal e reprodutiva de codornas japonesas alimentadas com dietas contendo diferentes fontes lipídicas. O experimento foi realizado em delineamento experimental inteiramente casualizado com 5 tratamentos (óleo de soja, óleo de milho,

óleo de canola, óleo de girassol e gordura de aves) com 10 repetições em cada e 7 aves por unidade experimental, totalizando 350 aves. As fontes lipídicas oriundas dos óleos de soja, milho, canola, girassol e a gordura de aves podem ser utilizadas como ingredientes energéticos na dieta de codornas japonesas em fase de produção, pois não prejudicam o desempenho, a qualidade dos ovos e a saúde das aves. A variação da fonte de lipídio da dieta de codornas japonesas em postura pode afetar os aspectos produtivos e a qualidade dos ovos, sem sobrecarregar o funcionamento hepático e o desenvolvimento dos órgãos reprodutivos e intestinais. **CAPÍTULO 7:** Avaliou o teor de carotenoides e ácidos graxos das gemas e a conservação dos ovos de codornas alimentadas com dietas contendo diferentes fontes lipídicas. Fontes lipídicas avaliadas nas dietas de codornas em fase de postura não interferem na conservação da qualidade dos ovos armazenados, porém influenciam diretamente na deposição de carotenóides e ácidos graxos na gema dos ovos. Recomenda-se a inclusão do óleo de girassol para melhor deposição de ácidos graxos linoleico e betacarotenos na gema dos ovos. **CAPÍTULO 8:** Objetiva-se neste estudo, determinar o metabolismo dos nutrientes, o desempenho, as características de carcaça e órgãos e a qualidade de carne de codornas de corte alimentadas com fontes lipídicas alternativas na dieta. Um total de 1080 codornas de corte de origem europeia da linhagem comercial Fujikura foram utilizadas em dois ensaios experimentais. No experimento 1 foram determinados os valores energéticos e a metabolizabilidade dos nutrientes de fontes lipídicas não convencionais na dieta de codornas de corte. Foram utilizados 6 tratamentos (controle, óleo de soja, óleo de milho convencional, óleo de milho destilado, gordura de aves e sebo bovino), em um delineamento inteiramente casualizado, com 10 repetições por tratamento, com 8 codornas por unidade experimental, totalizando 480 aves. A avaliação do metabolismo energético das fontes lipídicas foi realizada por meio do método de coleta total de excretas. O ensaio metabólico foi realizado após cinco dias para adaptação às dietas experimentais e cinco dias para o recolhimento de excretas. A partir da definição dos valores energéticos e dos coeficientes de metabolizabilidade das diferentes fontes lipídicas, foi realizado o segundo experimento avaliando o desempenho animal, as características de carcaça e dos órgãos e a qualidade de carne. O ensaio 2 foi realizado em um delineamento experimental inteiramente casualizado com 5 tratamentos (óleo de soja, óleo de milho convencional, óleo de milho destilado, gordura de aves e sebo bovino) com 10 repetições em cada e 12 aves por unidade experimental, totalizando 600 aves, no período de 7 a 35 dias. No 35.º dia de vida, duas aves de cada parcela experimental foram abatidas para avaliação de rendimento de carcaça e a qualidade da carne. Os resultados foram submetidos às análises de homogeneidade de variâncias e de normalidade dos resíduos. Os dados das diferentes fontes lipídicas foram submetidos à análise de variância e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Não houve diferença significativa ($p>0,05$) entre as diferentes fontes lipídicas para EMAn (kcal/kg) e CM (%) das fontes lipídicas avaliadas. Houve diferença significativa ($P<0,05$) para os coeficientes de metabolizabilidade (CM%) da PB e EE entre as fontes lipídicas estudadas. A inclusão de sebo bovino proporcionou maior CM EE (%) (84,49%) quando comparado ao tratamento contendo óleo de soja (81,28%). Já com relação a CM PB (%) foi maior para os tratamentos contendo gordura de aves (90,94%) quando comparado ao óleo de soja na dieta (88,69%). Para os demais coeficientes não houve diferença significativa entre os tratamentos ($P>0,05$). Foram encontrados valores de EMAn para o óleo de soja; 8554 kcal/kg, milho; 7701 kcal/kg, milho destilado; 7937 kcal/kg, gordura de aves; 7906 kcal/kg e sebo bovino; 7776 kcal/kg. Os CM foram respectivamente: 88,01% para óleo de soja, 79,01% para o óleo de milho, 84,10% para o óleo de milho destilado, 81,43% para a gordura de aves e 79,28% para o sebo bovino para codornas europeias em fase de recria de 21 a 35 dias. A inclusão de óleo de milho destilado aumenta a coloração da pele e da carne e o rendimento de carcaça das aves na fase de 7 a 35 dias.

Palavras-chave: ácidos graxos, coturnicultura, energia metabolizável, lipídios, óleos.

GENERAL ABSTRACT

The present thesis is presented in 8 chapters, being a literature review, two articles from experiment 1, an article referring to experiment 2, an article referring to experiment 3, two articles referring to experiment 4, and an article referring to experiment 5. **CHAPTER 1:** The objective of the literature review was to elucidate the main advances related to the use of lipids in bird nutrition and its relationship with animal performance and health. We searched the main research database, Web of Science and Google Scholar, articles from the last 20 years that focused on the use of lipids in aviculture. It is concluded that lipid sources as sources of ω -3 and ω -6 fatty acids can be used beneficently in poultry diets, to promote immunological responses and improve the nutritional value of eggs and modulation of fatty acid composition in poultry products from nutritional processes. Using the inclusion of lipid sources, is a promising alternative as an auxiliary strategy to improve the balance of essential fatty acids in human diets. **CHAPTER 2:** Zootechnical performance, body temperature, biochemical blood profile, meat quality, intestinal histomorphology and liver histopathology of Japanese quail (Japanese Coturnix) supplemented with different lipid sources in the recreation phase were evaluated. We used 400 Japanese whimsies with 21 days of age, distributed in a completely randomized design with ten replicates, of 8 birds per experimental unit, in 5 treatments: control ration (RC) with 2.5% soybean oil, CR with 2.5% corn oil, CR with 2.5% cotton oil, CR with 2.5% sunflower oil and RC with 2.5% canola oil. Codornas fed diets containing cotton oil presented higher villus height, and the inclusion of canola oil provided better villus width. The inclusion of 2.5% cotton oil in the diet of Japanese cordides has positive results for performance in the recreation period. **CHAPTER 3:** We analyzed the performance, carcass yield, intestinal, reproductive and organ biometrics, allometric coefficients describing the growth of parts and organs of Japanese cordorans (Coturnix japonica) fed different lipid sources in the re-creation phase. The allometric coefficients of the development of parts and organs of Japanese cordons are influenced by the lipid source used in diets. Soybean, cotton, and sunflower oils have shown positive effects in maintaining the rate of reproductive tract development similar to body development. **CHAPTER 4:** The residual effects of the treatments applied in the recreation phase on egg performance and quality in the initial laying phase were evaluated. Lipid sources from soybean, corn, cotton, canola, and sunflower seeds can be used as energy ingredients in the breeding diet of laying quail because they are not harmful to the initial performance of birds. There was a residual effect of the recreation on the characteristics of the eggs and the inclusion of sunflower oil resulted in better quality eggs. The longevity in egg production of birds fed different lipid sources in the breeding phase was similar. **CHAPTER 5:** The energy values and metabolizability of different lipid sources were determined in the diet of Japanese bean shenders in the laying phase. Six treatments were used, including 10% of the lipid sources (basal diet, soybean oil, corn oil, canola oil, sunflower oil and poultry fat) in a completely randomized design, with 10 replicates per treatment, with 7 beans per experimental unit, totaling 420 birds in the peak laying phase. The corrected metabolizable energy value for soybean oil nitrogen was 9,802.00 (kcal/kg), corn oil was 9,463.00 (kcal/kg), of canola oil 9,680.00. 00 (kcal/kg), while sunflower oil was 9,801.00 (kcal/kg), and poultry fat of 9,247.00 (kcal/kg) for Japanese colors in laying phase, with digestibility coefficients of 104.69% for soybean oil, 100.90% for corn oil, 102.85% for canola oil, 104.56% for sunflower oil and 99.14% for poultry fat. **CHAPTER 6:** The objective was to evaluate the digestibility of nutrients, performance, body temperature, egg quality, blood biochemical profile, intestinal and reproductive biometrics of Japanese quails fed diets containing different lipid sources. The experiment was also carried out in a completely randomized experimental design with 5 treatments (soybean oil, corn oil, canola oil, sunflower oil and poultry fat) with 10 replicates in each and 7 birds per experimental unit, totaling 350 birds. Lipid sources from soybean, corn, sunflower canola and poultry fat can be used as energy ingredients in the diet of Japanese quails in the production phase, as they do not impair the performance, egg quality and health of birds. The variation of the lipid source of the diet of laying Japanese quails can affect the productive aspects and quality of eggs, without overloading liver functioning and the development of reproductive and intestinal organs. **CHAPTER 7:** Evaluated the content of carotenoids and fatty acids of the yolks and the conservation of quaint eggs fed diets containing different lipid sources. Different lipid sources in the diet of quails in the laying phase, do not interfere in the conservation of the quality of stored eggs, but directly influence the deposition of carotenoids and fatty acids in egg yolk. It is indicated by the inclusion of sunflower oil for better deposition of linoleic fatty acids and beta carotenoids in egg yolk. **CHAPTER 8:** The objective of this

study is to determine nutrient metabolism, performance, carcass, and organ characteristics and meat quality of beef coding fed with alternative lipid sources in the diet. A total of 1080 cutting beans of European origin of the Fujikura commercial lineage were used in two experimental trials. In experiment 1, the energy values and metabolizability of nutrients from non-conventional lipid sources in the diet of cut-beans were determined. Six treatments (control, soybean oil, conventional corn oil, distilled corn oil, poultry fat and bovine tallow) were used in a completely randomized design, with 10 replicates per treatment, with 8 beans per experimental unit, totaling 480 birds. The evaluation of the energy metabolism of lipid sources was performed by means of the method of total collection of excreta. The metabolic assay was performed after five days to adapt to the experimental diets and five days for the collection of excreta. From the definition of energy values and metabolizability coefficients of the different lipid sources, the second experiment was carried out evaluating animal performance, carcass, and organ characteristics and meat quality. Test 2 was carried out in a completely randomized experimental design with 5 treatments (soybean oil, conventional corn oil, distilled corn oil, poultry fat and bovine tallow) with 10 replicates in each and 12 birds per experimental unit, totaling 600 birds, in the period from 7 to 35 days of age. On the 35th day of life, two birds of each experimental plot were slaughtered for evaluation of carcass yield and meat quality. The results were submitted to homogeneity of variances and normality of the residues. Data from different lipid sources were submitted to variance analysis and treatment means were compared by the Tukey test at the level of 5% probability. There was no significant difference ($p>0.05$) between the different lipid sources for ANMe (kcal/kg) and CM (%) of the lipid sources evaluated. There was a significant difference ($P<0.05$) for the metabolizability coefficients (CM%) of CP and EE between the lipid sources studied. The inclusion of bovine tallow provided higher EE CM (%) (84.49%) when compared to the treatment containing soybean oil (81.28%). Regarding CM CP (%) it was higher for treatments containing poultry fat (90.94%) when compared to soybean oil in the diet (88.69%). For the other coefficients, there was no significant difference between treatments ($P>0.05$). Energy values for soybean oil were found; 8554 kcal/kg, corn; 7701 kcal/kg, distilled maize; 7937 kcal/kg, poultry fat; 7906 kcal/kg and bovine tallow; 7776 kcal/kg. The CM were respectively: 88.01% for soybean oil, 79.01% for corn oil, 84.10% for distilled corn oil, 81.43% for poultry fat and 79.28% for bovine sebum for European beans towers in the breeding phase of 21 to 35 days of age. The inclusion of distilled corn oil increases skin and meat staining and carcass yield of birds in the 7 to 35 day age phase.

Keywords: fatty acids, coturniculture, metabolizable energy, lipids, oils.

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A coturnicultura vem se destacando, ano após ano, como atividade produtiva crescente no mercado agropecuário brasileiro. Este crescimento é decorrente de sua adequação às novas tecnologias produtivas, de forma que a atividade, anteriormente classificada como de subsistência e secundária, ocupou um cenário de produção altamente tecnificada com resultados promissores aos produtores.

A produção de ovos de codorna no de 2020 foi de 315,6 milhões de dúzias, aumento de 5,9% quando comparado ao ano de 2021. O total de codornas era de 17,4 milhões de aves, 3,4% a mais que no ano anterior. A Região Sudeste concentrou 63,5% das codornas e 67,3% da produção de ovos. Os melhores desempenhos entre os estados foram: São Paulo (com 23,8% das aves e 23,6% dos ovos); Espírito Santo (22,4% das aves e 25,9% dos ovos); e Minas Gerais (16,1% das aves e 16,6% dos ovos) (ABPA, 2021).

Desde 2016, Santa Maria de Jetibá, no Espírito Santo, mantém o maior efetivo nacional dessas aves e, desde 2015, também a maior produção de seus ovos. Em São Paulo, município de Bastos se destacou como o maior representante tanto em termos de efetivo de animais quanto na produção nacional de ovos de codorna.

Os constantes avanços que ocorrem na área do melhoramento genético, além de outros fatores intervenientes como linhagens, idade, sexo, condições sanitárias, ambiência, instalações e manejo podem influenciar a eficiência alimentar das aves, promovendo alterações no metabolismo e na utilização dos nutrientes da dieta. Neste aspecto, a energia da dieta está entre os pontos de maior relevância nas formulações de rações avícolas, representando a somatória de todos os nutrientes, influenciando o desempenho, as características de carcaça e a saúde animal.

O conhecimento dos valores de energia metabolizável das fontes lipídicas é de grande importância, uma vez que o cálculo da energia das dietas, aplicado na formulação de rações, é feito com base na energia metabolizável corrigida para nitrogênio. A principal fonte de energia das dietas é o milho, porém, os óleos e as gorduras são ingredientes adicionados às rações com o intuito principal de balancear a energia, exigindo valores precisos e atualizados.

Diversos estudos relatam exigências lipídicas de galinhas poedeiras e frangos de corte, porém em relação à dieta de codornas tanto de corte quanto de postura, as informações nutricionais são escassas, e muitas vezes são utilizados parâmetros nutricionais de outras aves,

como galinhas poedeiras, fato que pode prejudicar o pleno desempenho do animal. Além disso, em vista da rapidez do processo de criação das aves e do melhoramento aplicado na produção, estudar a influência da adição de fontes lipídicas na dieta destes animais durante grande parte do seu ciclo de vida é essencial.

Sendo assim, a presente pesquisa produzirá dados que darão suporte a pesquisas futuras, principalmente em condições brasileiras, que irão utilizar na formulação de ração o óleo de soja, de milho, de girassol, de canola, da gordura de aves, do sebo bovino e óleo de milho destilado. Experimentos que avaliam o aproveitamento metabólico dos alimentos, com ênfase nos lipídios, são necessários e periodicamente exigidos, além do fato de que a última versão publicada das Tabelas Brasileiras de Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais para Aves e Suínos (2017). Com exceção do óleo de soja, não apresenta informações nutricionais sobre as demais fontes lipídicas para codornas de postura e de corte.

Além da importância econômica da utilização de óleos e gorduras nas dietas, é possível utilizar lipídios como parte de estratégias nutricionais para diferenciadas situações práticas de manejo, como, por exemplo, em ambientes de elevada temperatura. Nos quais a substituição parcial de carboidratos por óleo baseia-se na redução do incremento calórico da ração, uma vez que o incremento dos lipídios é o mais baixo entre os nutrientes, favorecendo o conforto térmico das aves.

Neste sentido, a inclusão de lipídios mostra-se uma alternativa viável para utilização em larga escala, visando reduzir os níveis de energia das dietas oriundos de carboidratos e consequentemente os custos de produção. A adição de fontes lipídicas na composição da ração utilizada para alimentação animal pode melhorar a digestibilidade dos nutrientes, resultando em maior energia disponível, proporcionando ganhos no desempenho e saúde das aves e deposição de ácidos graxos na gema do ovo e na carne das aves.

CAPÍTULO 1

REVISÃO DE LITERATURA

INCLUSÃO LIPÍDICA COMO FONTE DE ÁCIDOS GRAXOS NA AVICULTURA: ENRIQUECIMENTO DA GEMA DE OVOS, DESEMPENHO E SAÚDE DE AVES

**Artigo redigido e adaptado conforme as normas da revista South African Journal
of Animal Sciences**

Percentil Scopus: 54%

Inclusão lipídica como fonte de ácidos graxos na avicultura: enriquecimento da gema de ovos, desempenho e saúde de aves

Resumo: O objetivo desta revisão bibliográfica é elucidar os principais avanços relacionados à utilização de lipídios na nutrição de aves e sua relação com o desempenho e a saúde animal. Buscou-se nas principais bases de pesquisas Web of Science e Google Scholar, artigos dos últimos 20 anos que tinham enfoque na utilização de lipídios na avicultura. A demanda por alimentos funcionais é uma vertente em grande expansão e já são documentados os benefícios que o consumo de alimentos que contenham ácidos graxos poli-insaturados podem proporcionar à saúde humana. A utilização de fontes lipídicas em dietas avícolas se mostra justificada e comprovadamente eficiente para a melhoria da produção das aves, de forma economicamente viável. A ingestão de lipídeos pelas aves é fundamental, não apenas para suprir as necessidades energéticas, mas também atender as exigências em ácidos graxos essenciais, melhoria da palatabilidade da ração e na digestibilidade dos outros nutrientes, saúde e desempenho animal. Fontes lipídicas como fontes de ácidos graxos ω -3 e ω -6 podem ser utilizados benéficamente em dietas avícolas, para promover respostas imunológicas e melhorar o valor nutricional dos ovos. A modulação da composição de ácidos graxos nos produtos avícolas a partir de processos nutricionais, utilizando a inclusão de fontes lipídicas, mostra-se uma alternativa promissora como estratégia auxiliar na melhoria do balanço de ácidos graxos essenciais em dietas humanas.

Palavras-chave: ácidos graxos; Fontes energéticas; produção avícola; saúde humana.

1. Introdução

A produção avícola com foco na produção de ovos é uma das vertentes que cresce exponencialmente no mundo. Conforme relatado por Santos et al. (2020) os ovos são produtos que apresentam alto potencial para enriquecimento com ácidos graxos poli-insaturados, pois, são consumidos pela maioria da população mundial, *in natura* ou processados. Várias pesquisas (Cachaldora et al., 2008; Omri et al., 2019; Ngo et al., 2021) relatam que a suplementação da dieta de poedeiras com óleos ou gorduras podem aumentar a deposição de ácidos graxos poli-insaturados ω -3 na gema dos ovos caso esses possuem em sua composição esses ácidos graxos.

Para que a modulação na composição da gema dos ovos aconteça é necessário se atentar às fontes de lipídios das dietas, sendo elas responsáveis por disponibilizar estes nutrientes. Além desta importante função, primordialmente as fontes lipídicas são responsáveis pelo fornecimento de energia para as aves devido à sua alta densidade energética (Rovers & Excentials, 2014).

Vários benefícios são verificados quando se utiliza uma porcentagem correta de óleos ou gordura nas rações para os animais de produção. Essa ingestão é fundamental, não apenas para suprir as necessidades energéticas, mas também para atender as exigências em ácidos graxos

essenciais, para o transporte para as vitaminas lipossolúveis e melhoria da palatabilidade da ração (Fonseca et al., 2018).

Considerando o aspecto econômico das atividades avícolas, a nutrição ocupa lugar de destaque, já que a alimentação é um dos fatores mais onerosos da criação, representando em torno de 60 a 70% do custo de produção (Bittencourt et al., 2019). Desta forma há uma constante busca por alternativas dietéticas que reduzam o custo das dietas.

Além da importância econômica da utilização de óleos e gorduras nas dietas, é possível utilizar lipídios como parte de estratégias nutricionais para diferenciadas situações práticas de manejo, como, por exemplo, em ambientes de elevada temperatura, nos quais a substituição parcial de carboidratos por óleo baseia-se na redução do incremento calórico da ração. Uma vez que o incremento dos lipídios é o mais baixo entre os nutrientes (Silva et al., 2019), favorecendo o conforto térmico das aves.

Para o melhor aproveitamento das diferentes fontes lipídicas incluídas nas dietas deve-se considerar sua composição química e digestibilidade. Para avaliação do conteúdo energético das diferentes fontes lipídicas e sua digestibilidade, é importante ressaltar o conceito de energia na avicultura, que recebe diferentes definições. A energia contida nos alimentos é chamada de energia bruta, sendo aquela liberada pela queima total do ingrediente na bomba calorimétrica (Araújo et al., 2018).

Porém, a energia metabolizável é a energia bruta consumida descontando a energia presente nas excretas e nos produtos gasosos da digestão e a energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn) segundo Andrade et al. (2016) difere da energia metabolizável aparente pela correção associada ao balanço de nitrogênio. Essa correção baseia-se no fato de que, em aves em crescimento, a proteína retida no organismo não contribui para a energia das fezes e da urina.

Sabe-se que a digestibilidade do lipídio influencia diretamente na absorção de nutrientes pelo organismo animal, que gera modificações nas respostas de desempenho, saúde e qualidade do produto final. Quando adicionadas às dietas, conhecendo-se melhor sua composição nutricional e sua possível metabolizabilidade, as diferentes fontes lipídicas podem agir como um enriquecedor das dietas avícolas, para melhorar a composição de ácidos graxos da gema do ovo, visando melhoria da saúde humana.

Portanto, o objetivo desta revisão bibliográfica é elucidar os principais avanços relacionados à utilização de lipídios na nutrição de aves e sua relação com o desempenho e saúde animal e seu poder de enriquecimento da gema dos ovos em ácidos graxos poli-insaturados.

2. Desenvolvimento

Essa revisão foi realizada a partir de uma busca bibliográfica embasada em diferentes publicações encontradas em banco de dados. A busca por artigos foi realizada nas seguintes bases de pesquisa literária eletrônica: Web of Science e Google Scholar, utilizando termos de busca associados ou não, no plural ou singular, em inglês e em português, como: “lipids” AND “poultry production” AND “fatty acids”.

Após análise dos arquivos nas duas bases científicas Web of Science e Google Scholar, foram excluídos arquivos por não se enquadrarem na temática ou por não atenderem os critérios de inclusão e artigos repetidos. Assim, foram selecionados 70 arquivos, após o teste de relevância para uso no estudo, os mesmos foram tabulados em planilha do Excel® com as informações que são relevantes, para exploração na revisão.

3. Importância dos lipídios na dieta de aves de produção

A função primária dos lipídios, como nutriente, é o armazenamento e a disponibilização de energia, além de participarem da regulação do metabolismo animal, fazendo parte da estrutura de prostaglandinas e hormônios esteroides (Lara et al., 2005). Os lipídios constituem compostos que, apesar de quimicamente diferentes entre si, exibem a insolubilidade em água como característica definidora e comum a todos. Atuam como veículo alimentar para as vitaminas lipossolúveis, e se tornam importantes constituintes para as dietas, pois possuem elevados valores energéticos (Calixto et al., 2020). As fontes lipídicas podem ser divididas basicamente em duas categorias: óleos vegetais ou gorduras de origem animal (Valentim et al., 2018).

Muramatsu et al. (2005) relataram que apesar dos benefícios de utilização em dietas, os lipídios também tem em sua composição os ácidos graxos insaturados que podem ser susceptíveis a sua oxidação. O processo de oxidação lipídica causa a perda de qualidade do alimento ou ração, pois afeta fatores como, cor, sabor e textura, resultando na produção de componentes tóxicos resultantes na perda de qualidade do valor nutritivo do alimento (Dalla Costa et al., 2016).

Além disso, os lipídios da dieta participam também de importantes processos fisiológicos como redução na velocidade de passagem do alimento pelo trato gastrointestinal, são determinantes para o funcionamento dos órgãos e tecidos, visto que estão diretamente envolvidos na produção de eicosanoides (substâncias semelhantes aos hormônios, que regulam vários sistemas do organismo), contribuem na manutenção da parede vascular e nas respostas

imunes (Oliveira et al., 2013), além de favorecer maior agregação de partículas, diminuição na pulverulência e melhora na palatabilidade da ração.

O emprego de gorduras e óleos em dietas para aves é largamente discutido, pois tais ingredientes apresentam diversas características de interesse. Diversos estudos (Junqueira et al., 2005; Costa et al., 2008; Duarte et al., 2010; Ismail et al., 2013) relatam exigências lipídicas de galinhas poedeiras e frangos de corte, porém em relação à dieta de codornas tanto de corte quanto de postura, as informações nutricionais são escassas, e muitas vezes são utilizados valores nutricionais de outras aves, como galinhas poedeiras, fato que pode prejudicar o pleno desempenho do animal.

Em estudo, Andreotti et al. (2004) demonstraram melhora nos índices de desempenho de frangos de corte em função de níveis crescentes de óleo de soja na dieta durante as fases de crescimento (21 a 42 dias) e final (43 a 56 dias). No entanto, a presença e o nível de inclusão de óleo na dieta não podem ser os únicos fatores a serem considerados, já que a qualidade da fonte lipídica a ser empregada é um ponto importante e que necessita de devida atenção (Reda et al., 2020). A presença de ácidos graxos na forma de triglicerídeos ou na forma livre, bem como a estrutura química dos ácidos graxos são determinantes (Brito et al., 2020).

A inclusão de óleos e gorduras na dieta de poedeiras têm influenciado positivamente no peso do ovo e da gema, provavelmente porque o ácido linoleico aumenta a síntese de triacilglicerídeos e lipoproteínas no fígado, os quais são secretados e chegam ao ovário para participar do desenvolvimento dos folículos ovarianos (Wang et al., 2019).

Outro ponto é o conhecimento da energia metabolizável dessas fontes lipídicas, que ganha destaque para se obter formulações que atendam a prática de uma avicultura moderna, voltada à produção de alimentos de origem animal com alta qualidade nutricional (Araújo, 2017).

A exigência energética de galinhas poedeiras está relacionada a fatores como peso corporal, ganho de peso, produção de massa de ovos, nível de empenamento, temperatura ambiente, composição corporal, composição do ovo, dentre outros (Baron et al., 2020).

Devido às constantes melhorias no material genético das linhagens comerciais, suas exigências nutricionais também evoluíram, fazendo com que a formulação e elaboração das rações necessitem ser continuamente corrigidas para acompanhar o nível nutricional exigido pelas linhagens.

Alexandra et al. (2010) avaliaram diferentes fontes de lipídios (óleo de soja, óleo de algodão, óleo de vísceras, sebo bovino) nas rações de frangos de corte sobre qualidade e perfil de ácidos graxos da carne, e obtiveram a melhor relação w-6: w-3, para as aves alimentadas com óleo de soja, óleo de canola, sebo bovino e óleo de vísceras apresentando melhor teor em

ácidos graxos poli-insaturados, mas apresentou alta deposição de ácido linolênico com efeitos diretos na relação w-6: w-3.

O desenvolvimento de produtos de origem animal enriquecidos em ácidos graxos da família ômega 3, tem sido alvo de diversas pesquisas por contribuírem com a saúde da população. Uma forma de aumentar a deposição de ômega 3 no ovo é por meio da dieta, utilizando fontes lipídicas que sejam ricas em ácido α -linolênico, como o óleo de linhaça. Outros ácidos graxos ômega 3 extremamente benéficos para a saúde são os ácidos eicosapentaenoico (EPA) e docosahexaenóico (DHA), encontrados no óleo de peixe, canola e centeio (Brito et al., 2020).

Neste sentido, a utilização de lipídios mostra-se uma alternativa viável para utilização em larga escala, visando reduzir os níveis de energia das dietas oriundos de carboidratos (milho) e consequentemente os custos de produção. A adição de fontes lipídicas na composição da ração utilizada para alimentação animal pode melhorar a digestibilidade dos nutrientes, resultando em maior energia disponível, proporcionando melhorias no desempenho e deposição de ácidos graxos na gema do ovo.

4. Diversidade lipídica

As fontes lipídicas, de modo geral, apresentam variações de suas características químicas devido à origem, vegetal e/ou gordura animal, e também à qualidade das matérias-primas utilizadas, processo empregado em sua obtenção e condições e períodos de estocagem (Bavaresco et al., 2019). Dessa forma, torna-se relevante conhecer a origem, o processamento e a qualidade dos ingredientes em questão (Dalla Costa et al., 2016).

A digestibilidade do lipídio influencia diretamente na absorção dos ácidos graxos pelo organismo animal, que gera modificações nas respostas de desempenho, saúde e qualidade do produto final (Dehghani et al., 2018; Bavaresco et al., 2019; Alagawany et al., 2020). As principais fontes lipídicas usadas na alimentação animais não ruminantes são: óleos de soja, girassol, canola, milho, gordura de aves, óleo de algodão, óleo de linhaça, óleo de peixe, gordura suína e sebo bovino (Fontes et al., 2018).

4.1. Óleo de soja

A principal fonte lipídica utilizada na produção avícola é o óleo de soja, constituído majoritariamente por triglicerídeos e outros vários componentes menores que podem ser recuperados durante o processo de refino. Segundo Rostagno et al. (2017) o óleo de soja possui 8.790 kcal/kg de energia metabolizável aparente para aves. O óleo de soja ocupa o segundo

lugar na produção e consumo mundial de óleos vegetais, perdendo apenas para o óleo de palma (USDA, 2013).

Segundo previsões da Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais – Abiove (2016), a produção brasileira de óleo de soja atingiu a marca 7 milhões de toneladas em 2015, volume acima dos 6,8 milhões de toneladas produzidas no período anterior, o mais produzido pelo país, que consome 5,8 milhões de toneladas/ano.

No processo de produção do óleo de soja originam-se componentes como fosfolipídios, lecitina e esteróis mistos, que servem como matéria-prima para a produção de produtos farmacêuticos valiosos, além dos tocoferóis (vitamina E) (Hammond et al., 2005). O óleo de soja, como a maioria dos demais óleos, é obtido principalmente pelo processo de extrusão, no qual os grãos recebem o calor originado da pressão da extrusora, sendo em seguida esmagados em prensa de alta pressão, que separa a soja do óleo (Rodrigues et al., 2005).

Há também o processo de extração de óleo por meio de solventes, contudo apresenta preços mais elevados (Bavaresco et al., 2019). Por apresentar abundância de ácidos graxos poli insaturados, é uma fonte lipídica de alta digestibilidade (Roll et al., 2018).

O óleo de soja possui em sua composição, cerca de 85% de ácidos graxos insaturados e 15% de saturados, apresentando alto teor de ácido linoleico, além do ácido oleico e ácido linolênico (Dossiê Óleos, 2014), demonstrando assim o potencial de utilização deste produto na alimentação animal, principalmente por sua qualidade e grande produção.

4.2. Óleo de milho

Outro ingrediente com potencial uso na indústria avícola é o milho, com teor médio de óleo em sua composição de 5%, sendo destes, 4% de ácidos graxos PUFA ômega - 3, maior quantidade quando comparado ao milho, principal ingrediente utilizado nas rações, que tem apenas 0,9% (Muramatso et al., 2005). Isso mostra que o aporte energético do óleo como substituto de parte do milho, oferece maior valorização em ácidos graxos. O milho é a segunda maior cultura produzida no Brasil depois da soja, e seus coprodutos incluem glúten, gérmen e óleo, que representam 3,1 a 5,7% do peso total dos grãos de milho.

Na indústria alimentícia o óleo de milho é muito utilizado devido aos seus benefícios relacionados à sua composição, apresentando ótimas quantidades de vitaminas lipossolúveis do complexo E e A, além de possuir níveis baixos de gordura saturada, que em excesso pode gerar danos à saúde humana. Esta fonte também é utilizada pelo seu caráter de alta estabilidade e baixos níveis de oxidação, resultando em um produto com tempo de prateleira maior (Balić et al., 2020).

De acordo com Shurson et al. (2015) o óleo de milho tem maior estabilidade em comparação com outras fontes de óleo e gordura, devido ao seu alto teor de ácidos graxos poli-insaturados (PUFA), apresentando o seguinte perfil de ácidos graxos: linoleico (48,02%), oleico (34,68%), palmítico (12,5%) e esteárico (2,11%).

4.3. Óleo de canola

A produção mundial de óleo de canola ocupa o terceiro lugar entre os produtos de óleos derivados de plantas, segundo o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA, 2011). A extração do óleo industrial gera a farinha de canola, como um subproduto que pode ser adquirido a baixo custo no mercado. Em alguns países, como Canadá e Estados Unidos, seu uso é comum na produção de aves, principalmente na alimentação de frangos e galinhas poedeiras.

O óleo de canola contém em torno de 7% de ácidos graxos saturados, cerca da metade do nível presente no azeite de oliva, óleo de soja e milho (Lin et al., 2013). Apesar de o ácido oleico estar presente em quase todos os óleos vegetais, no óleo de canola ele ganha destaque, uma vez que representa aproximadamente 61% dos ácidos graxos totais (Reda et al., 2020).

Este óleo é um dos mais saudáveis dentre os citados, pois possui elevada quantidade de ômega-3 entre 6 a 14% (reduz triglicérides e controla arteriosclerose), vitamina E (antioxidante que reduz radicais livres), gorduras monoinsaturadas (reduzem LDL) e o menor teor de ácidos graxos saturados (controle do colesterol) de todos os óleos de fontes vegetais (Al-Tawash et al., 2020).

O óleo de canola é considerado uma combinação adequada de ácidos graxos essenciais e ácidos graxos insaturados, como ácido linolênico (C18:3), que pode melhorar o desempenho de frangos de corte e pode ser convertido em cadeia mais longa de ácidos graxos ômega - 3 e 6 (Al-Tawash et al., 2020). Em galinhas poedeiras, a incorporação de 2% de óleo de canola nas dietas melhorou seu desempenho e reduziu o nível de colesterol no sangue e nos ovos (Ismail et al. 2013). Dietas formuladas com 4% de óleo de canola aumentam a quantidade de ômega-3 em ovos e na carne de frango de corte (Fouladi et al., 2008), que pode ser benéfico também para a saúde humana (An et al., 2010).

4.4. Óleo de girassol

Outra fonte lipídica muito utilizada na produção animal é o óleo de girassol, rico em ácidos graxos monoinsaturados, sendo recomendada a utilização desse óleo em combinação com outra fonte, por exemplo, o óleo de linhaça ou o óleo de peixes. Permitindo um

balanceamento favorável da relação de ácidos graxos n-6/n-3 nas dietas de galinhas poedeiras, refletindo diretamente na relação de ácidos graxos da gema do ovo (Martin et al., 2006).

Segundo o USDA (2017) a produção mundial de óleo de girassol foi em torno de 16,9 milhões de toneladas, com aumento no consumo mundial em torno de 2,9% do ano de 2016. O óleo de girassol é rico em ácidos graxos monoinsaturados, com predominância do ácido oleico (C18:1 n-9 *cis*-9). Contudo, apresenta também consideráveis porções de ácido linoleico (Khatun et al., 2017). Esse óleo possui baixíssimas quantidades de ácido α -linolênico, fornecendo alta relação ômega 6/3 (Martin et al., 2006).

Quando a finalidade for aumentar a relação ômega 6/3 da dieta para ajustar um nível adequado nessa relação, o óleo de girassol pode ser uma boa alternativa. Além disso, o óleo de girassol apresenta altas quantidades de vitamina E, caracterizando-se como uma fonte natural para suplementar as dietas.

4.5. Gordura de aves

A gordura de aves é proveniente da retirada e separação da gordura abdominal e da moela do frango, sendo uma alternativa viável na formulação de rações em substituição às fontes lipídicas de origem vegetal. Por ser um subproduto, mostra-se sustentável para a cadeia avícola (Peña-Saldarriaga et al., 2020), por evitar que esse resíduo seja descartado de forma errônea no ambiente. Esse resíduo representa 1,3% a 1,6% do peso corporal dos frangos, podendo as fêmeas apresentarem percentual maior que os machos (Henriques et al., 2018).

Dessa forma, com o crescimento da produção de carne de frango, existe a necessidade de se buscar alternativas para utilização destes coprodutos eficientemente e sustentável. Porém, por ser uma fonte rica em ácidos graxos saturados, eficiência e utilização nas rações pode ser prejudicada, em razão da menor digestibilidade, resultando em baixo desempenho das aves (De Paula et al., 2021). Porém, quando comparada a outras fontes de origem animal, como gordura suína e sebo bovino, a gordura de aves apresenta maior quantidade de ácidos graxos insaturados, principalmente os ácidos oleico, palmítico e linoléico (De Paula et al., 2021).

De acordo com Sanches & Hayashi (2019) a gordura de aves apresenta maior proporção de PUFA (aprox. 40% do total) em relação às gorduras suína ou bovina, com menos de 20%. A grande vantagem deste produto está principalmente no preço, apresentando valores relativamente inferiores quando comparado aos óleos vegetais (Martins et al., 2017).

5. Perfil de ácidos graxos de óleos e gorduras

Os óleos e as gorduras são ingredientes fornecedores de energia por conter longas cadeias com ligações entre carbonos e entre carbonos e hidrogênio. Essas longas moléculas de hidrocarbonetos, ligadas ao grupo carboxila, são denominadas de ácidos graxos (Araújo et al., 2017). Os ácidos graxos são encontrados na natureza principalmente na forma de triglicerídeos, as quais são moléculas compostas de três ácidos graxos ligados a uma molécula de glicerol por meio de ligações ésteres (Carvalho e Almeida, 2017). Geralmente, as fontes lipídicas possuem 90% de triglicerídeos, os quais são hidrolisados no lúmen intestinal por ação das lipases pancreáticas, resultando em glicerol, ácidos graxos livres e monoglicerídeos (Moraes et al., 2017).

Entre os óleos vegetais comestíveis produzidos em grande escala, os de soja e canola apresentam um conteúdo de ácido α -linolênico que, conforme a variedade, clima, solo e outros fatores, pode variar entre 5 a 10% do total de suas composições em ácidos graxos (Carvalho, 2017). Os diversos tipos de óleos apresentam diferentes porcentagens de ácidos graxos, conforme apresentado na tabela 1.

Tabela 1. Porcentagem dos principais ácidos graxos encontrados em alguns óleos vegetais.

Óleos vegetais	Principais ácidos graxos
Milho	Linoleico (Ômega 6) (59,8%); oleico (Ômega 9) (25,8%); palmítico (11%); esteárico (1,7%); linolênico (Ômega 3) (1,1%).
Algodão	Linoleico (Ômega 6) (46,7%-58,2%); palmítico (21,4%-26,4%); oleico (14,7%- 21,7%) e esteárico (2,1%-3,3%).
Soja	Linolênico (Ômega 3) (5,5% -9,5%). Palmítico (9,7% - 13,3%). Oleico (Ômega 9) (17,7% - 28,5%). Esteárico (3,0% - 5,4%). Linoleico (Ômega 6) (49,8% - 57,1%).
Canola	Linolênico (Ômega 3) (17,4%). Palmítico (3,3% - 6,0%). Oleico (Ômega 9) (52,0% - 67,0%). Esteárico (1,1%- 2,5%); linoleico (Ômega 6) (16,0% - 25,0%).
Linhaça	Linolênico (Ômega 3) (55,0%). Palmítico (6,1%). Oleico (Ômega 9) (18,6%). Esteárico (5,0%). Linoleico (Ômega 6) (14,4%).

Adaptado de Carvalho et al. (2017).

O comprimento da cadeia carbônica, o número de duplas ligações, a configuração das duplas ligações (*cis* e *trans*), a presença de ácido graxo livre ou agrupados em triglicerídeos, a posição do ácido graxo na molécula de glicerol e a relação de ácidos graxos insaturados e saturados na mistura de ácidos graxos são características químicas dos lipídios que influenciam a digestibilidade e a forma de como a energia é aproveitada pela ave (Fonseca et al., 2019). Por isso, é de suma importância conhecer o perfil de ácidos graxos das fontes lipídicas, sendo, logicamente, um dos principais pontos de discussão e justificativa sobre os efeitos nutricionais de fontes lipídicas (Lara et al., 2005).

Quando objetiva-se enriquecer um alimento visando melhorias nas dietas humanas, é necessário além de conhecer a composição das fontes lipídicas, avaliar a essencialidade dos ácidos graxos para os seres humanos e assim ser possível delinear as estratégias nutricionais para aves de postura. Neste sentido, ácidos graxos das famílias ω -3 e ω -6, que não são sintetizadas biologicamente por humanos, e são necessários para processos biológicos, devem ser incluídos na dieta humana (Da Silva Martins et al., 2018).

Dessa forma, incluí-los na dieta avícola para obtê-los na gema do ovo é essencial. Ainda, é possível identificar mais benefícios dos ácidos graxos essenciais como o ácido oleico que pode ajudar a diminuir a concentração circulante de lipoproteína de baixa densidade (LDL) em humanos, sendo considerado uma gordura "saudável" (Kwon et al., 2015). Valores elevados de ácido oleico são desejáveis por sua ação hipocolesterolêmica e têm a vantagem adicional de não reduzir o colesterol de lipoproteína de alta densidade (HDL) ("colesterol bom") e proteger contra doenças coronárias (Ospina et al., 2010).

6. Digestão de lipídios

A eficiência no processo de digestão dos lipídios depende da quantidade de ácidos graxos dietéticos fornecidos na forma de triglicerídeos, pois, se não houver a presença da molécula de glicerol com o ácido graxo, a absorção ficará prejudicada. Isso ocorre porque moléculas de monoglicerídeos são essenciais para a incorporação de ácidos graxos insolúveis no complexo micelar (Raber et al., 2009).

Outro fator imprescindível à eficiência do processo de digestão e absorção de lipídios em aves refere-se ao grau de saturação e ao tamanho da cadeia carbônica dos ácidos graxos. Os lipídios fornecidos na dieta, embora lipossolúveis, são digeridos e transportados em meio aquoso (Manzke et al., 2016).

Para tanto é necessário a presença de emulsificantes que tornem a gordura disponível à ação de enzimas digestivas (Souza et al., 2019), portanto, para ocorrer a digestão e absorção de

lipídios no lúmen intestinal, a presença de secreções biliares e pancreáticas é necessária (Santana et al. 2017).

Os lipídeos são emulsificados pelos sais biliares liberados do fígado e pelas lipases pancreáticas, digeridos e absorvidos pelas células da mucosa intestinal, sendo a maioria absorvida no jejuno médio (Valentim et al., 2020). Quando os lipídios provenientes do estômago ingressam no intestino delgado estarão em pH ácido vindo do quimo e essa acidez junto a presença de lipídeos irá estimular a liberação de secretina e colecistocinina, que estimulam no que lhe concerne a liberação do suco pancreático rico em bicarbonato e da bile para neutralizar o pH (Alzawqari et al., 2011).

A bile produzida no fígado e armazenada na vesícula biliar tem por função emulsificar os lipídios, aumentando a superfície dos mesmos com a formação de micro gotículas de gordura, que posteriormente formarão as micelas. Segundo Souza et al. (2019) esta fina subdivisão tem por propósito expor uma superfície apropriada para a ação da lipase pancreática na interface óleo-água. A presença da bile, com líquido pancreático, lançados no duodeno promovem a digestão, estimulam o peristaltismo gastrointestinal e a absorção dos lipídios da dieta (Macari et al., 2002).

Os lipídios são hidrolisados no lúmen intestinal por ação das lipases pancreáticas, resultando em glicerol, ácidos graxos livres e monoglicerídeos (Macari et al., 2002). As micelas (Figura 1) são gotículas de gordura formadas no quimo intestinal que contêm lipídios, sais biliares e produtos da digestão lipídica.



Figura 1. Esquema da formação de gotículas de gordura ou *micelas* formadas no quimo intestinal. Fonte: Pixabay (2020).

Estes constituintes gordurosos solúveis conseguem movimentar-se no ambiente intestinal aquoso, apresentando a parte polar dos sais biliares conjugados na superfície, enquanto a parte apolar ocupa a porção central da micela (Macari et al., 2002). As micelas são conduzidas até as microvilosidades intestinais por movimentos intestinais e liberam os monoglicerídeos, ácidos graxos, colesterol e vitaminas lipossolúveis para o interior dos enterócitos pela atuação da

proteína ligadora de ácidos graxos, a qual é responsável pelo transporte dos ácidos graxos das microvilosidades para o citosol dos enterócitos (Rocha et al., 2008).

Na célula da mucosa (Figura 2) o destino dos ácidos graxos absorvidos é determinado pelo comprimento de sua cadeia carbônica. Ácidos graxos de cadeia curta e glicerol livre são absorvidos diretamente na mucosa do intestino e transportados à circulação portal, sem sofrerem re-esterificação (Rocha et al. 2010), oferecendo assim uma fonte energética menos onerosa e de fácil degradação e absorção pelas aves.

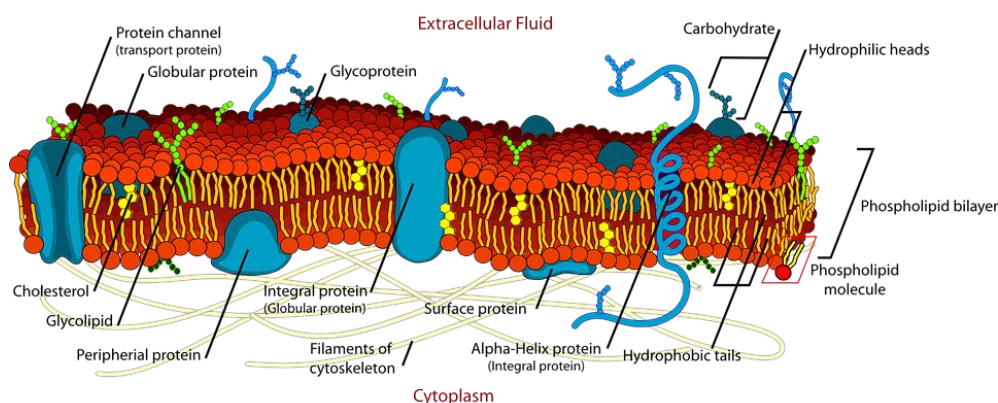


Figura 2. Esquema celular onde ocorre absorção dos nutrientes. Fonte: Pixabay (2020).

7. Objetivos do enriquecimento da gema dos ovos

No intuito de melhorar e aumentar a biodisponibilidade de ácidos graxos essenciais nos alimentos ofertados a população, pesquisas envolvendo agentes vivos de deposição destes nutrientes estão sendo conduzidas, como nas aves de postura que possuem a capacidade fisiológica de depositar ácidos graxos da dieta na gema dos ovos (Cachaldora et al., 2008; Keum et al., 2018; Alagawany et al., 2019) e na carne (Alexandra et al., 2010; Khatun et al., 2017; Al-Tawash et al., 2020). Desta forma é possível melhorar a composição dos ovos e da carne a partir da manipulação das dietas das aves, principalmente com relação às fontes lipídicas ofertadas.

No organismo humano, os ácidos graxos mais importantes que não são produzidos, considerados essenciais ao homem, são o ácido linoleico, ω -6, e o ácido linolênico, ω -3 (Alagawany et al., 2019). Conforme relatado por Zugno et al. (2014) nos seres humanos, os ácidos linoleicos (18:2) e alfa-linolênico (18:3) são necessários para manter, sob condições normais, as membranas celulares, as funções cerebrais e a transmissão de impulsos nervosos. Sendo que esses ácidos graxos também participam da transferência do oxigênio atmosférico para o plasma sanguíneo, da síntese da hemoglobina e da divisão celular.

Estudos demonstram (Watanabe & Tatsuno, 2021; Zárate et al., 2017) que os ácidos graxos ômega-3 têm sido considerados eficazes na prevenção e tratamento de uma série de doenças como aterosclerose, hipertensão, doenças cardiovasculares, câncer, diabetes, artrite e outras disfunções inflamatórias e autoimunes.

O consumo de ômega-6, ácido graxo poli-insaturado muito encontrado em fontes lipídicas como óleo de milho, girassol, carnes, ovos e leite, deve ser feito em quantidade adequada e não em excesso, pois o desequilíbrio metabólico pode aumentar processos inflamatórios como diabetes, obesidade, entre outros (Saini & Keum, 2018). O balanço entre ômega 6 e 3 recomendados para o consumo humano está em torno de 5 e 4:1 (Martin et al., 2006).

Os ácidos graxos ômega-3 (ω -3) e ômega-6 (ω -6) são componentes importantes das membranas celulares, essenciais para a saúde e o funcionamento fisiológico normal do organismo humano. Nem todos os ácidos graxos podem ser produzidos endogenamente devido à ausência de certas enzimas, no entanto, eles são necessários em uma proporção que não é naturalmente alcançada pela dieta padrão (Zárate et al., 2017). Os produtos avícolas como ovos e carne se tornaram fontes de ácidos graxos poli insaturados de cadeia longa (LC-PUFA), sendo uma das soluções mais eficazes o aumento do acúmulo de PUFA's em produtos por meio do ajuste dos ácidos graxos na dieta das aves.

Desta forma, a modulação da composição de ácidos graxos nos produtos avícolas a partir de processos nutricionais, utilizando a inclusão de fontes lipídicas, mostra-se uma alternativa bastante promissora como estratégia auxiliar na melhoria do balanço de ácidos graxos essenciais em dietas humanas.

8. Conclusão

A ingestão de lipídeos pelas aves é fundamental, não apenas para suprir as necessidades energéticas, mas também atender as exigências em ácidos graxos essenciais, melhoria da palatabilidade da ração e na digestibilidade dos outros nutrientes, saúde e desempenho animal. A modulação da composição de ácidos graxos nos produtos avícolas a partir de processos nutricionais, utilizando a inclusão de fontes lipídicas, mostra-se uma alternativa promissora como estratégia auxiliar na melhoria do balanço de ácidos graxos essenciais em dietas humanas. Fontes de ácidos graxos ω -3 e ω -6 podem ser utilizados benéficamente em dietas avícolas para melhorar o valor nutricional dos ovos e da carne.

9. Referências bibliográficas

- An, S. Y., Guo, M. Y., Ma, S. D., Yuan, M. J., & Liu, G. Z. (2010). Effect of different oil sources and vitamin E in breeder diet on egg quality, hatchability and development of the neonatal offspring. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 23(2), 234-239. Doi: <https://doi.org/10.5713/ajas.2010.90140>
- Al-Tawash, A. S. A., Al-Bachry, W. S. J., & Al-khaikani, S. A. M. (2020). Research Article Effects of Canola Oil on Fatty Acids and Biochemical Traits of Blood Plasma in Broiler Chickens. *International Journal of Poultry Science*. 19 (1): 37-41, 2020. Doi: <https://doi.org/10.3923/ijps.2020.37.41>
- Alagawany, M., Elnesr, S.S., Farag, M.R., El-Hack, A., Mohamed, E., Khafaga, A.F., & Dhama, K. (2019). Omega-3 and omega-6 fatty acids in poultry nutrition: effect on productive performance and health . *Animals* , 9 (8), 573. Doi: <https://doi.org/10.3390/ani9080573>
- Alexandra, P., Murakami, A. E., Matsushita, M., Visentainer, J. V., Martins, E. N., & Furlan, A. C. (2010). Perfil lipídico e maciez da carne de coxa e sobrecoxa de frangos de corte alimentados com rações contendo diferentes fontes lipídicas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39(8), 1774-1783. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010000800021>
- Alzawqari, M., Moghaddam, H. N., Kermanshahi, H., & Raji, A. R. (2011). The effect of desiccated ox bile supplementation on performance, fat digestibility, gut morphology and blood chemistry of broiler chickens fed tallow diets. *Journal of Applied Animal Research*, 39(2), 169-174. Doi: <https://doi.org/10.1080/09712119.2011.580999>
- Andreotti, M. D. O., Junqueira, O. M., Barbosa, M. J. B., Cancherini, L. C., Araújo, L. F., & Rodrigues, E. A. (2004). Tempo de trânsito intestinal, desempenho, característica de carcaça e composição corporal de frangos de corte alimentados com rações isoenergéticas formuladas com diferentes níveis de óleo de soja. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 33(4), 870-879. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982004000400007>
- Andrade, R. C., Lara, L. J. C., Pompeu, M. A., Cardeal, P. C., Miranda, D. J. A., & Baião, N. C. (2016). Avaliação da correção da energia pelo balanço de nitrogênio em alimentos para frangos de corte. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 68, 497-505. Doi: <https://doi.org/10.1590/1678-4162-7971>
- Araujo, R. G. A. C., do Valle Polycarpo, G., Laurentiz, A. C., Amaral, V. H. A., Giacomini, P. V. de Lima, G. A., Cruz-Polycarpo, V. C. (2018). Apparent metabolizable energy values of n-6 and n-3 rich lipid sources for laying hens. *Canadian Journal of Animal Science*, 99(1), 1-6. Doi: <https://doi.org/10.1139/cjas-2017-0195>
- Backes, A. M., Cavalheiro, C. P. Stefanello, F. S., Lüdtke, F. L. Terra, N. N., & Fries, L. L. M. (2017). Composição química, propriedades microbiológicas e perfil de ácidos graxos de Salame tipo Italiano com substituição da gordura animal por óleo de canola emulsionado. *Ciência Rural*, 47(8) 1-7. Doi: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20160688>
- Baião NC, Lara LJC. Oil and Fat in Broiler Nutrition. *Brazilian Journal of Poultry Science*. 2005; 7 (3); 120 – 141. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1516-635X2005000300001>

Baron, L. F. Pazinato, R., & Baron, C. P. (2020). Oxidação de lipídios e as implicações na nutrição e saúde de animais de produção. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, 37(1), 26597. Doi: <https://doi.org/10.35977/0104-1096.cct2020.v37.26597>

Barzegar, S., Wu, S. B., Noblet, J. & Swick, R. A. (2019). Metabolizable energy of corn, soybean meal and wheat for laying hens. *Poultry science*, 98(11), 5876-5882. Doi: <https://doi.org/10.3382/ps/pez333>

Bavaresco, C., Nunes, A. P. Forgiarini, J., Alves, D. A., Xavier, E. G., Lopes, D. C. N., & Roll, V. F. B. (2019). Morfometria intestinal e qualidade óssea de codornas japonesas alimentadas por um período prolongado com coprodutos do óleo de soja. *Archives of Veterinary Science*, 24(1). 72-82. Doi: <http://dx.doi.org/10.5380/avs.v24i1.62475>

Balić, A., Vlašić, D., Žužul, K., Marinović, B., & Bukvić Mokos, Z. (2020). Omega-3 Versus Omega-6 Polyunsaturated Fatty Acids in the Prevention and Treatment of Inflammatory Skin Diseases. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(3), 741. Doi: <https://doi.org/10.3390/ijms21030741>

Bittencourt, T. M. Lima, H. J. D. A., Valentim, J. K., Martins, A. C. D. S., Moraleco, D. D., & Vaccaro, B. C. (2019). Distillers dried grains with solubles from corn in diet of japanese quails. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 41. 1-7 Doi: <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v41i1.42749>

Brito, C. O., Junior, V. R., Del Vesco, A. P., de Castro Tavernari, F., Calderano, A. A., Silva, C. M., & de Azevedo, M. S. P. (2020). Metabolizable energy and nutrient digestibility of shrimp waste meal obtained from extractive fishing for broilers. *Animal Feed Science and Technology*, 263, 114467. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114467>

Bueno, J. P. R., Nascimento, M. R. B. D. M., Carvalho, C. M. C., Fernandes, E. D. A., Silva, M. C. A., Martins, J. M. D. S., & Litz, F. H. (2015). Millet and corn oil in sorghum-based diets for broilers. *Ciência Rural*, 45(12), 2233-2238. Doi: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20141200>

Calixto, R. C., Costa, L. V., Júnior, J. D. M., de Moura, M. I., & Duarte, F. O. S. (2020). Desempenho de frangos de corte alimentados com dietas contendo óleo de soja. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 3(2), 670-674. Doi: <https://doi.org/10.34188/bjaerv3n2-026>

Camargo, J. N. C., Santana, E. S., do Carmo, D. D. C. B., de França, E. E., & Laboissière, M. (2019). Efeitos do tipo de incubação e da forma física da ração pré-inicial sobre o desenvolvimento intestinal de pintos de corte. *Medicina Veterinária (UFRPE)*, 13(1), 79-87. Doi: <https://doi.org/10.26605/medvet-v13n1-2614>

Carvalho, Ana Carolina de, Oliveira; Almeida, Cibele Maria Stivanin de. Características físico-químicas de óleos vegetais comestíveis puros e adulterados. Campos dos Goytacazes, 2017. p.78. Monografia – Laboratório de Ciências Químicas, Centro de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro.

Cachaldora, P., Garcia-Rebollar, P., Alvarez, C., De Blas, J. C., & Méndez, A. J. (2008). Effect of type and level of basal fat and level of fish oil supplementation on yolk fat composition

and n-3 fatty acids deposition efficiency in laying hens. *Animal feed science and technology*, 141(1-2), 104-114. Doi: <https://doi.org/10.1080/00071660500475541>

Costa, F. G. P., Souza, C. J. D., Goulart, C. D. C., Lima Neto, R. D. C., Costa, J. S. D., & Pereira, W. E. (2008). Desempenho e qualidade dos ovos de poedeiras semipesadas alimentadas com dietas contendo óleos de soja e canola. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37(8), 1412-1418. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982008000800011>

da Fonseca, S. S., da Silva, V. C., Valentim, J. K., & Geraldo, A. (2018). Efeito da adição de diferentes emulsificantes na dieta sobre o rendimento de carcaça de frangos de corte. *Revista Acadêmica Ciência Animal*, 16, 1-13. Doi: <https://doi.org/10.7213/1981-4178.2018.16010>

Dalla Costa, F. A., de Castro Tavernari, F., Dalla Costa, O. A., de Castro, F. F., & Remus, A. (2016). Enriquecimento com ácidos graxos da série ômega 3 em carne de aves e ovos. *Pubvet*, 11, 103-206. Doi: <https://doi.org/10.22256/pubvet.v11n2.113-123>

de Oliveira, M. L. M., & Nunes-Pinheiro, D. C. S. (2013). Biomarcadores celulares e moleculares envolvidos na resposta imune-inflamatória modulada por ácidos graxos insaturados. *Acta Veterinaria Brasilica*, 7(2), 113-124. Doi: <https://doi.org/10.21708/avb.2013.7.2.2999>

de Paula, K. L. C., Pinheiro, S. R. F., Valentim, J. K., Castiblanco, D. M. C., Santos, A. S., Dallago, G. M., ... & Miranda, D. A. (2021). Sources of conjugated linoleic acid and lauric acid inoculated into the eggs of quails and its effects on immunity. *Semina: Ciências Agrárias*, 42(3Supl1), 1759-1772. Doi: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2021v42n3Supl1p1759>

Duarte, F. D., Lara, L. J. C., Baião, N. C., Cançado, S. V., & Teixeira, J. L. (2010). Efeito da inclusão de diferentes fontes lipídicas em dietas para frangos de corte sobre o desempenho, rendimento e composição da carcaça. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 62(2), 439-444. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0102-09352010000200025>

Fouladi, P., Doust, N. R. S., & Ahmadzade, A. (2008). Transfer of dietary fatty acid from butyric acid fortified canola oil into the meat of broiler. *Italian Journal of Animal Science*, 8(2), 754-756.

Gouveia, A. B. V. S., de Paulo, L. M., da Silva, J. M. S., da Silva, W. J., de Sousa, F. E., de Almeida Júnior, E. M., ... & Minafra, C. S. (2020). Alimentos alternativos utilizados para codornas de corte: revisão. *Research, Society and Development*, 9(2), doi: e172922250-e172922250.

Hammond, E. G., Johnson, L. A., Su, C., Wang, T., & White, P. J. (2005). Soybean oil. *Bailey's industrial oil and fat products*. 6.ed. EUA: Wiley interscience v.2. Cap. 13, p. 577-653, 2005.

Henriques, J. K., Rodrigues, R. B., & Lazzari, R. (2018). Caracterização e uso das farinhas de abatedouros de aves em dietas para peixes. *Acta Tecnológica*, 12(2), 103-115. Doi: <https://doi.org/10.35818/acta.v12i2.589>

Ismail I.B., Al-Busadah K.A. and El-Bahr S.M. (2013). Effect of dietary supplementation of canola oil on egg production, quality and biochemistry of egg yolk and plasma of laying hens. *Int. J. Biol. Chem.* **7**, 27-37. Doi: <https://doi.org/10.3923/ijbc.2013.27.37>

Junqueira, O. M., Andreotti, M. D. O., Araújo, L. F., Duarte, K. F., Cancherini, L. C., & Rodrigues, E. A. (2005). Valor energético de algumas fontes lipídicas determinado com frangos de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, **34**(6), 2335-2339. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982005000700020>

Keum, M. C., An, B. K., Shin, K. H., & Lee, K. W. (2018). Influence of dietary fat sources and conjugated fatty acid on egg quality, yolk cholesterol, and yolk fatty acid composition of laying hens. *Revista Brasileira de Zootecnia*, **47**, 1-7. Doi: <https://doi.org/10.1590/rbz4720170303>

Khatun, J., Loh, T. C., Akit, H., Foo, H. L., & Mohamad, R. (2017). Fatty acid composition, fat deposition, lipogenic gene expression and performance of broiler fed diet supplemented with different sources of oil. *Animal Science Journal*, **88**(9), 1406-1413. Doi: <https://doi.org/10.1111/asj.12775>

Kwon, H. N., & Choi, C. B. (2015). Comparison of lipid content and monounsaturated fatty acid composition of beef by country of origin and marbling score. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, **44**(12), 1806-1812. Doi: <https://doi.org/10.3746/jkfn.2015.44.12.1806>

Lara, L. J. C., Baião, N. C., Aguilar, C. A. L., Cançado, S. V., Fiuza, M. A., & Ribeiro, B. R. C. (2005). Efeito de fontes lipídicas sobre o desempenho de frangos de corte. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, **57**(6), 793-798. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0102-09352005000600014>

Lin L, Allemekinders H, Dansby A, Campbell L, Durance-Tod S, Berger A, et al. Evidence of health benefits of canola oil. (2013). *Nutrition Reviews*, **71**(6), 370-385. Doi: <https://doi.org/10.1111/nure.12033>

Macari, M.; Furlan, R.L.; Gonzales, E. (2002). Fisiologia Aviária Aplicada a Frango de Corte. 2 ed. Jaboticabal: Funep.

Manzke, N. E., Gomes, B. K., Lima, G. J. M. M., & Xavier, E. G. (2016). Nutrição de leitões neonatos: importância da suplementação. *Archivos de zootecnia*, **65**(252), 585-591. Doi: <https://doi.org/10.21071/az.v65i252.1931>

Martin, C. A., Almeida, V. V. D., Ruiz, M. R., Visentainer, J. E. L., Matshushita, M., Souza, N. E. D., & Visentainer, J. V. (2006). Ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 e ômega-6: importância e ocorrência em alimentos. *Revista de Nutrição*, **19**(6), 761-770. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1415-52732006000600011>

Martins, R. A., Assunção, A. S. A., Lima, H. J. D., Martins, A. C. S., & Souza, L. A. Z. (2017). Óleo de soja e sebo bovino na ração de poedeiras semipesadas criadas em regiões de clima quente. *Boletim Indústria Animal*, 51-57. Doi: <https://doi.org/10.17523/bia.v74n1p51>

Moraes, P. D. O., Gopinger, E., Bavaresco, C., Catalan, A. A. D. S., Dias, R. C., & Xavier, E. G. (2017). Desempenho produtivo, qualidade de ovos e características ósseas de codornas alimentadas com farelo e óleo de canola. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 39(1), 97-102. Doi: <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v39i1.31317>

Muramatsu, K., Stringhini, J. H., Café, M. B., de Moraes Jardim Filho, R., Andrade, L., & Godoi, F. (2005). Desempenho, qualidade e composição de ácidos graxos do ovo de poedeiras comerciais alimentadas com rações formuladas com milho ou milheto contendo diferentes níveis de óleo vegetal. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 27(1), 43-48. Doi: <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v27i1.1257>

Ngo Njembe, M. T., Dejonghe, L., Verstraelen, E., Mignolet, E., Leclercq, M., Dailly, H., ... & Larondelle, Y. (2021). The Egg Yolk Content in ω -3 and Conjugated Fatty Acids Can Be Sustainably Increased upon Long-Term Feeding of Laying Hens with a Diet Containing Flaxseeds and Pomegranate Seed Oil. *Foods*, 10(5), 1134. Doi: <https://doi.org/10.3390/foods10051134>

Omri, B., Chalghoumi, R., Izzo, L., Ritieni, A., Lucarini, M., Durazzo, A., ... & Santini, A. (2019). Effect of dietary incorporation of linseed alone or together with tomato-red pepper mix on laying hens' egg yolk fatty acids profile and health lipid indexes. *Nutrients*, 11(4), 813. Doi: <https://doi.org/10.3390/nu11040813>

Ospina-E, J. C., Cruz-S, A., Pérez-Álvarez, J. A., & Fernández-López, J. (2010). Development of combinations of chemically modified vegetable oils as pork backfat substitutes in sausages formulation. *Meat Science*, 84(3), 491-497. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.10.003>

Paulo, L. M., Gouveia, A. B. V. S., da Silva, J. M. S., da Silva, W. J., dos Santos, J. B., Sampaio, S. A., ... & dos Santos, F. R. (2019). Coprodutos de frutas e carboidratos na alimentação de aves: Revisão. *Pubvet*, 13, 176. Doi: <https://doi.org/10.31533/pubvet.v13n10a424.1-14>

Peña-Saldarriaga, L. M., Fernández-López, J., & Pérez-Alvarez, J. A. (2020). Quality of Chicken Fat by-Products: Lipid Profile and Colour Properties. *Foods*, 9(8), 1046. Doi: <https://doi.org/10.3390/foods9081046>

Raber, M. R., Ribeiro, A. M. L., de Mello Kessler, A., & Arnaiz, V. (2009). Suplementação de glicerol ou de lecitina em diferentes níveis de ácidos graxos livres em dietas para frangos de corte. *Ciência Animal Brasileira*, 10(3), 745-753.

Reda, F. M., El-Kholy, M. S., Abd El-Hack, M. E., Taha, A. E., Othman, S. I., Allam, A. A., & Alagawany, M. (2020). Does the use of different oil sources in quail diets impact their productive and reproductive performance, egg quality, and blood constituents?. *Poultry Science*, 99(7), 3511-3518. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.03.054>

Rocha, J. S. R., Lara, L. J. C., Baião, N. C., Cançado, S. V., Baião, L. E. C., & Silva, T. R. (2008). Efeito da classificação dos ovos sobre o rendimento de incubação e os pesos do pinto e do saco vitelino. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 60(4), 979-986. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0102-09352008000400029>

Rodrigues, E. A., Cancherini, L. C., Junqueira, O. M., de Laurentiz, A. C., da Silva Filardi, R., Duarte, K. F., & Casartelli, E. M. (2005). Desempenho, qualidade da casca e perfil lipídico de gemas de ovos de poedeiras comerciais alimentadas com níveis crescentes de óleo de soja no segundo ciclo de postura. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 27(2), 207-212. Doi: <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v27i2.1223>

Roll, A. A. P., Forgiarini, J., Bavaresco, C., Roll, V. F. B., Dionello, N. J. L., & Rutz, F. (2018). Desempenho e metabolizabilidade de dietas em codornas alimentadas com níveis crescentes de óleo ácido de soja. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 70(4), 1282-1292. Doi: <https://doi.org/10.1590/1678-4162-9185>

Rostagno, H. S., Albino, L. F. T., Donzele, J. L., Gomes, P. C., Oliveira, R. F., Lopes, D. C., ... & Euclides, P. F. (2011). Tabelas brasileiras para aves e suínos. Composição de alimentos e exigências nutricionais. 3rd ed. UFV, Viçosa, MG, Brazil.

Rovers, M., & Excentials, O. (2014). Saving energy and feed cost with nutritional emulsifier. *Internacional Poult Production*, 22, 7-8.

Santana, M. C. A., Rodrigues, J. H. F., Cavali, J., & de Aragão Bulcão, L. F. (2017). Lipídeos: classificação e principais funções fisiológicas. REDVET. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 18(8), 1-14.

Sanches, L. E. F., & Hayashi, C. (2019). Substituição do óleo de soja pelo óleo de vísceras de aves, em rações para alevinos de tilápia do Nilo. *PUBVET*, 13, 162. Doi: <https://doi.org/10.31533/pubvet.v13n12a466.1-10>

Santos, M. D. S. V., Espíndola, G. B., Lobo, R. N. B., Fuentes, M. D. F. F., de Carvalho, L. E., & Santos, A. B. E. (2009). Desempenho e qualidade dos ovos de poedeiras comerciais submetidas às dietas com diferentes óleos vegetais. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 10(3), 654-667

Saini, R. K., & Keum, Y. S. (2018). Omega-3 and omega-6 polyunsaturated fatty acids: Dietary sources, metabolism, and significance-A review. *Life sciences*, 203, 255-267. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2018.04.049>

Silva Martins, T., de Lemos, M. V., Mueller, L. F., Baldi, F., de Amorim, T. Y., Ferinho, A. M., ... & Pereira, A. S. C. (2018). Fat deposition, fatty acid composition, and its relationship with meat quality and human health. *Meat science and nutrition*, 17-37. Doi: <https://doi.org/10.5772/intechopen.77994>

Silva, S. N., de Castro, M. L. S., Gomes, B. C. K., Bavaresco, C., Dias, R. C., Roll, A. A. P., ... & Xavier, E. G. (2019). Arroz integral e complexo enzimático na dieta de codornas japonesas. *Revista Científica Rural*, 21(2), 372-387. Doi: <https://doi.org/10.30945/rcr-v21i2.359>

Souza, R. P. D. P., Laurentiz, A. C. D., Faria, G. A., Filardi, R. D. S., & Mello, É. D. S. (2019). Use of soybean gum as an emulsifier in diets for commercial laying hens. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 54, 1-8, Doi: <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2019.v54.00683>

United States Department of Agriculture (USDA). (2011). Production supply and distribution online. Retrieved on March, 2016, from <http://www.fas.usda.gov/psdonline/psdQuery.aspx>

Valentim, J. K., Garcia, R. G., Pietramale, R. T. R., Velarde, J. M. D. S., Barbosa, D. K., de Castilho, V. A. R., ... & Lima, H. J. D. A. (2020). Aditivos emulsificantes em dietas de aves de produção. *Research, Society and Development*, 9(3), e176932567-e176932567.

Valentim, J. K., Carneiro, S. A., Geraldo, A., Dallago, G. M., de Oliveira, J. É. F., & de Oliveira, M. J. K. (2018). Uso de emulsificante e óleo de macaúba em dietas para poedeiras comerciais e seus efeitos sobre desempenho e qualidade de ovos. *Revista Científica Rural*, 20(1), 275-286.

Watanabe, Y., & Tatsuno, I. (2021). Omega-3 polyunsaturated fatty acids focusing on eicosapentaenoic acid and docosahexaenoic acid in the prevention of cardiovascular diseases: a review of the state-of-the-art. *Expert Review of Clinical Pharmacology*. 14(1), 7-93. Doi: <https://doi.org/10.1080/17512433.2021.1863784>

Wang, S. H., Wang, W. W., Zhang, H. J., Wang, J., Chen, Y., Wu, S. G., & Qi, G. H. (2019). Conjugated linoleic acid regulates lipid metabolism through the expression of selected hepatic genes in laying hens. *Poultry Science*, 98(10), 4632-4639. Doi: <https://doi.org/10.3382/ps/pez161>

Zárate, R., el Jaber-Vazdekis, N., Tejera, N., Pérez, J. A., & Rodríguez, C. (2017). Significance of long chain polyunsaturated fatty acids in human health. *Clinical and Translational Medicine*, 6(1), 1-19. Doi: <https://doi.org/10.1186/s40169-017-0153-6>

Zugno, A. I., Chipindo, H. L., Volpato, A. M., Budni, J., Steckert, A. V., De Oliveira, M. B., ... & Wessler, P. G. (2014). Omega-3 prevents behavior response and brain oxidative damage in the ketamine model of schizophrenia. *Neuroscience*, 259, 223-231. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2013.11.049>

CAPÍTULO 2

FONTES LIPÍDICAS COMO MODULADORAS DO DESEMPENHO E DA SAÚDE DE CODORNAS JAPONESAS EM FASE DE RECRIA

**Artigo redigido, formatado (adaptado) e submetido a revista Canadian Journal of
Animal Science**

Percentil Scopus: 46%

Manuscript ID CJAS-2022-0137

Protocolo de ética CEUA N° 16/2020.

Fontes lipídicas como moduladoras do desempenho e saúde de codornas Japonesas em fase de recria

Resumo: A pesquisa foi realizada visando avaliar o desempenho zootécnico, a temperatura corporal, perfil bioquímico do sangue, qualidade da carne, histomorfologia intestinal de codornas japonesas (*Coturnix japonica*) alimentadas com fontes lipídicas na fase de recria. Foram utilizadas 400 codornas japonesas com idade de 21 dias, distribuídas em delineamento inteiramente casualizado com dez repetições de oito aves por unidade experimental, em cinco tratamentos: ração basal (RB) com 25 g/kg de óleo de soja, RB com 25 g/kg de óleo de milho, RB com 25 g/kg de óleo algodão, RB com 25 g/kg de óleo de girassol e RB com 25 g/kg de óleo de canola. O desempenho e a temperatura corporal foram avaliados na fase de 21 a 42 dias. Ao final do ciclo, uma ave de cada repetição, com peso médio da parcela, foi utilizada para coleta de sangue, e posteriormente abatida para obtenção de amostras de carne, segmentos intestinais e do fígado para as análises. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5%. Não houve influência dos tratamentos sobre os parâmetros de temperatura corporal, bioquímicos do sangue e qualidade da carne. No período de 21 a 42 dias, codornas que receberam ração com óleo de algodão, apresentaram maior ganho de peso que as alimentadas com óleo de milho. Codornas alimentadas com dietas contendo óleo de algodão apresentaram maior altura de vilo, e a inclusão de óleo de canola proporcionou maior largura de vilo. A inclusão de 2,5% de óleo de algodão na dieta de codornas japonesas tem resultados positivos para o desempenho no período de recria sem afetar a saúde animal. Dentre as cinco fontes de lipídios testadas, o grupo alimentado com dietas com óleo de algodão, canola e milho apresentaram melhores características em relação à saúde intestinal da ave, sem interferência no desempenho do animal.

Palavras-chave: fase de recria, histologia, óleos vegetais, saúde intestinal, vilosidades.

1. Introdução

Dentre os nutrientes necessários para o desenvolvimento das aves, destacam-se os lipídios que são fontes de ácidos graxos, que atuam em diversas funções metabólicas do organismo e na saúde da ave. A adequação dos nutrientes, como os ácidos graxos para aves, pode ocorrer tradicionalmente via dieta fornecida e formulada conforme as recomendações para cada fase do animal, adicionando fontes lipídicas ricas nestes compostos, advindo de óleos de origem vegetal e/ou gordura animal (Reda et al., 2020).

Os ácidos graxos têm importância nos sistemas de produção avícolas não apenas por melhorar a saúde e a produtividade animal, mas também pela pressão da sociedade por priorizar alimentos funcionais que induzem a saúde do organismo, como ovos e carnes enriquecidas (Alagawany et al., 2020).

Os avanços nas pesquisas têm possibilitado ao longo dos anos melhor conhecimento do sistema imunológico das aves de produção, permitindo maiores respostas no que tange à complexidade dos processos interativos entre os fatores nutricionais e as respostas imunes, porém, ainda carece de muitos esclarecimentos sobre o assunto (Dehghani et al., 2018). Manter

uma proporção adequada de ácidos graxos ω -3 e ω -6 não só melhora o desempenho e o crescimento do animal, mas também influi diretamente na sua saúde (De Paula et al., 2021).

Nesse sentido, existe um grande esforço para o enriquecimento de produtos de origem animal usando diferentes fontes de ácidos graxos como a linhaça, canola e óleos de peixes, haja vista que os ácidos graxos poliinsaturados (PUFAs n-3 e n-6) apresentam diversos efeitos benéficos para a saúde humana e animal (Santos et al., 2019). Assim, objetivou-se avaliar o desempenho, perfil bioquímico, histomorfologia intestinal, qualidade da carne e a temperatura corporal de codornas japonesas (*Coturnix japonica*) na fase de recria suplementadas com diferentes fontes lipídicas de origem vegetal na dieta.

2. Material e Métodos

O estudo foi submetido e aprovado pelo Comitê de ética em pesquisa da UFGD sob protocolo número 16/2020. O experimento foi desenvolvido no setor de coturnicultura da Faculdade de Ciências Agrárias, da Universidade Federal da Grande Dourados (FCA/UFGD), em Dourados, Mato Grosso do Sul. Apresentando latitude de 22°13'16" Sul e longitude de 54° 48' 20" oeste. O clima da região, conforme a classificação Köppen, pertence ao tipo Cwa (mesotérmico úmido), com verão chuvoso e inverno seco, com precipitação média anual de 1.500 mm e temperatura média anual de 22 °C. A altitude varia entre 449 m e 477 m.

As aves foram alojadas em galpão de alvenaria, com 6,0m de comprimento, 2,5m de largura e 3,5m de pé direito, piso de concreto e cobertura com telhas em fibrocimento, muretas de 0,60 m e beiral de 0,50 m de comprimento, cortinas externas de polietileno na cor amarela, com acionamento manual e dois climatizadores, para controle da temperatura do aviário.

Foram utilizadas 400 codornas japonesas com 21 dias e peso médio de $82,625 \pm 3,7$ g. Estas foram alojadas em gaiolas de arame galvanizado, com as dimensões de 25 x 50 cm, totalizando 1250 cm². A densidade animal por unidade experimental foi de 156,25 cm²/ave. As codornas foram distribuídas em delineamento inteiramente casualizado com 10 repetições de 8 aves por unidade experimental, com 5 tratamentos; ração basal (RB) com 25 g/kg de óleo de soja, RB com 25 g/kg de óleo de milho, RB com 25 g/kg de óleo algodão, RB com 25 g/kg de óleo de girassol e RB com 25 g/kg de óleo de canola. A alimentação foi com dietas isonutritivas, (NRC,1994), para codornas em fase de recria dos 21 aos 42 dias (Tabela 1).

O programa de iluminação foi de 24 horas de luz artificial (mesmas lâmpadas utilizadas como fonte de aquecimento) até o 21º dia de vida das aves, e posteriormente até os 42 dias foi utilizado fotoperíodo natural para que as aves não entrassem em maturidade sexual precocemente.

Tabela 1. Composição percentual e calculada das dietas experimentais para codornas na fase de recria (21 a 42 dias).

Ingredientes	Fontes lipídicas				
	Soja	Milho	Algodão	Girassol	Canola
Milho moído	49,229	49,246	49,070	49,070	49,235
Soja farelo	43,351	43,351	43,636	43,636	43,340
Amido de milho	0,000	0,000	0,900	0,000	0,000
Inerte	2,000	2,000	1,100	2,000	2,000
Fonte lipídica	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500
Calcário	1,226	1,214	1,226	1,226	1,226
Fosfato bicálcico	0,893	0,892	0,891	0,8905	0,893
Sal comum	0,320	0,320	0,320	0,320	0,320
DL-metionina	0,165	0,158	0,156	0,156	0,165
L-lisina	0,116	0,119	0,000	0,000	0,120
Premix Mineral	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Premix Vitamínico	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Composição nutricional calculada					
EM (kcal/kg)	2900,00	2900,00	2900,00	2900,00	2900,00
Proteína bruta (%)	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00
Lisina digestível (%)	1,340	1,340	1,340	1,340	1,340
Metionina+Cist.(%)	0,894	0,894	0,894	0,894	0,894
Metionina total (%)	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
Cálcio (%)	0,800	0,800	0,800	0,800	0,800
Fósforo disp (%)	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300
Fósforo total (%)	0,526	0,526	0,526	0,526	0,526
Sódio (%)	0,1500	0,150	0,150	0,150	0,150

¹Suplemento vitamínico/kg de dieta. Ácido Fólico (Min.) 145,4 mg. Ácido Pantotênico (Min.) 5.931,6 mg. Colina (Min.) 121,8 g; Niacina (Min.) 12,9 g. Selênio (Min.) 480,0 mg. Vitamina A (Min.) 5.000.000,0 UI. Vitamina B12 (Min.) 6.500,0 mg. Vita

4

mina B2 (Min.) 2.000,0 mg. Vitamina B6 (Min.) 250,0 mg. Vitamina D3 (Min.) 1.850.000,0 UI. Vitamina E (Min.) 4.500,0 UI. Vitamina K₃ (Min.) 918,0 mg. Suplemento mineral/kg. Cobre (Mín.) 7.000,0 mg; Ferro (Mín.) 50,0 g. Iodo (Mín.) 1.500,0 mg. Manganês (Mín.) 67,5 g. Zinco (Mín.) 45,6 g.

As rações experimentais foram fornecidas à vontade, três vezes ao dia, em comedouro de chapa metálica galvanizada, tipo calha, percorrendo toda a extensão das gaiolas. A água também foi fornecida à vontade em bebedouro tipo *nipple*.

Foram monitoradas as temperaturas e a umidade relativa do ar (UR) uma vez ao dia, às 8:00 h, por meio de termômetros de máxima e mínima e de bulbo seco e úmido, posicionados no centro do galpão, à altura do dorso das aves. Obtendo temperatura mínima de $17,21 \pm 0,31$ (°C) e máxima de $29,8 \pm 0,18$ (°C) e umidade relativa (UR) máxima de $82,0 \pm 2,7$ (%) e mínima

de $45,0 \pm 1,2$ (%). O acionamento dos climatizadores e controle das cortinas eram realizados mediante a análise da temperatura do dia.

2.1.Desempenho

O ganho de peso médio (g) por ave/dia foi determinado a partir das pesagens realizadas aos 21, 28, 35 e 42 dias, sempre na parte da manhã. O consumo médio de ração foi determinado dividindo-se a diferença entre a ração fornecida durante a fase e a sobra de ração pesada ao final da mesma, pelo número de aves da parcela. A conversão alimentar foi calculada dividindo-se o consumo médio de ração pelo ganho médio de peso das aves das parcelas estudadas. A mortalidade foi monitorada diariamente para a correção do consumo e de conversão alimentar, considerando-se a pesagem das aves e da ração no dia da mortalidade, conforme descrito por Sakomura e Rostagno (2015). A análise de viabilidade foi calculada pela fórmula: *Viabilidade = 100 – %de Mortalidade*.

2.2.Temperatura corporal

Nos três últimos dias de cada uma das semanas (28°, 35° e 42° dia de avaliação) foram coletados os dados relacionados à temperatura das aves. A avaliação da temperatura corporal das aves foi realizada às 13:00 horas, utilizando-se uma ave de cada parcela experimental.

Foram mensuradas temperaturas da cabeça, canela, peito, dorso e asa, utilizando-se um termômetro infravermelho (Termômetro Digital Infravermelho Mira Laser) com mira laser, a 15 cm de distância da pele do animal, e a temperatura cloacal (TC), utilizando-se um termômetro clínico digital com ponta rígida (iColor- THGTH150B - Branco - G-Tech), introduzido na cloaca das aves, com emissão de sinal sonoro quando à estabilização da temperatura.

Em seguida, os dados coletados foram utilizados para o cálculo da temperatura média da pele (TMP) e da temperatura média corporal (TMC) das aves, conforme a equação proposta por Richards (1971), considerando as temperaturas de superfície e a temperatura retal das aves: $TMP = (0,70 TD + 0,12 TA + 0,09 TCA + 0,09 TP)$, em °C em que: TD = temperatura do dorso (°C); TA = temperatura da asa (°C); TCA = temperatura da cabeça (°C); TP = temperatura da canela (°C). $TMC = 0,3 TMP + 0,7 TC$, em °C, em que: TC = temperatura cloacal (°C).

O Índice de Temperatura e Umidade (ITU) foi calculado a partir do modelo indicado por Thom (1959), conforme descrito na equação:

$$ITU = \left(0,8 \times TA + \left(\frac{UR}{100} \right) \times TA - 14,4 + 46,4 \right)$$

Sendo que: T = temperatura do ar °C; UR = umidade relativa do ar (%).

2.3. Abate das aves

Aos 42 dias do experimento, uma ave de cada repetição foi selecionada no intervalo de $\pm 10\%$ do peso médio da ave, pesadas e identificadas de acordo com seu tratamento, totalizando 50 aves selecionadas. As codornas selecionadas tinham seu peso vivo variando de, $146 \pm 3,11$ g, sacrificadas por deslocamento cervical seguida de secção das veias jugulares e artérias carótidas e sangradas por três minutos.

O escaldamento das carcaças foi feito por imersão em tanque de água com temperatura a $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 30 segundos, seguida da depenagem manual das carcaças. A evisceração e retirada dos pés e cabeça após a depenagem foi realizada manualmente. O resfriamento das carcaças foi feito via água e com duração de 12 minutos no pré *chiller* à temperatura de 10 a 18°C e *chiller* com duração de 18 minutos com temperatura de zero a 2°C . Foi realizada a coleta do peito, duodeno, jejuno, íleo, para realização das análises.

2.4. Perfil bioquímico do sangue

O sangue foi coletado por venopunção cardíaca de 1 ave de cada repetição experimental, totalizando 50 aves abatidas. Para a realização da punção cardíaca, utilizou-se seringas de 3 ml acopladas com agulhas $25 \times 0,8$ mm sem anticoagulantes. As aves foram colocadas em decúbito dorsal e, então, a agulha foi inserida ao longo do assoalho ventral da entrada torácica até o coração. As amostras foram imediatamente centrifugadas para a separação do soro, e então, congeladas a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ até o momento das análises bioquímicas, sendo avaliado o colesterol, triglicérides, AST, ALT e glicose.

Os testes bioquímicos foram processados em espectrometria (BioPlus 200) conforme o indicado pelo fabricante dos kits comerciais (Gold Analisa®). Para as análises do lipidograma (colesterol e triglicérides) foram utilizadas amostras de sangue sem anticoagulante, mantidas em frascos plástico tipo *ependorf* por 1h à temperatura ambiente e centrifugadas a 3500 rpm e $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 15 minutos para separação do soro.

As dosagens foram obtidas por meio da utilização de kits comerciais, sendo as amostras preparadas e analisadas conforme especificações do fabricante. Realizaram-se três leituras em espectrofotômetro (Beckman Coulter, DU-800) utilizando comprimento de onda de 500 nm .

2.5. Características da qualidade da carne

Para a avaliação dos atributos de qualidade da carne, os músculos do peito (*pectoralis major*) das aves abatidas foram retirados, mantidos em câmara fria, por 24 horas a 4 ± 1 °C e após esse período levadas ao laboratório para as análises. Os parâmetros avaliados foram: o pH 24 horas, luminosidade (L^*), teor de vermelho/verde (a^*) e o teor de amarelo/azul (b^*).

A determinação do pH 24h foi realizada baseada no trabalho de Brossi (2009) utilizando-se eletrodo de penetração de corpo de vidro em quatro pontos diferentes do músculo do peito, dois na parte superior e dois na parte inferior. O aparelho utilizado foi um potenciômetro (Oakton, pH 300, série 35618) com compensação automática de temperatura.

Para a análise da luminosidade (L^*), do teor de vermelho/verde (a^*) e do teor de amarelo/azul (b^*), foi utilizado o colorímetro portátil (Minolta Chroma Meter, Modelo CR-400), realizando-se a leitura dos parâmetros do sistema CIElab, com fonte iluminante D65, calibrado em porcelana branca padrão com $Y=93,7$, $x=0,3160$ e no músculo *Pectoralis major*.

Foi considerado valor final a média de três leituras obtidas em diferentes pontos do músculo livres de lesões, na região ventral, dois na parte cranial e dois na parte central, estando o músculo sobre uma superfície opaca, sendo essa metodologia baseada em Brossi (2009).

2.6. Avaliação microscópica das vilosidades intestinais

Foram coletados segmentos de 2,0 cm do jejuno e íleo das 50 aves abatidas seguindo os tratamentos experimentais, fixados em solução tamponada de formaldeído a 10% por 24 horas. Após fixação foram desidratados em soluções de etanol crescente (70, 80, 90 e 96%), diafanizados e incorporados em parafina com polímero plástico Histosec (Merck), procedendo-se cortes histológicos de 5 μ m de espessura, com 10 cortes transversais e semi-seriados os quais foram corados com hematoxilina-eosina (HE) e avaliados por microscopia óptica.

As imagens foram obtidas em aumento de 40 vezes, com o auxílio do microscópio óptico Leica DM 4000B acoplado a um microcomputador e analisadas com o auxílio do software ImageJ, no qual, foi verificado a altura de vilo, largura de vilo, profundidade cripta, diâmetro, cripta e espessura da camada muscular vilo: cripta (Figura 1).

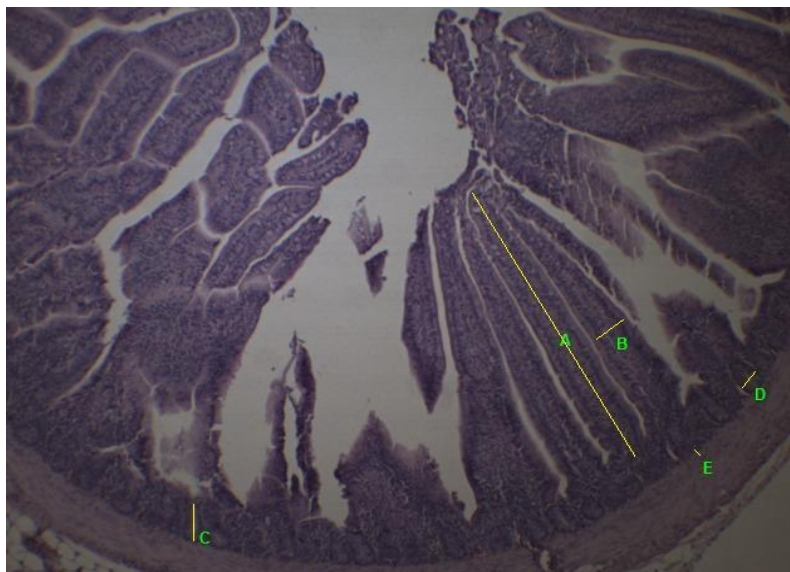


Figura 1. Análise microscópica histológica do segmento intestinal de codornas. Legenda: A: Altura de vilo, B: largura de vilo, C: região de cripta, D: diâmetro de cripta, E: espessura muscular da mucosa.

2.7. Análises estatísticas

Os dados foram verificados quanto à normalidade dos resíduos utilizando-se o teste de Shapiro-Wilk e homogeneidade das variâncias com uso do teste de Levene. Posteriormente, foram submetidos à análise de variância por meio do procedimento MIXED do SAS (SAS 9.3). Quando observado efeito significativo foram realizadas comparações de médias com uso do teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

3. Resultados e Discussões

Para a fase de 21 a 35 dias não houve diferença ($P < 0,05$) entre as fontes lipídicas para o desempenho das aves. No período total, de 21 a 42 dias, as codornas que receberam ração com óleo de algodão, apresentaram maior ganho de peso diário e ganho de peso total, do que as alimentadas com óleo de milho. Não houve efeito dos tratamentos sobre o consumo diário de ração das aves. Entretanto, a conversão alimentar foi melhor nas codornas que receberam ração com óleo de algodão, girassol e canola quando comparadas com as que receberam óleo de milho como fonte lipídica (Tabela 2).

O perfil de ácidos graxos da fonte lipídica é um fator decisivo sobre a sua digestibilidade no organismo animal, principalmente em animais jovens, que ainda não possuem o aparato enzimático necessário para completa digestão desse nutriente (Tanchaoenrat et al., 2013). A

inclusão de óleo de origem das sementes de algodão se mostrou superior quando comparada às demais fontes lipídicas

Tabela 2. Desempenho da fase de recria (21 a 35 e 21 a 42 dias) de codornas japonesas alimentadas com diferentes fontes lipídicas no período de recria

Variáveis	Fontes Lipídicas					EPM	P
	Soja	Milho	Algodão	Girassol	Canola		
21 a 35 dias							
GPD (g)	3,01	3,13	3,47	3,20	3,28	0,057	0,128
GPT (g)	42,21	43,90	48,59	44,88	45,84	0,801	0,128
CR (g)	18,16	18,59	18,30	17,68	17,82	0,144	0,349
CA (g/g)	5,85	5,83	5,29	5,59	5,51	0,094	0,314
21 a 42 dias							
GPD (g)	3,07AB	2,90B	3,26A	3,18AB	3,00AB	0,037	0,014
GPT (g)	64,48AB	61,04B	68,59A	66,83AB	63,18AB	0,790	0,014
CR (g)	19,65	20,00	19,44	19,54	18,96	0,155	0,326
CA (g/g)	6,46AB	6,91B	5,97A	6,15A	6,08A	0,092	0,003
Viabilidade (%)	99,01	98,38	99,63	100,00	99,58	0,317	0,544

Médias seguidas de letras diferentes na linha diferem - se pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. GPD: Ganho de peso diário; GPT: Ganho de peso total; CR: Consumo de ração; CA: Conversão alimentar.

Este óleo tem como característica ser fonte de ácidos graxos poliinsaturados, ricos principalmente em ácido linoleico (C18:2), dessa forma possuem melhores características de absorção, sendo principalmente relacionadas a sua insaturação (Fernandes et al., 2008).

Os dados obtidos no presente trabalho corroboram com outras pesquisas na área de postura (codornas e poedeiras), em que não foram encontradas diferenças no consumo de ração de aves alimentadas com diferentes fontes lipídicas (Midilli et al., 2009; Oliveira et al., 2010). A diferença encontrada no desempenho das aves perante a adição de fontes lipídicas está relacionada principalmente ao maior grau de insaturação dos ácidos graxos da fonte utilizada, pois quanto maior a insaturação melhor foi o potencial de formação de micelas no lúmen intestinal, resultando assim, em melhora no processo digestivo e consequentemente elevação nos valores energéticos (Reda et al., 2020).

O consumo do alimento é fator decisivo sobre o desempenho animal, e existem algumas teorias que se baseiam na regulação do consumo por meio dos nutrientes ingeridos, a chamada teoria quimiosmótica. Da mesma forma, a ingestão de lipídeos pelo animal está relacionada com a regulação energética do seu organismo. Quando as reservas energéticas estão elevadas

ocorre ativação do centro de saciedade, provocando redução de consumo, conhecida como teoria lipostática (Sakomura et al., 2014).

Conforme relatado por Rodrigues et al. (2005) além do benefício energético, apresentado pela inclusão de lipídios, há ainda o efeito extra-calórico desta inclusão, e que se refere à maior energia líquida apresentada. Dessa forma, quando a gordura é incluída na dieta, ocorre redução da síntese de ácidos graxos e a ave dispõe de mais energia para os propósitos produtivos (Rodrigues et al., 2005), demonstrando assim a possibilidade de melhoria do desempenho animal. Não houve efeito ($P > 0,05$) das diferentes fontes lipídicas sobre a temperatura corporal e superficial das aves (Tabela 3).

Tabela 3. Índices de temperatura corporal e superficial de codornas japonesas, alimentadas com diferentes fontes lipídicas.

Variáveis	Fontes Lipídicas					EPM	P - Valor
	Soja	Milho	Algodão	Girassol	Canola		
Cabeça	26,73	26,10	26,71	26,69	26,61	0,279	0,919
Canela	22,62	22,70	22,18	21,60	22,04	0,396	0,822
Dorso	27,09	27,15	27,21	27,15	27,31	0,222	0,996
Asa	27,90	27,15	27,93	27,81	28,09	0,335	0,830
Peito	27,94	27,80	28,65	27,65	28,20	0,335	0,751
Cloaca	39,19	39,14	39,23	39,40	39,73	0,216	0,780
TMP	28,02	28,01	28,21	28,25	28,22	0,220	0,980
TMC	35,84	35,81	35,93	36,26	35,89	0,219	0,884

TMP: Temperatura média da pele. TMC: Temperatura média corporal. EPM: Erro padrão da média.

Segundo Musharaf e Latshaw (1999), em comparação aos lipídios, a fibra e a proteína possuem maior incremento calórico, indicando uma alternativa ao maior incremento calórico. Blaxter (1989) afirma que o incremento calórico é o aumento na produção de calor associado ao consumo de alimentos. Este termo é advindo da diferença de calor produzido por um animal comparando antes e após alimentar-se, e isto é totalmente dependente da quantidade e do tipo de alimento consumido.

De acordo com Brown-Brandt et al. (2003), a temperatura cloacal representa a temperatura do núcleo corporal e pode ser utilizada para avaliar a condição de conforto ou estresse. O desconforto térmico pode acarretar sérios problemas na produção como menor taxa de crescimento, maior consumo de água, aceleração do ritmo cardíaco e alteração da conversão

alimentar. Por isso justifica-se avaliar os parâmetros fisiológicos relacionados à temperatura das aves.

As características de qualidade da carne foram usadas como fontes auxiliares na avaliação das condições de bem-estar das aves. Fatores como melhoria de consumo alimentar, formação de reserva de glicogênio e redução de pH da carne podem ser indicadores de ausência de bem-estar (crônico ou agudo) e se relacionam com formação de reserva de glicogênio (Santhi & Kalaikannan, 2017). Conforme a tabela 4, não houve efeito ($P > 0,05$) das fontes lipídicas sobre as características qualitativas da carne.

Tabela 4. Características da qualidade de carne de codornas japonesas, alimentadas com diferentes fontes lipídicas.

Variáveis	Fontes lipídicas					EPM	P-valor
	Soja	Milho	Algodão	Girassol	Canola		
L	47,87	47,52	48,14	47,80	46,72	0,393	0,833
A	8,92	8,94	8,50	8,72	9,19	0,247	0,934
B	3,01	2,69	3,13	2,03	2,71	0,217	0,281
pH 24h	5,63	5,68	5,66	5,75	5,74	0,015	0,065

EPM: Erro padrão da média.

Dessa forma, usar as fontes lipídicas para enriquecer dietas, proporcionam características de pH e colorimetria semelhantes, correlacionado ao não prejuízo no bem-estar na criação das aves. De acordo com diversos autores (Alagawany et al., 2019; Al-Khalaifah, 2020; De Paula et al., 2021) a inclusão de fontes lipídicas em dietas avícolas é importante devido à ação de ácidos graxos na defesa do organismo, devido à presença substâncias com ação antioxidante, como as vitaminas A e E, principalmente nos óleos de canola e girassol. Estas substâncias antioxidantes têm a função de neutralizar o estresse oxidativo gerado durante exercícios, ferimentos, doenças, presença de alérgenos, bloqueando a oxidação dos fosfolipídios e proteínas essenciais às membranas celulares (Abdel-Moneim et al., 2020).

Tais alterações podem influenciar nas características da carne que representam sua qualidade, como a luminosidade, cor e pH, as fontes lipídicas podem facilitar maior absorção de pigmentos carotenoides que são lipossolúveis e podem modificar a estrutura e padrão da cor. Mirshekar, Dastar & Shargh (2021) avaliando a suplementação de óleo de linhaça e o tratamento controle em diferentes períodos de vida de codornas japonesas machos verificaram a maior luminosidade nas amostras de peito em aves com dieta suplementada de 1 a 35 dias

quando comparadas às demais idades (8-35; 15-35; 21-35 e 28-35 dias) além disso, a alimentação com óleo de linhaça reduziu significativamente vermelho (a*) e amarelo da carne do peito (b*) em comparação com o controle.

O pH da carne influencia diretamente nos parâmetros de qualidade da carne, incluindo vida de prateleira, retenção de água e cor (Gratta et al., 2019). No presente estudo, o pH da carne fresca do peito variou entre 5,63 e 5,74, que foi uma faixa considerada normal para o pH do peito e refere-se a boas condições de bem-estar para as aves no momento do abate, conforme mencionado anteriormente também por Genchev e Mihaylov (2008) e Mirshekar, Dastar & Shargh (2021). Isso mostra que a adição de fontes lipídicas de origem vegetal na alimentação de codornas por períodos mais longos não tem um efeito deletério na qualidade do peito.

Observa-se que não houve efeitos significativos ($P>0,05$) para o perfil bioquímico sanguíneo de codornas japonesas alimentadas com fontes de óleos vegetais na dieta na fase de recria (Tabela 5).

Tabela 5. Perfil bioquímico do sangue de codornas japonesas em fase de recria alimentadas com diferentes fontes lipídicas na dieta.

Variáveis	Fontes Lipídicas					EPM	P-valor
	Soja	Milho	Algodão	Girassol	Canola		
AST (UI/L)	280,51	366,36	262,070	336,10	328,13	34,04	0,200
ALT (UI/L)	2,21	2,35	2,14	2,47	2,30	0,30	0,125
Triglicerídeos (mmol/L)	334,40	368,50	369,70	405,20	421,40	55,42	0,821
Colesterol (mmol/L)	117,30	105,70	114,10	115,80	119,90	11,80	0,932
Glicose (mg/dL)	284,20	282,40	285,30	324,60	287,40	25,32	0,736

*UI/L: Unidades Internacionais. Mmol/L: Molaridade e concentração em massa. Mg/dL. Miligramas por decilitro. EPM: Erro padrão da média.

Os parâmetros bioquímicos do sangue das aves estão ligados a seu aspecto de saúde, dentre estes parâmetros as enzimas alaninas aminotransferase (ALT) e aspartato aminotransferase (AST) são as mais utilizadas para determinar lesões nos tecidos do organismo, principalmente as hepáticas e cardíacas (Schmidt et al., 2007). Pois estas são liberadas na corrente sanguínea após alguma modificação ou dano celular, desta forma, quando implantada a lesão, a AST é identificada prontamente no soro sanguíneo e logo após a ALT pode ser visualizada (Nelson & Cox, 2014).

Como na presente pesquisa, as concentrações estavam nos parâmetros de normalidade padrão indicados, sugere-se que as fontes lipídicas não causaram lesões hepáticas aos animais.

Os níveis de colesterol, glicose e triglicerídeos, sintetizados no fígado, não tiveram diferenças ($P>0,05$) entre os tratamentos, não havendo a perda de função do fígado gerado pela adição de fontes energéticas na dieta, as quais poderiam proporcionar uma sobrecarga ao órgão devido ao aumento de gordura na dieta. Os triglicerídeos e colesterol total são gerados pelo índice elevado de energia da dieta, neste caso, não gerando alterações que prejudiquem as aves.

De forma geral existem parâmetros literários que indicam a saúde das aves, para concluir que as dietas estavam adequadas sem interferir na saúde animal. A ingestão de gordura influencia as concentrações sanguíneas de triglicerídeos, lipoproteínas e ácidos graxos, além de alterar a composição de gordura e de carne. Dessa forma, avaliar essa composição no perfil sanguíneo das aves é primordial.

Em codornas, a literatura ainda é escassa, quando avaliado tais parâmetros, porém em frangos de corte existem alguns trabalhos com tais avaliações. Crespo & Esteve-Garcia (2003) comparando os óleos de girassol e de oliva em dietas para frangos de corte, descobriram que o nível de colesterol total era menor no grupo alimentado com óleo de girassol, o que não foi verificado na presente pesquisa.

Ozdogan & Aksit (2003), comparando fontes de lipídios de origem de milho, de girassol, de soja e de gordura em dietas para frangos, verificaram que os valores dos colesterolis HDL, LDL no soro sanguíneo diferiram, enquanto os valores de triglicerídeos não, este fator é importante ser avaliado devido à possibilidade de os lipídios ser transportados via corrente sanguínea e depositados em tecidos musculares, adiposo e gema de ovos. El-Yamany et al. (2008) compararam dietas contendo óleo de milho, de linhaça, de girassol e de azeite de oliva na dieta de frangos de corte e relataram que não houve diferenças nas concentrações de triglicérides e HDL, corroborando com esta pesquisa.

Conforme relatado por Mahgoub et al. (2019) os triglicerídeos são secretados do fígado para o sangue por lipoproteínas ricas em triglicerídeos, dessa forma, quando a lipogênese hepática prejudicada, ocorre uma redução nas concentrações dos triglicerídeos do plasma sanguíneo. Schumann et al. (2000), que relataram que a inclusão de óleo de semente de linhaça, óleo de linhaça ou ácido graxo n-3 reduziu o teor de lipídios do fígado de galinhas poedeiras.

Houve efeito ($P<0,05$) das fontes lipídicas para todas as variáveis relacionadas a histologia do íleo e jejuno (Tabela 6). Codornas alimentadas com dietas contendo óleo de algodão, milho e canola apresentaram maior altura de vilo, e a inclusão de óleo de canola proporcionou melhor largura de vilo. Com relação ao segmento jejunal houve efeito ($P<0,05$) para a variável profundidade Cripta em que as aves alimentadas com óleo de canola tiveram maior profundidade de cripta do jejuno, quando comparadas às aves alimentadas com óleo de

girassol e soja na dieta. As demais variáveis referente ao segmento jejunal não obtiveram efeitos significativos ($P>0,05$) perante as dietas experimentais.

Tabela 6. Medidas histológicas do segmento íleo e jejuno de codornas alimentadas com diferentes fontes lipídicas na dieta.

Variáveis	Fontes lipídicas					EPM	P-valor
	Soja	Milho	Algodão	Girassol	Canola		
Íleo							
Altura de Vilo (µm)	415,54B	582,22A	618,08A	473,46B	610,00A	2,711	<0,0001
Largura de Vilo (µm)	83,79B	89,92B	89,40B	90,28B	101,82A	1,021	<0,0001
Profundidade Cripta (µm)	86,83B	110,01A	105,90A	88,379B	104,43A	0,844	<0,0001
Diâmetro cripta (µm)	50,65 AB	52,97A	52,67A	48,31B	48,66B	0,337	<0,0001
Espessura camada muscular (µm)	22,51D	29,05AB	26,45C	26,95BC	29,41A	0,277	<0,0001
Vilo:Cripta (µm)	4,88B	5,40AB	6,01A	5,35AB	5,72AB	0,096	0,0074
Jejuno							
Largura de Vilo (µm)	158,29	154,71	158,28	161,38	163,95	3,924	0,9711
Profundidade Cripta (µm)	162,68B	164,64AB	183,27AB	153,23B	204,03A	3,349	0,0090
Diâmetro cripta (µm)	61,14	60,95	64,15	62,07	64,19	0,977	0,7451

Médias seguidas por letras diferentes na linha, diferem-se pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. EPM: Erro padrão da média.

A avaliação das medidas histológicas do trato digestivo de um animal é uma importante forma de verificar a saúde intestinal, e seu processo digestivo e absorptivo. A inclusão de óleo de canola na dieta de codornas japonesas em fase de recria, proporcionou melhores resultados em relação à histologia intestinal, por apresentar maior desenvolvimento. Cabe salientar que a melhora na absorção de nutrientes impacta positivamente na produção desses animais e no melhor aproveitamento da energia da dieta.

A maior profundidade de cripta foi observada nas aves alimentadas com dietas contendo óleo de milho, algodão e canola, em contrapartida, o tratamento que apresentou criptas mais rasas foi o com inclusão de óleo de soja na dieta. A profundidade de cripta está diretamente

relacionada à regeneração dos vilos, portanto sendo um parâmetro usual de saúde intestinal. O diâmetro da cripta foi maior nos segmentos oriundos do tratamento contendo óleo de milho, algodão e soja.

A maior espessura muscular foi encontrada nas aves cujas dietas continham óleo de canola e de milho. Por fim, a relação vilo- cripta apresentou melhor resultado nas dietas com óleo de algodão e canola. Avaliando o conjunto dos resultados obtidos, o óleo de canola promoveu o melhor desenvolvimento do íleo e jejuno, apresentando maior altura e largura de vilo, ou seja, maior superfície de absorção de nutrientes, o óleo de canola também promoveu boa profundidade de cripta e uma das melhores relações vilo:cripta, isso indica melhora na saúde intestinal dos animais, proporcionando melhor uniformidade e integridade da mucosa, além de proporcionar maior absorção de nutrientes, devido ao aumento da superfície de absorção das células.

Os lipídios são extremamente importantes na dieta de aves, dentre os benefícios, pode-se citar a melhora da digestibilidade dos nutrientes pela redução da taxa de passagem do alimento (Reda et al., 2020). Acarretando num maior tempo de exposição do alimento com as enzimas digestivas e em contato com o epitélio intestinal, o que foi verificado nesta pesquisa, com a diferenciação histológica.

Contudo, conforme relatado por Bavaresco et al., (2019) a qualidade dessa fonte energética influencia diretamente o aproveitamento dos nutrientes, afetando o desenvolvimento e manutenção do tecido intestinal, sendo esse local responsável pela digestão final dos alimentos e absorção, o que também foi observado na presente pesquisa.

Essa diferenciação se deve principalmente pelo conteúdo de ácidos graxos presentes nas fontes lipídicas. Os maiores benefícios encontrados na histologia do sistema digestivo, foi oriundo da inclusão de óleo de canola, este óleo possui elevada quantidade de ômega-3 (reduz triglicérides e controla arteriosclerose), vitamina E (antioxidante que reduz radicais livres), gorduras monoinsaturadas (reduzem LDL) e o menor teor de gordura saturada (controle do colesterol) de todos os óleos de fontes vegetais (Tomm, 2009).

Por isso, recomenda-se uma avaliação nutricional dos ingredientes para as aves, visando conhecer o seu perfil de ácidos graxos, pois se observa que a digestibilidade do lipídio influencia diretamente na absorção pelo organismo animal.

4. Conclusões

A inclusão de 25 g/kg de ração de óleo de algodão na dieta de codornas japonesas tem resultados positivos para o desempenho no período de recria sem afetar a dinâmica dos lipídios

circulantes. Dentre as cinco fontes de lipídios testadas, as aves alimentadas com dietas com óleo de algodão, de canola e de milho têm melhores características em relação à saúde intestinal da ave, sem afetar desempenho animal.

5. Referências Bibliográficas

Abdel-Moneim, A. M. E., Shehata, A. M., Alzahrani, S. O., Shafi, M. E., Mesalam, N. M., Taha, A. E., ... & Abd El-Hack, M. E. (2020). The role of polyphenols in poultry nutrition. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 104(6), 1851-1866. Doi: <https://doi.org/10.1111/jpn.13455>

Alagawany, M., Elnesr, S. S., Farag, M. R., El-Hack, A., Mohamed, E., Khafaga, A. F., ... & Dhama, K. (2019). Omega-3 and omega-6 fatty acids in poultry nutrition: effect on production performance and health. *Animals*, 9(8), 573. Doi: <https://doi.org/10.3390/ani9080573>

Alagawany, M., Nasr, M., Al-Abdullatif, A., Alhotan, R. A., Azzam, M. M., & Reda, F. M. (2020). Impact of dietary cold-pressed chia oil on growth, blood chemistry, haematology, immunity and antioxidant status of growing Japanese quail. *Italian Journal of Animal Science*, 19(1), 896-904. Doi: <https://doi.org/10.1080/1828051X.2020.1807420>

Al-Khalaifah, H. (2020). Modulatory effect of dietary polyunsaturated fatty acids on immunity, represented by phagocytic activity. *Frontiers in Veterinary Science*, 7, 672. Doi: <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.569939>

Bavaresco, C., Nunes, A. P., Forgiarini, J., Alves, D. A., Xavier, E. G., Lopes, D. C. N., & Roll, V. F. B. (2019). Morfometria intestinal e qualidade óssea de codornas japonesas alimentadas por um período prolongado com coprodutos do óleo de soja. *Archives of Veterinary Science*, 24(1). Doi: <https://doi.org/10.5380/avs.v24i1.62475>

Bittencourt, T. M., Lima, H. J. D. A., Valentim, J. K., Martins, A. C. D. S., Moraleco, D. D., & Vaccaro, B. C. (2019). Distillers dried grains with solubles from corn in diet of japanese quails. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 41. Doi: <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v41i1.42749>

Blaxter K. Energy metabolism in animals and man. Cambridge: Cambridge University Press; 1989. 352 p.

Brossi, C., Contreras-Castillo, C. J., Amazonas, E. D. A., & Menten, J. F. M. (2009). Heat stress during the pre-slaughter on broiler chicken. *Ciência Rural*, 39(4), 1284-1293.

Brown–Brandt TM, Yanagi Jr T, Xin H, Gates RS, Bucklin RA. A new telemetry system for measuring core body temperature in livestock and poultry. *Applied Engineering in Agriculture* 2003;19(5):583-9. Doi: <https://doi.org/10.13031/2013.15316>

Cerrate, S., Ekmay, R., England, J. A., & Coon, C. (2019). Predicting nutrient digestibility and energy value for broilers. *Poultry science*, 98(9), 3994-4007. Doi: <https://doi.org/10.3382/ps/pez142>

Dalla Costa, F. A., de Castro Tavernari, F., Dalla Costa, O. A., de Castro, F. F., & Remus, A. (2016). Enriquecimento com ácidos graxos da série ômega 3 em carne de aves e ovos. *Pubvet*, 11, 103-206. Doi: <https://doi.org/10.22256/PUBVET.V11N2.113-123>

Dehghani, N., Afsharmanesh, M., Salarmoini, M., Ebrahimnejad, H., & Bitaraf, A. (2018). Effect of pennyroyal, savory and thyme essential oils on Japanese quail physiology. *Heliyon*, 4(10), e00881. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2018.e00881>

El-Yamany, A. T., El-Allawy, H. M., El-Samee, L. D., & El-Ghamry, A. A. (2008). Evaluation of using different levels and sources of oil in growing Japanese quail diets. *Cancer*, 10, 12.

Fernandes, M. F., Queiroga, R. D. C. R. D. E., Medeiros, A. N. D., Costa, R. G., Bomfim, M. A. D., & Braga, A. A. (2008). Características físico-químicas e perfil lipídico do leite de cabras mestiças Moxotó alimentadas com dietas suplementadas com óleo de semente de algodão ou de girassol. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37, 703-710. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982008000400017>

Genchev, A., & Mihaylov, R. (2008). Slaughter analysis protocol in experiments using Japanese quails (*Coturnix Japonica*). *Trakia Journal of Sciences*, 6(4), 66-71.

Gratta, F., Fasolato, L., Birolo, M., Zomeño, C., Novelli, E., Petracci, M., ... & Trocino, A. (2019). Effect of breast myopathies on quality and microbial shelf life of broiler meat. *Poultry science*, 98(6), 2641-2651. <https://doi.org/10.3382/ps/pez001>

Mahgoub, S. A., Abd El-Hack, M. E., Saadeldin, I. M., Hussein, M. A., Swelum, A. A., & Alagawany, M. (2019). Impact of *Rosmarinus officinalis* cold-pressed oil on health, growth performance, intestinal bacterial populations, and immunocompetence of Japanese quail. *Poultry science*, 98(5), 2139-2149. Doi: <https://doi.org/10.3382/ps/pey568>

Midilli, M., Bayram, I., Erol, H., Cetingul, I. S., Cakir, S., Calikoglu, E., & Kiralan, M. (2009). The effects of dietary poppy seed oil and sunflower oil on performance, reproduction and egg quality parameters and fatty acid profile of egg yolk in the Japanese quail. *J. Anim. Vet. Adv*, 8, 379-384.

Mirshekar, R., Dastar, B., & Shargh, M. S. (2021). Supplementing flaxseed oil for long periods improved carcass quality and breast fatty acid profile in Japanese quail. *Animal*, 15(2), 100104. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2020.100104>

Moraes, P. D. O., Gopinger, E., Bavaresco, C., Catalan, A. A. D. S., Dias, R. C., & Xavier, E. G. (2017). Desempenho produtivo, qualidade de ovos e características ósseas de codornas alimentadas com farelo e óleo de canola. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 39(1), 97-102. Doi: <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v39i1.31317>

Moura, G. D. S., Barreto, S. L. D. T., Donzele, J. L., Hosoda, L. R., Pena, G. D. M., & Angelini, M. S. (2008). Dietas de diferentes densidades energéticas mantendo constante a relação energia metabolizável: nutrientes para codornas japonesas em postura. *Revista*

Brasileira de Zootecnia, 37, 1628-1633. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982008000900015>

Musharaf, N.A, Latshaw, J.D. (1999). Heat increment as affected by protein and amino acid nutrition. *Worlds Poult Sci J.* 1999;55(3):233-40. Doi: <https://doi.org/10.1079/WPS19990017>

National Research Council – NRC. Nutrient requirements of poultry. Washington, D.C.: 1994. p.44- 45.

Nelson, L. D.; Cox, M. M. Princípios de bioquímica de Lehninger, 6. ed. São Paulo: Sarvier, p. 1336, 2014.

Oliveira, D. D., Baião, N. C., Cançado, S. V., Figueiredo, T. C., Lara, L. J. C., & Lana, A. M. Q. (2010). Fontes de lipídios na dieta de poedeiras: desempenho produtivo e qualidade dos ovos. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 62, 718-724. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0102-09352010000300029>

Reda, F. M., El-Kholy, M. S., Abd El-Hack, M. E., Taha, A. E., Othman, S. I., Allam, A. A., & Alagawany, M. (2020). Does the use of different oil sources in quail diets impact their productive and reproductive performance, egg quality, and blood constituents?. *Poultry Science*, 99(7), 3511-3518. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.03.054>

Richards, S. A. (1971). The significance of changes in the temperature of the skin and body core of the chicken in the regulation of heat loss. *The Journal of physiology*, 216(1), 1-10. Doi: <https://doi.org/10.1113/jphysiol.1971.sp009505>.

Sakomura, N. K.; Rostagno, H. S. Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos. 2º edição. Jaboticabal: Funep, 2015. 262 p.

Santhi, D., & Kalaikannan, A. (2017). Japanese quail (*Coturnix japonica*) meat: characteristics and value addition. *World's Poultry Science Journal*, 73(2), 337-344. Doi: <https://doi.org/10.1017/S004393391700006X>

Santos, V. L., Rodrigues, T. A., Ancuti, M. A., & Rutz, F. (2019). Ácidos graxos poli-insaturados na dieta de poedeiras: impactos sobre a qualidade dos ovos e saúde humana. *Medicina Veterinária (UFRPE)*, 13(3), 406-415. Doi: <https://doi.org/10.26605/medvet-v13n3-3303>

Schumann, B. E., Squires, E. J., & Leeson, S. (2000). Effect of dietary flaxseed, flax oil and n-3 fatty acid supplement on hepatic and plasma characteristics relevant to fatty liver haemorrhagic syndrome in laying hens. *British Poultry Science*, 41(4), 465-472. Doi: <https://doi.org/10.1080/713654970>

Schmidt, E. M. S., Locatelli-Dittrich, R., Santin, E., & 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. Doi: <http://dx.doi.org/10.5380/avs.v12i3.10906>

Silva, W. V., Ziemniczak, H. M., Bacha, F. B., Fernandes, R. B. S., Fujimoto, R. Y., Sousa, R. M., ... & Honorato, C. A. (2021). Respiratory profile and gill histopathology of

Carassius auratus exposed to different salinity concentrations. *Semina: Ciências Agrárias*, 42(5), 2993-3006. Doi: <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2021v42n5p2993>

Tancharoenrat P., Ravidran, V., Zeafarian, F., Ravidran, G. (2013). Influence of age on the apparent metabolisable energy and total tract apparent fat digestibility of different fat sources for broiler chickens. *Animal feed science and Technology*, 186: 186-192. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2013.10.013>

Thom, E. C. (1959). The discomfort index. *Weatherwise*, 12(2), 57-61.

Tomm, G. O., Wiethölter, S., Dalmago, G. A., & dos Santos, H. P. (2009). Tecnologia para produção de canola no Rio Grande do Sul. *Embrapa Trigo-Documentos (INFOTECA-E)*.

CAPÍTULO 3

FONTES LIPÍDICAS VEGETAIS INFLUENCIAM O CRESCIMENTO DE CODORNAS JAPONESAS EM FASE DE RECRIA

**Artigo redigido, formatado (adaptado) e submetido a revista Annals of the
Brazilian Academy of Sciences**

Percentil Scopus: 73%

ID manuscript: AABC-2022-1098

Protocolo de ética CEUA 16/2020

Fontes lipídicas vegetais influenciam o crescimento de codornas japonesas em fase de recria

O estudo alométrico mostrou-se uma ferramenta eficaz na avaliação do desenvolvimento dos órgãos frente aos demais componentes corporais, correspondentes ao aumento da idade e do peso corporal.

Os óleos de soja, algodão e girassol demonstraram efeitos positivos na manutenção da taxa de desenvolvimento do trato reprodutivo similar ao desenvolvimento corporal.

Os óleos de milho e canola promovem desenvolvimento tardio de órgãos reprodutivos, fator indesejado na produção de ovos.

Essas medidas podem servir como marcadores confiáveis da taxa de crescimento e maturação sexual em codornas japonesas fêmeas.

Resumo: A pesquisa foi conduzida com objetivo de avaliar o desempenho, os pesos relativos e absolutos de carcaça e órgãos, a biometria intestinal e reprodutiva e os coeficientes alométricos que descrevem o crescimento das partes e dos órgãos de codornas japonesas (*Coturnix japonica*) alimentadas com diferentes fontes lipídicas na fase de recria. Foram utilizadas 400 codornas japonesas com idade de 21 dias, distribuídas em delineamento inteiramente casualizado com dez repetições, de oito aves, em cinco tratamentos: ração basal (RB) com 25 g/kg de óleo de soja, RB com 25 g/kg de óleo de milho, RB com 25 g/kg de óleo de algodão, RB com 25 g/kg de óleo de girassol e RB com 25 g/kg de óleo de canola. As diferentes fontes lipídicas não afetaram o desempenho das aves e não houve efeito dos tratamentos sobre o peso absoluto e relativo de carcaça e cortes, biometria intestinal e reprodutiva. Considerando-se apenas o desempenho produtivo e biometria de órgãos de codornas japonesas durante a fase de recria, não é possível evidenciar dentre os óleos de soja, milho, girassol, algodão e canola, qual a fonte lipídica vegetal mais adequada a ser incluída em suas dietas, dada a similaridade observada entre suas respostas produtivas. Porém, quando avaliado o desenvolvimento de órgãos e partes em relação ao desenvolvimento corporal total, os óleos de milho e canola promovem desenvolvimento tardio de órgãos reprodutivos, fator indesejado na produção de ovos, o que torna estas fontes menos indicadas para a fase de recria de codornas japonesas.

Palavras-chave: Desenvolvimento corporal, maturidade sexual, óleos vegetais.

1. Introdução

Aves de postura possuem maior exigência alimentar e nutritiva, para a formação do ovo e do crescimento corporal, entre elas minerais, vitaminas, aminoácidos e ácidos graxos. Conforme relatado por Arora (2011) a codorna japonesa está sendo amplamente utilizada como modelo em biologia do desenvolvimento devido a suas características produtivas. O desenvolvimento corporal das codornas pode ser entendido na sua totalidade como a soma de órgãos e partes, influenciado por fatores como a genética, sexo e nutrição, apresentando um comportamento diferenciado entre os componentes corporais (Vatsalya & Arora, 2012).

A velocidade de crescimento de cada região corporal avança até alcançar o máximo e começa a decrescer à medida que o animal se aproxima da maturidade sexual (Hammond, 1966). Em aves de produção, como existem fases do crescimento em que os órgãos reprodutivos se desenvolvem mais intensamente, é interessante avaliar sua relação com a maturidade sexual e consequentemente com a produção de ovos, podendo assim avaliar a longevidade produtiva (Bain et al., 2016).

O estudo da alometria tem-se mostrado um modo eficaz de avaliação do desenvolvimento dos órgãos frente ao corpo, sendo que este estudo não considera o tempo necessário para a ave alcançar um determinado peso, e sim estima a relação entre o peso do animal e o peso de outras partes do organismo (Huxley, 1932). E dentre os aspectos que interferem no estudo alométrico a nutrição exerce grandes mudanças, por influir na deposição lipídica dos folículos ovarianos dos animais.

Os lipídios utilizados na dieta das aves possuem características químicas distintas, que exercem influência na sua digestibilidade pelo organismo, devido ao comprimento da cadeia carbônica, número de duplas ligações, configuração das duplas ligações (cis ou trans), posição do ácido graxo na molécula de glicerol e a relação de ácidos graxos insaturados e saturados (Nelson & Cox et al., 2014; Bavaresco et al., 2019).

Portanto, devido às grandes variações das fontes lipídicas, principalmente em seu conteúdo de ácidos graxos, é necessário conhecer a ação individual das diversas fontes lipídicas de origem vegetal na alimentação de codornas em seus aspectos de crescimento e produção, visto a escassez de conteúdo na literatura atual.

Dessa forma, a pesquisa foi conduzida com objetivo de avaliar o desempenho, os pesos relativos e absolutos de carcaça e órgãos, a biometria intestinal e reprodutiva e os coeficientes alométricos que descrevem o crescimento das partes e dos órgãos de codornas japonesas (*Coturnix japonica*) alimentadas com fontes lipídicas na fase de recria.

2. Material e Métodos

O estudo foi submetido e aprovado pelo Comitê de ética em pesquisa da UFGD sob protocolo número 16/2020. O experimento foi desenvolvido no setor de coturnicultura da Faculdade de Ciências Agrárias, da Universidade Federal da Grande Dourados (FCA/UFGD), em Dourados, Mato Grosso do Sul. Apresentando latitude de 22° 13' 16" sul e longitude de 54° 48' 20" oeste. O clima da região, conforme a classificação Köppen, pertence ao tipo Cwa (mesotérmico úmido), com verão chuvoso e inverno seco, com precipitação média anual de 1.500 mm e temperatura média anual de 22 °C. A altitude varia entre 449 m e 477 m.

As aves foram alojadas em galpão de alvenaria, com 6,0m de comprimento, 2,5m de largura e 3,5m de pé direito, piso de concreto e cobertura com telhas em fibrocimento, muretas de 0,60 m e beiral de 0,50 m de comprimento, cortinas externas de polietileno na cor amarela, com acionamento manual e dois climatizadores, para controle da temperatura.

O período experimental total da pesquisa foi de 21 dias, utilizando a fase de recria (21 a 42 dias) das aves. Foram utilizadas 400 codornas japonesas com idade de 21 dias e peso médio de $82,62 \pm 3,71$ (g) criadas em gaiolas experimentais, distribuídas em delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e dez repetições de oito aves/repetição. Os tratamentos consistiram: ração basal (RB) com 25 g/kg de óleo de soja, RB com 25 g/kg de óleo de milho, RB com 25 g/kg de óleo algodão, RB com 25 g/kg de óleo de girassol e RB com 25 g/kg de óleo de canola. As rações utilizadas foram isonutritivas seguindo a recomendação do NRC (1994), conforme a tabela 1.

Tabela 1. Composição percentual e calculada das dietas experimentais para codornas na fase de recria (21 a 42 dias).

Ingredientes	Fontes lipídicas				
	Soja	Milho	Algodão	Girassol	Canola
Milho moído	49,229	49,246	49,070	49,070	49,235
Soja farelo	43,351	43,351	43,636	43,636	43,340
Amido de milho	0,000	0,000	0,900	0,000	0,000
Inerte	2,000	2,000	1,100	2,000	2,000
Fonte lipídica	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500
Calcário	1,226	1,214	1,226	1,226	1,226
Fosfato bicálcico	0,893	0,892	0,891	0,8905	0,893
Sal comum	0,320	0,320	0,320	0,320	0,320
DL-metionina	0,165	0,158	0,156	0,156	0,165
L-lisina	0,116	0,119	0,000	0,000	0,120
Premix Mineral	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Premix Vitamínico	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Composição nutricional calculada					
EM (kcal/kg)	2900,00	2900,00	2900,00	2900,00	2900,00
Proteína bruta (%)	24,000	24,000	24,000	24,000	24,000
Lisina digestível (%)	1,340	1,340	1,340	1,340	1,340
Metionina+Cist.(%)	0,894	0,894	0,894	0,894	0,894
Metionina total (%)	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
Cálcio (%)	0,800	0,800	0,800	0,800	0,800
Fósforo disp (%)	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300
Fósforo total (%)	0,526	0,526	0,526	0,526	0,526
Sódio (%)	0,1500	0,1500	0,1500	0,1500	0,1500

Suplemento vitamínico/kg de dieta. Ácido Fólico (Mín.) 145,4 mg. Ácido Pantotênico (Mín.) 5.931,6 mg. Colina (Mín.) 121,8 g; Niacina (Mín.) 12,9 g. Selênio (Mín.) 480,0 mg. Vitamina A (Mín.) 5.000.000,00 UI. Vitamina B12 (Mín.) 6.500,0 mg. Vitamina B2 (Mín.) 2.000,0 mg. Vitamina B6 (Mín.) 250,0 mg. Vitamina D3 (Mín.) 1.850.000,00 UI. Vitamina E (Mín.) 4.500,0 UI. Vitamina K3 (Mín.) 918,0 mg. Suplemento mineral/kg. Cobre (Mín.) 7.000,0 mg; Ferro (Mín.) 50,0 g. Iodo (Mín.) 1.500,0 mg. Manganês (Mín.) 67,5 g. Zinco (Mín.) 45,6 g.

As codornas permaneceram em fotoperíodo de 24 horas de luz artificial (mesmas lâmpadas utilizadas como fonte de aquecimento) até o 15º dia de vida, e posteriormente até os 42 dias, passando para o fotoperíodo natural com o intuito de evitar a maturidade sexual precocemente.

As aves foram alimentadas com as dietas de recria dos 21 aos 42 dias. As rações experimentais foram fornecidas à vontade, três vezes ao dia, em comedouro de chapa metálica galvanizada, tipo calha, percorrendo toda a extensão das gaiolas, o comedouro foi dividido de acordo com cada tratamento e repetição. A água também foi fornecida à vontade em bebedouro tipo *nipple*.

As aves foram alojadas em gaiolas de arame galvanizado, com as dimensões de 50 x 50 x 16,5 cm (comprimento x largura x altura), contendo duas divisórias de 25 x 50 cm totalizando 1250 cm². A densidade animal por unidade experimental na fase de recria foi de 156 cm²/ave. Foram monitoradas as temperaturas e a UR uma vez ao dia, às 8:00 h, por meio de termômetros de máxima e mínima e de bulbo seco e úmido, posicionados no centro do galpão, à altura do dorso das aves.

Obtendo temperatura mínima de $17,21 \pm 0,31$ (°C) e máxima de $29,8 \pm 0,18$ (°C) e umidade relativa (UR) máxima de $82,0 \pm 2,7$ (%) e mínima de $45,0 \pm 1,2$ (%). O acionamento dos climatizadores e controle das cortinas eram realizados mediante a análise da temperatura do dia, manualmente.

2.1.Desempenho

O desempenho foi determinado pela avaliação do ganho de peso médio da ave, pelo consumo médio de ração, pela conversão alimentar e a viabilidade produtiva. O ganho de peso médio (g) por ave/dia (GPD) foi determinado a partir das pesagens realizadas aos 21, 28, 35 e 42 dias, sempre na parte da manhã. Ganho de peso total (g) (GPT (g) foi calculado pela soma de ganho de peso das aves no período de 21 a 42 dias. O consumo médio de ração (g) (CR) foi determinado dividindo-se a diferença entre a ração fornecida durante a fase e a sobra de ração pesada ao final da mesma, pelo número de aves da parcela.

A conversão alimentar (g/g) (CA) foi calculada dividindo-se o consumo médio de ração pelo ganho médio de peso das aves das parcelas estudadas. Peso médio foi obtido pelo peso médio das aves de cada unidade experimental no final de cada período. A mortalidade foi monitorada diariamente para a correção do consumo e de conversão alimentar considerando-se a pesagem das aves e da ração no dia da mortalidade, conforme descrito por Sakomura e Rostagno (2015), a partir destes dados foi-se estimado a viabilidade. A análise de viabilidade foi calculada pela fórmula: *Viabilidade* = 100 – % de *Mortalidade*.

2.2. Abate, peso absoluto e relativo de carcaça, cortes e vísceras

Aos 42 dias do experimento, as aves foram submetidas a um jejum sólido de 8 horas e após, uma ave de cada repetição foi selecionada no intervalo de $\pm 10\%$ do peso médio da ave, pesadas e identificadas de acordo com seu tratamento, totalizando 50 aves selecionadas. As codornas selecionadas tinham seu peso vivo variando de, $146 \pm 3,11\text{g}$, sacrificadas por deslocamento cervical seguida de secção das veias jugulares e artérias carótidas e sangradas por três minutos.

A escaldagem das carcaças foi feita por imersão em tanque de água com temperatura a 60°C durante 30 segundos, seguida da depenagem manual das carcaças. A evisceração e retirada dos pés e cabeça após a depenagem foi realizada manualmente. O resfriamento das carcaças foi feito via água e com duração de 12 minutos no pré *chiller* à temperatura de 10 a 18°C e *chiller* com duração de 18 minutos com temperatura de zero a 2°C . Foi realizada a coleta do peito, duodeno, jejuno, íleo, para realização das análises.

As carcaças foram pesadas após retirada a cabeça, pescoço e pés em balança semi-analítica. Para a realização de cálculos de peso relativo, dos cortes comerciais foram divididos em peito, asas, coxa, sobrecoxa, as vísceras comestíveis: fígado, moela e coração; as vísceras não comestíveis em: proventrículo, intestino delgado (duodeno, jejuno e íleo), cecos, ovário e oviduto.

Todas as vísceras e a gordura abdominal foram pesadas em balança semi-analítica, com capacidade de 3200 g. Para a aferição do peso da moela, foi retirado o alimento que estava no órgão, mantendo a queratina que o envolve. Os órgãos cortes não comestíveis (proventrículo, duodeno, jejuno, íleo e ceco) sofreram uma leve compressão para eliminar o conteúdo interior, sendo feita a pesagem do tecido limpo em balança com precisão de 0,5 gramas.

O peso relativo de cortes principais, vísceras comestíveis, não comestíveis e gordura abdominal foram calculados pela relação entre o peso médio do corte representativo de cada

repetição e o peso de carcaça segundo a fórmula: $\text{Peso relativo } x = \text{Peso do corte} / \text{Peso da carcaça} \times 100$.

2.3. Biometria do trato digestivo e reprodutivo

Após a identificação de cada tecido, duodeno, jejuno + íleo, cecos, ovário e oviduto, procedeu-se a coleta e posteriormente o esvaziamento do conteúdo intestinal. Para medição foi utilizado uma fita métrica de 90 cm (com precisão de 0,1 mm) para todos os segmentos. Para a obtenção dos valores relativos do comprimento, as medidas de cada segmento foram divididas pelo comprimento total do órgão, sendo o resultado multiplicado por 100.

2.4. Crescimento alométrico

O estudo do crescimento relativo das partes em relação à carcaça cheia foi realizado mediante a equação potência, $Y = a X^b$, transformada logaritmicamente em um modelo linear, $\ln Y = \ln a + b \ln X + \ln e_i$, (Huxley, 1932).

Sendo:

Y = o peso de cada parte (pé, peito, coxa, sobrecoxa, dorso, asas, fígado, coração, moela, proventrículo, oviduto, ovário, duodeno, jejuno+íleo, ceco);

X = peso carcaça resfriada ajustado;

a = a intercepção do logaritmo da regressão linear sobre Y e “b”;

b = o coeficiente de crescimento relativo ou coeficiente de alometria;

e_i = o erro multiplicativo.

3. Análises estatísticas

Os dados de desempenho e de peso absoluto e relativo de órgãos e de cortes da carcaça foram verificados quanto à normalidade dos resíduos utilizando-se o teste de Shapiro-Wilk e homogeneidade das variâncias com uso do teste de Levene. Posteriormente, foram submetidos à análise de variância por meio do procedimento MIXED do SAS (SAS 9.3). Quando observado efeito significativo foram realizadas comparações de médias com uso do teste de Tukey. Para todas as análises realizadas o nível de significância utilizado foi de 5%.

As análises para obtenção dos coeficientes alométricos foram realizadas por meio do Statistical Analysis System (SAS, 9.3). Para verificação da hipótese $b=1$ foi realizado o teste “t” (Student) ($\alpha=0,05$ e $\alpha=0,01$). Se $b=1$, o crescimento foi denominado isogônico, indicando

que as taxas de desenvolvimento de “X” e “Y” foram semelhantes no intervalo de crescimento considerado. Um valor de “b” diferente de 1 é denominado heterogônico, e pode ser de desenvolvimento tardio ($b > 1$) e indica que “Y” cresce proporcionalmente mais que “X”, ou de desenvolvimento precoce ($b < 1$) e indica que a taxa de crescimento de “Y” é inferior à de “X”.

4. Resultados e discussão

Considerando o período de recria de 21 a 28 dias houve diferença ($P < 0,05$) para o GPD (g) e GPT (g). As aves alimentadas com dietas contendo óleo de milho apresentaram o menor ganho de peso e aquelas com dietas contendo fonte de óleo de algodão o maior ganho de peso (Tabela 2). Para as fases de 29 a 35 e 36 a 42, não houve efeitos sobre o desempenho animal.

Tabela 2. Desempenho semanal de codornas japonesas do período de recria de 21 a 42 dias, alimentadas com fontes lipídicas.

Variáveis	Fontes lipídicas					EPM	P-Valor
	Soja	Milho	Algodão	Girassol	Canola		
21 a 28 dias							
GPD (g)	3,41AB	2,84B	3,70A	3,39AB	3,59AB	0,092	0,028
GPT (g)	23,90AB	19,87B	25,91A	23,73 AB	25,13AB	0,647	0,028
CR (g)	17,16	17,87	17,07	16,95	16,95	0,176	0,417
CA (g/g)	4,94	5,83	4,80	4,79	5,03	0,134	0,087
PM 28 dias (g)	106,93	106,38	108,76	105,34	107,68	0,506	0,249
29 a 35 dias							
GPD (g)	2,61	3,43	3,23	3,02	2,97	0,110	0,188
GPT (g)	18,31	24,02	22,67	21,15	20,81	0,776	0,188
CR (g)	18,61	19,31	18,98	18,58	18,24	0,156	0,234
CA (g/g)	6,78	5,69	5,88	6,34	6,08	0,184	0,381
PM 35 dias (g)	126,52	128,92	131,44	126,49	128,49	0,709	0,152
36 a 42 dias							
GPD (g)	2,910	2,44	2,85	3,13	2,46	0,108	0,187
GPT (g)	20,40	17,13	20,00	21,95	17,24	0,758	0,187
CR (g)	22,62	22,82	21,71	23,09	21,24	0,334	0,360
CA (g/g)	7,25	9,01	7,02	7,65	8,07	0,255	0,116
PM 42 dias (g)	146,93	146,06	151,45	148,44	145,74	0,778	0,122
Viabilidade 21 a 42 dias (%)	99,01	98,38	99,63	100,00	99,58	0,317	0,544

Médias seguidas de letras diferentes na linha diferem-se entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. PM: Peso médio; GPD: Ganho de peso diário; GPT: Ganho de peso total; CR: Consumo de ração; CA: Conversão alimentar.

Após o nascimento, o sistema digestório da ave está anatomicamente completo, porém, sua capacidade funcional ainda não permite a adequada digestão e absorção de todos os nutrientes (Valentim et al., 2020). Dessa forma, o trato gastrointestinal destes animais passará por alterações morfológicas que irão proporcionar um aumento na área de superfície de digestão e absorção (Silva et al., 2018).

O trato digestivo da ave é muito sensível a qualquer tipo de variação da alimentação, assim os efeitos encontrados no ganho de peso das aves, podem ser explicados pelas diferenças no perfil de ácidos graxos de cada fonte. Conforme destacado por Reda et al. (2020) que relatam que quanto maior é o grau de insaturação dos ácidos graxos de um lipídio, maior é o potencial de formação de micelas no lúmen intestinal, resultando assim, em melhoria no processo digestivo e consequentemente elevação nos valores energéticos, e melhoria no crescimento da ave. Sendo o óleo de milho o que teve menor resultado em relação ao desempenho, provavelmente devido ao seu perfil de ácidos graxos insaturados.

Outros autores também relatam diferença do aproveitamento digestivo dependendo do tipo de óleo (insaturado ou saturado) (Silva et al., 2018; Fonseca et al., 2018), por serem fontes de origens distintas, como animal e vegetal. Porém, a nesta pesquisa utilizou apenas fontes vegetais, com características semelhantes, fato este que pode justificar a não diferença no desempenho na fase de 29 a 42 dias, uma vez que as aves neste período já estão com seu aparato digestivo e enzimático mais eficiente do que quando comparados a fase de 21 a 28 dias. Não houve efeito ($P>0,05$) das diferentes fontes de lipídeos sobre os parâmetros de peso relativo de carcaça e cortes, exceto para o maior peso relativo de peito para codornas alimentadas com óleo de algodão em relação às aves dos tratamentos de óleo de milho e soja (Tabela 3).

Mirshekar, Dastar & Shargh (2021) avaliando a suplementação de óleo de linhaça em substituição ao óleo de girassol em diferentes períodos de vida de codornas japonesas machos, verificaram que o óleo de linhaça garantiu maior peso de peito da ave, e justificaram tal resultado por esse óleo possui em sua composição o ácido graxo C18:3 (PUFA) em maioria, e esta suplementação resultou em um aumento de 12 vezes no conteúdo total de C18:3 no músculo do peito.

Tabela 3. Peso relativo de carcaça e de cortes de codornas japonesas, alimentadas com diferentes fontes lipídicas.

Variáveis	Fontes Lipídicas					EPM	P - Valor
	Soja	Milho	Algodão	Girassol	Canola		
PV(g)	146,60	143,10	151,10	144,30	144,90	0,001	0,083
PCC(g)	114,80	114,86	120,02	114,27	119,39	1,024	0,204
PCV(g)	80,68	77,94	83,53	79,25	81,35	0,864	0,311
Peito(g)	26,93B	27,34B	30,943A	28,14AB	29,28AB	0,392	0,004
SC (g)	10,62	10,33	11,20	10,34	10,62	0,155	0,394
Coxa (g)	7,51	7,81	7,76	8,36	7,83	0,132	0,332
Asa (g)	7,82	7,90	7,91	7,76	7,90	0,107	0,991
Dorso (g)	21,46	21,01	21,69	22,84	21,30	0,464	0,796
Pés (g)	2,65	2,61	2,69	2,60	2,73	0,027	0,591
Peito (%)	37,19	35,05	37,18	35,47	36,09	0,353	0,199
SC (%)	13,17	13,18	13,43	13,04	13,08	0,149	0,930
Coxa (%)	9,30	10,01	9,36	10,22	9,65	0,124	0,077
Asa (%)	9,71	10,15	9,24	9,79	9,53	0,116	0,164
Dorso (%)	26,57	26,95	27,12	27,50	27,11	0,323	0,939
Pés (%)	3,27	3,36	3,23	3,29	3,36	0,040	0,815

Médias seguidas de letras diferentes na linha diferem - se pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. PV: peso vivo; PCC: peso da carcaça cheia; PCV: peso da carcaça eviscerada. SC: Sobrecoxa.

Mirshekar et al. (2015) correlacionaram esse incremento em ácidos graxos PUFA à absorção rápida e direta do ácido α -linolênico que escapou da biohidrogenação no intestino, favorecendo sua absorção. Não houve efeito ($P>0,05$) das fontes de óleos vegetais sobre a biometria e peso dos órgãos reprodutivos (Tabela 4). Güçlü et al. (2008) discutiram sobre a definição do termo imunonutrição, em que abordaram que a suplementação utilizando determinados nutrientes e/ou diferentes níveis de inserções, tem efeito influenciador nas atividades orgânicas, como nas funções do sistema imune, bem como, nas ações reprodutivas e funcionalidade do coração, além de outros órgãos, que pode ocasionar no aumento destes órgãos, o que não foi observado na presente pesquisa.

Tabela 4. Biometria e peso dos órgãos reprodutivos de codornas japonesas, alimentadas com fontes lipídicas na dieta.

Variáveis	Fontes lipídicas					EPM	P - Valor
	Soja	Milho	Algodão	Girassol	Canola		
Oviduto (g)	5,89	6,05	6,33	5,41	6,16	0,186	0,606
Ovário (g)	5,03	5,32	4,98	4,93	5,27	0,214	0,810
Trato reprodutivo (cm)	26,67	25,45	26,11	26,20	28,50	0,545	0,478
Trato reprodutivo (g)	10,93	11,37	11,82	10,34	11,44	0,283	0,544
Oviduto (%)	7,40	7,77	7,59	6,87	7,58	0,241	0,815
Ovário (%)	6,15	6,80	6,08	6,23	6,46	0,256	0,961

EPM: Erro padrão da média

Rodrigues et al. (2005) observaram que a suplementação de óleo de soja à ração de poedeiras promoveu aumento na produção de ovos com melhores resultados com inclusão de 8% desta fonte lipídica, fator este que poderia ser justificado pela melhoria do sistema reprodutivo do animal, devido aos benefícios das inclusões de ácidos graxos que favorecem o crescimento animal. Porém, não foi observado efeito nos parâmetros reprodutivos das aves.

As aves alimentadas com óleo de girassol apresentaram menor tamanho de ceco (cm) em comparação aos demais e o óleo de canola, da mesma forma, aves alimentadas com o óleo de canola resultou em menor tamanho de duodeno (% cm). As demais variáveis não apresentaram efeito dos tratamentos experimentais (tabela 5).

Tabela 5. Biometria do trato gastrointestinal de codornas japonesas, alimentadas com fontes lipídicas na dieta.

Variáveis	Fontes lipídicas					EPM	P – Valor
	Soja	Milho	Algodão	Girassol	Canola		
Trato gastrointestinal(cm)	44,65	46,58	47,35	46,12	51,13	0,704	0,070
Duodeno (cm)	8,76	9,38	9,47	8,70	8,15	0,208	0,250
Jejuno+íleo (cm)	26,81	26,50	28,09	28,56	30,13	0,582	0,309
Ceco(cm)	10,08AB	10,70AB	9,79AB	8,86 B	11,48A	0,269	0,023
Duodeno (%cm)	19,25AB	20,25A	19,98A	18,96AB	16,06B	0,459	0,024
Jejuno+íleo (%cm)	58,61	56,81	59,46	61,87	61,37	0,668	0,100
Ceco(%cm)	22,13	22,92	20,55	19,15	22,56	0,466	0,050

Médias seguidas de letras diferentes na linha diferem - se pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. EPM: Erro padrão da média

A inclusão de fontes lipídicas não influenciou o peso (g) e porcentagem (%) de órgãos das codornas japonesas (Tabela 6). Os estudos sobre a inclusão de diferentes fontes lipídicas na ração de codorna são escassos na literatura, a avaliação de peso absoluto e relativo de órgãos e biometria gastrointestinal é feita por meio de comparações com outras espécies, para avaliação da saúde das aves, por exemplo, galinhas poedeiras e frangos de corte.

Tabela 6. Peso relativo de órgãos e biometria gastrointestinal de codornas japonesas, alimentadas com fontes lipídicas.

Variáveis	Fontes lipídicas					EPM	P - Valor
	Soja	Milho	Algodão	Girassol	Canola		
Fígado (g)	3,41	3,29	3,20	3,30	3,31	0,048	0,772
Coração (g)	1,22	1,22	1,31	1,16	1,23	0,028	0,655
Moela (g)	3,88	3,95	3,72	3,55	3,74	0,073	0,470
Proventrículo (g)	0,74	0,72	0,79	0,73	0,79	0,017	0,633
Fígado (%)	4,42	4,23	3,83	4,35	4,10	0,073	0,093
Coração (%)	1,51	1,56	1,57	1,47	1,44	0,031	0,614
Moela (%)	4,84	5,08	4,47	4,48	4,62	0,099	0,2468
Proventrículo (%)	0,92	0,93	0,94	0,91	0,97	0,022	0,945
Duodeno (g)	1,51	1,48	1,65	1,51	1,51	0,034	0,571
Jejuno+íleo (g)	1,88	1,63	1,69	1,72	1,76	0,042	0,428
Ceco (g)	1,73	1,74	1,72	1,51	1,51	0,044	0,215
Duodeno (%)	1,90	1,89	1,98	1,91	1,72	0,051	0,613
Jejuno+íleo (%)	2,35	2,09	2,03	2,18	2,17	0,053	0,417
Ceco (%)	2,18	2,24	2,06	1,91	1,86	0,058	0,172

EPM: Erro padrão da média

Dessa forma, as fontes lipídicas oriundas das sementes de soja, milho, algodão, canola e girassol podem ser utilizadas como ingredientes energéticos na dieta de recria de codornas poedeiras por não serem prejudiciais ao desempenho e apresentarem resultados similares quanto ao peso absoluto, relativo e biométrico da carcaça e dos órgãos na fase de recria.

Conforme relatado por Souza et al., (2019) uma relação alométrica significa que o peso de uma parte do corpo pode ser explicado como uma simples função do peso de outra parte do corpo, por meio dos comportamentos de crescimento isogônico e heterogônico avaliados.

A avaliação dos coeficientes alométricos do crescimento das aves, demonstrou que houve comportamento heterogônico positivo, indicando desenvolvimento tardio para sobrecoxas,

coxas, dorso, fígado e coração em codornas alimentadas com óleo de soja. As demais partes avaliadas apresentaram crescimento isogônico com a inclusão deste óleo nas dietas, (Tabela 7).

Dessa forma, observou-se crescimento isogônico para todas as partes e órgãos avaliados no presente estudo quando utilizadas dietas contendo óleo de algodão. Já com a inclusão do óleo de milho observou-se crescimento isogônico para todas as partes e órgãos avaliados, exceto para os ovários, os quais apresentaram comportamento heterogônico positivo, indicando crescimento tardio. Utilizando-se óleo de girassol, observou-se comportamento heterogêneo positivo para peito, coxas, asas e fígado, indicando crescimento tardio destas partes e órgão em relação ao corpo. As demais variáveis demonstraram taxas de crescimento similares entre as partes do corpo devido ao comportamento isogônico do coeficiente de alometria.

Tabela 7. Estimativas dos coeficientes de alometria (b) das partes e órgãos de codornas japonesas alimentadas com diferentes fontes lipídicas em relação ao peso corporal e verificação de sua diferença com a unidade.

Partes	Fontes Lipídicas					
	Geral	Soja	Milho	Algodão	Girassol	Canola
Peito (b±SD)	0,858±0,241	0,620±0,848	1,197±0,524	0,496±0,483	1,279±0,261	0,148±0,275
P-valor	0,0009	0,4879	0,0519	0,3444	0,0027	0,6060
Sobrecoxa(b±SD)	0,781±0,207	1,747±0,117	0,119±0,516	0,982±0,826	0,818±0,411	0,165±0,498
P-valor	0,0005	<0,0001	0,8270	0,2796	0,0936	0,7488
Coxa (b±SD)	1,419±0,312	1,877±0,526	1,563±0,515	0,187±0,469	1,549±0,522	1,199±0,820
P-valor	0,0032	0,0091	0,0162	0,9027	0,0250	0,1818
Asas (b±SD)	0,646±0,245	1,090±0,678	0,654±0,343	0,206±0,173	1,259±0,506	0,014±0,339
P-valor	0,0118	0,1520	0,0933	0,8663	0,0474	0,9673
Dorso (b±SD)	1,129±0,340	1,426±0,595	0,863±0,679	1,691±0,686	0,252±0,408	2,746±0,649
P-valor	0,0004	0,0478	0,2395	0,3545	0,5591	0,0029
Pés(b±SD)	0,193±0,217	0,010±0,617	0,055±0,538	0,129±0,597	0,151±0,445	0,555±0,337
P-valor	0,3783	0,9872	0,9205	0,8853	0,7459	0,1384
Fígado (b±SD)	1,421±0,430	1,872±0,665	0,546±0,642	0,557±0,854	2,127±0,442	1,230±0,922
P-valor	0,0020	0,0260	0,4199	0,8516	0,0030	0,2191
Coração (b±SD)	0,498±0,415	2,531±0,552	0,109±1,549	1,226±0,595	0,701±0,727	1,230±0,761
P-valor	0,2367	0,0025	0,9455	0,0850	0,3726	0,1447
Moela(b±SD)	0,534±0,396	1,226±0,930	0,577±0,846	0,526±0,301	0,277±0,602	0,593±0,861
P-valor	0,1556	0,2296	0,5143	0,7000	0,6611	0,5106
Proventrículo (b±SD)	0,570±0,415	0,787±0,867	0,301±0,931	2,623±1,003	0,124±0,955	0,134±0,673
P-valor	0,1765	0,3943	0,7546	0,2382	0,9003	0,8466
Oviduto (b±SD)	1,083±0,585	0,272±1,095	2,137±1,683	2,241±0,832	0,543±1,157	1,447±1,124

P-valor	0,0714	0,8107	0,2399	0,4588	0,6551	0,2339
Ovário (b±SD)	1,011±1,024	4,210±3,528	2,965±1,148	2,794±0,461	2,881±0,946	2,781±1,082
P-valor	0,3289	0,2717	0,0325	0,1637	0,1892	0,0332
Duodeno (b±SD)	1,128±0,582	0,483±0,422	1,185±1,134	0,117±0,402	0,052±0,914	4,595±1,377
P-valor	0,0592	0,2907	0,3269	0,9624	0,9564	0,0103
Jejuno+íleo (b±SD)	0,713±0,447	0,913±1,305	0,424±0,060	2,101±0,898	0,664±0,624	2,146±0,746
P-valor	0,1178	0,5068	0,6995	0,0580	0,3283	0,0207
Ceco(b±SD)	0,111±0,517	1,338±0,893	0,267±0,330	2,465±1,777	1,344±1,038	0,263±0,434
P-valor	0,8306	0,1777	0,8016	0,2146	0,2431	0,8361

SD: desvio padrão da média.

Quando utilizado o óleo de canola nas dietas por sua vez, as aves demonstraram comportamento isogônico das taxas de crescimento exceto para dorso, ovário, duodeno e jejuno+íleo os quais mostraram-se de desenvolvimento tardio, com comportamento heterogônico positivo.

As taxas de crescimento similares entre os órgãos do trato gastrointestinal nas codornas podem ser explicadas pela maturação destes ocorrer logo nas primeiras semanas das aves, por serem essenciais para o aproveitamento dos nutrientes com a liberação das enzimas digestivas (Moran Jr 1985). Este comportamento também foi encontrado por Marcato (2007), ao avaliar frangos de corte.

A codorna pode ser considerada uma ave silvestre, o que pode explicar o desenvolvimento precoce de suas asas, com comportamento heterogônico negativo (Piedade et al., 2018), porém este fato não foi observado no presente estudo, exceto no grupo geral, o qual demonstrou este comportamento. As taxas de crescimento isogônicas para os órgãos reprodutivos, exceto para os tratamentos com milho e canola, podem estar relacionadas às altas demandas por lipídios para a formação e desenvolvimento das gemas, assim como para a produção de hormônios sexuais. Sabe-se que o desenvolvimento do trato reprodutivo contribui com o maior peso das fêmeas em relação aos machos, sugerindo maior acúmulo de lipídios causado pelo hormônio estrogênio secretado pelos ovários (Wang et al., 2017).

Durante a fase de recria de codornas japonesas não foi possível observar efeitos das diferentes fontes lipídicas sobre as variáveis de biometria, peso e peso relativo de órgãos quando comparadas às suas respectivas médias, sendo possível inferir apenas que todas as fontes poderiam ser utilizadas nas dietas sem comprometer o desempenho das aves. Utilizando-se coeficientes alométricos avaliam-se as mudanças que ocorrem durante o crescimento de cada

parte do organismo (Piedade et al. 2018), sendo possível uma descrição quantitativa e mais eficiente do desenvolvimento corporal e dos órgãos das aves.

A análise dos coeficientes alométricos evidenciou diferenças entre as fontes lipídicas utilizadas, principalmente quanto ao desenvolvimento dos ovários das codornas, os quais apresentaram comportamento tardio quando usados óleo de milho e canola. Estes achados corroboram com Reda et al., (2020), que observaram influências da fonte lipídica sobre o desempenho reprodutivo de codornas japonesas. O desenvolvimento tardio dos ovários em codornas alimentadas com óleo de milho e canola pode gerar um atraso na entrada e pico de postura, efeitos não desejados para a postura comercial.

Considerando-se o desempenho produtivo e biometria de órgãos de codornas japonesas durante a fase de recria, não é possível evidenciar dentre os óleos de soja, milho, girassol, algodão e canola, qual a fonte lipídica vegetal mais adequada a ser incluída em suas dietas, dada a similaridade observada entre as respostas produtivas. Porém, quando avaliado o desenvolvimento de órgãos e partes em relação ao desenvolvimento corporal total, os óleos de milho e canola promovem desenvolvimento tardio de órgãos reprodutivos, fator indesejado na produção de ovos, o que torna estas fontes menos indicadas para a fase de recria de codornas japonesas.

5. Referências Bibliográficas

Arora, K. L. (2011). Allometric growth of prenatal organs as a function of age in the Japanese quail embryo, *Coturnix japonica*. *International Journal of Poultry Science*, 10(4), 300-308. <http://www.pjbs.org/ijps/fin1917.pdf>

Bain, M. M., Nys, Y., & Dunn, I. C. (2016). Increasing persistency in lay and stabilising egg quality in longer laying cycles. What are the challenges?. *British poultry science*, 57(3), 330-338. Doi: <https://doi.org/10.1080/00071668.2016.1161727>

Bavaresco, C., Nunes, A. P., Forgiarini, J., Alves, D. A., Xavier, E. G., Lopes, D. C. N., & Roll, V. F. B. (2019). Morfometria intestinal e qualidade óssea de codornas japonesas alimentadas por um período prolongado com coprodutos do óleo de soja. *Archives of Veterinary Science*, 24(1). Doi: <http://dx.doi.org/10.5380/avs.v24i1.62475>

Fonseca, S. S., da Silva, V. C., Valentim, J. K., & Geraldo, A. (2018). Efeito da adição de diferentes emulsificantes na dieta sobre o rendimento de carcaça de frangos de corte. *Revista Acadêmica Ciência Animal*, 16, 1-13. Doi: <https://doi.org/10.7213/1981-4178.2018.16010>

Güçlü, B. K., Uyanik, F., & Iscan, K. M. (2008). Effects of dietary oil sources on egg quality, fatty acid composition of eggs and blood lipids in laying quail. *South African Journal of Animal Science*, 38(2), 91-100.

Hammond, J. Reprodución, crecimiento y herancia. In: Principios de la explotación animal. Zaragoza: Acirbia, 1966. p.142-157.

Huxley, J.S. Problems of relative growth. London: Methuen and Company, 1932. 276p.

Mirshekar, R., Dastar, B., & Shargh, M. S. (2021). Supplementing flaxseed oil for long periods improved carcass quality and breast fatty acid profile in Japanese quail. *Animal*, 15(2), 100104. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2020.100104>

Mirshekar, R., Boldaji, F., Dastar, B., Yamchi, A., & Pashaei, S. (2015). Longer consumption of flaxseed oil enhances n-3 fatty acid content of chicken meat and expression of FADS2 gene. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 117(6), 810-819. Doi: [org/10.1002/ejlt.201300500](https://doi.org/10.1002/ejlt.201300500)

Marcato, S.M. Características do crescimento corporal, dos órgãos e tecidos de duas linhagens comerciais de frangos de corte. 2007. 207f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista “Júlio De Mesquita Filho”, Jaboticabal, SP.

National Research Council – NRC. Nutrient requirements of poultry. Washington, D.C.: 1994. p.44- 45.

Nelson, L. D.; COX, M. M. Princípios de bioquímica de Lehninger, 6. ed. São Paulo: Sarvier, p. 1336, 2014.

Piedade, G. N. D., Siqueira, J. C., Bonfim, D. S., Sousa, T. V. R., Marzullo, Y. O. T., Viera, F. C., ... & Ribeiro, F. B. (2018). Coeficientes alométricos das partes e dos órgãos de codornas de corte mantidas em diferentes ambientes térmicos. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 70, 579-587. Doi: <https://doi.org/10.1590/1678-4162-9487>

Reda, F. M., El-Kholy, M. S., Abd El-Hack, M. E., Taha, A. E., Othman, S. I., Allam, A. A., & Alagawany, M. (2020). Does the use of different oil sources in quail diets impact their productive and reproductive performance, egg quality, and blood constituents?. *Poultry Science*, 99(7), 3511-3518. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.03.054>

Rodrigues, E. A., Cancherini, L. C., Junqueira, O. M., de Laurentiz, A. C., da Silva Filardi, R., Duarte, K. F., & Casartelli, E. M. (2005). Desempenho, qualidade da casca e perfil lipídico de gemas de ovos de poedeiras comerciais alimentadas com níveis crescentes de óleo de soja no segundo ciclo de postura. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 27(2), 207-212. Doi: <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v27i2.1223>

Rostagno, H. S., Albino, L. F. T., Hannas, M. I., Donzele, J. L., Sakomura, N. K., Perazzo, F. G., & Brito, C. O. (2017). Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos: Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais (488 p.). *Departamento de Zootecnia-UFV, Viçosa, MG, BR.*

SAS. SAS/STAT® 9.3 User's Guide. (2012). SAS Institute Inc., Cary.

Sakomura, N. K.; Rostagno, H. S. Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos. 2º edição. Jaboticabal: Funep, 2015. 262 p.

Silva, V. C., da Fonseca, S. S., Valentim, J. K., & Geraldo, A. (2018). Desempenho de frangos de corte alimentados com dietas com redução energética contendo diferentes tipos de

emulsificantes. *Revista Acadêmica Ciência Animal*, 16, 1-11. Doi: <https://doi.org/10.7213/1981-4178.2018.16009>

Sousa, T. V. R., Siqueira, J. C., Nascimento, D. C. N., Ribeiro, F. B., Bomfim, M. A. D., Leão, A. C. D., ... & Vieira Filho, F. C. (2019). Allometric coefficients of major chemical components of meat quail raised in different thermal environments. *Poultry Science*, 98(12), 6626-6635. Doi: <https://doi.org/10.3382/ps/pez509>

Valentim, J. K., Garcia, R. G., Pietramale, R. T. R., Velarde, J. M. D. S., Barbosa, D. K., de Castilho, V. A. R., ... & Lima, H. J. D. A. (2020). Aditivos emulsificantes em dietas de aves de produção. *Research, Society and Development*, 9(3), e176932567-e176932567.

Vatsalya, V., & Arora, K. L. (2012). Allometric growth of testes in relation to age, body weight and selected blood parameters in male Japanese quail (*Coturnix japonica*). *International journal of poultry science*, 11(4), 251. doi: 10.3923/ijps.2012.251.258

Wang, X. J., Liu, L., Zhao, J. P., Jiao, H. C., & Lin, H. (2017). Stress impairs the reproduction of laying hens: an involvement of energy. *World's poultry science journal*, 73(4), 845-856. Doi : <https://doi.org/10.1017/S0043933917000794>

CAPÍTULO 4

FONTES LIPÍDICAS NA ALIMENTAÇÃO DE CODORNAS JAPONESAS EM FASE DE RECREIA E SUA REPERCUSSÃO NA FASE DE PRODUÇÃO

Artigo redigido, formatado (adaptado), submetido e aceito na revista Ciência Animal Brasileira

Manuscript ID 73851

Percentil Scopus: 35%

Protocolo de ética CEUA 16/2020

Fontes lipídicas na alimentação de codornas japonesas em fase de recria e sua repercussão na fase de produção

Resumo: A pesquisa foi conduzida com objetivo de avaliar o efeito residual de diferentes fontes lipídicas na dieta de codornas japonesas (*Coturnix japonica*) na fase inicial de postura, no desempenho e a qualidade de ovos. Na primeira etapa foram utilizadas 400 codornas japonesas com idade de 21 dias, distribuídas em delineamento inteiramente casualizado com dez repetições, de oito aves, em cinco tratamentos: ração basal (RB) com 25 g/kg de óleo de soja, RB com 25 g/kg de óleo de milho, RB com 25 g/kg de óleo algodão, RB com 25 g/kg de óleo de girassol e RB com 25 g/kg de óleo de canola. Aos 42 dias, mantendo o delineamento inicial, todas as aves receberam ração basal com óleo de soja, para que fosse avaliado o efeito residual da fase anterior sobre o desempenho e a qualidade dos ovos na fase inicial de postura (43 - 84 dias). As fontes lipídicas não afetaram o desempenho das aves na fase inicial de produção. Para a qualidade dos ovos, os parâmetros de altura, diâmetro e índice de gema, gravidade e UH foram melhores com a utilização de óleo de girassol. As fontes lipídicas oriundas das sementes de soja, milho, algodão, canola e girassol podem ser utilizadas como ingredientes energéticos na dieta de recria de codornas poedeiras por não serem prejudiciais ao desempenho na fase inicial de postura. Houve efeito residual da recria sobre as características dos ovos, sendo que a inclusão do óleo de girassol resultou em ovos de melhor qualidade. A longevidade na produção dos ovos das aves alimentadas com diferentes fontes lipídicas na fase de recria foi semelhante.

Palavras-chave: efeito residual, fase de postura, óleos vegetais, repercussão da postura.

1. Introdução

As codornas possuem características de ótima propensão para produção, como, rápido crescimento, precocidade sexual, rusticidade elevada e baixo consumo de alimento. Esse segmento é uma opção para a exploração avícola, pois é uma cultura com manejo simplificado e menos onerosa (Castro et al., 2020; de Souza Eberhart et al., 2021), principalmente em aspectos nutricionais, devido à ruim conversão alimentar das aves.

Dentre os benefícios nutricionais desta produção, quando se utiliza uma porcentagem correta de óleos ou gorduras nas rações, pode se obter melhorias de desempenho, devido aos atendimentos de requerimentos energéticos. Além disso, os lipídios contribuem também no atendimento das exigências em ácidos graxos essenciais, transporte de vitaminas lipossolúveis e melhoria da palatabilidade (Baron et al., 2020).

A principal fonte lipídica utilizada nas dietas de animais não ruminantes é o óleo de soja, porém, a indústria tem algumas dificuldades na produção deste óleo, devido à alta demanda (Valentim et al., 2018), neste contexto, buscar fontes alimentares que melhorem a produção e diminuam os custos com a alimentação é uma realidade no setor avícola (Silva et al., 2019). Assim, buscam-se alternativas para a produção de ração, como o óleo de dendê, milho, girassol (Roll et al., 2018) que apresentam diferenças marcantes em seu conteúdo nutricional. Estas

diferenças são principalmente relacionadas a sua origem, vegetal ou animal, determinando o seu grau de absorção no organismo animal (Calixto et al., 2020), e consequentemente influenciando o desempenho.

Estudos sobre a nutrição na fase de crescimento de codornas japonesas possuem grande relevância, pois estas aves apresentam crescimento rápido, o que pode resultar em maturidade sexual precoce (Freitas Amaral et al., 2021). As condições nutricionais estabelecidas durante o período de crescimento podem influenciar o desempenho das aves na fase de produção, entretanto, grande parte dos estudos realizados com codornas visa determinar níveis e exigências das aves no período de produção, sendo as fases iniciais pouco exploradas.

Com base no exposto, a presente pesquisa foi conduzida com objetivo de avaliar os efeitos residuais no desempenho e qualidade de ovos na fase inicial de postura de codornas japonesas (*Coturnix japonica*) alimentadas com fontes lipídicas na fase de recria.

2. Material e Métodos

O estudo foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFGD sob protocolo número 16/2020. O experimento foi desenvolvido no setor de coturnicultura da Faculdade de Ciências Agrárias, da Universidade Federal da Grande Dourados (FCA/UFGD), em Dourados, Mato Grosso do Sul. Apresentando latitude de 22° 13' 16" sul e longitude de 54° 48' 20" oeste. O clima da região, conforme a classificação Köppen, pertence ao tipo Cwa (mesotérmico úmido), com verão chuvoso e inverno seco, com precipitação média anual de 1.500 mm e temperatura média anual de 22 °C. A altitude varia entre 449 m e 477 m.

As aves foram alojadas em galpão de alvenaria, com 6,0m de comprimento, 2,5m de largura e 3,5m de pé direito, piso de concreto e cobertura com telhas em fibrocimento, muretas de 0,60 m e beiral de 0,50 m de comprimento, cortinas externas de polietileno na cor amarela, com acionamento manual e dois Eco Brisas, para controle da temperatura do aviário. O período experimental total da pesquisa foi de 63 dias, dividido entre a fase de recria (21 - 42 dias) e fase inicial de postura (42 - 84 dias).

Na primeira fase do experimento foram utilizadas 400 codornas japonesas com 21 dias e peso médio de $82,62 \pm 3,71$ (g) criadas em gaiolas experimentais, distribuídas em delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e dez repetições de oito aves/repetição. Os tratamentos consistiram: ração basal (RB) com 25 g/kg de óleo de soja, RB com 25 g/kg de óleo de milho, RB com 25 g/kg de óleo algodão, RB com 25 g/kg de óleo de girassol e RB com 25 g/kg de óleo de canola. As rações utilizadas foram isonutritivas seguindo a recomendação do NRC (1994), conforme a tabela 1.

Tabela 1. Composição percentual e calculada das dietas experimentais para codornas na fase de recria (21 a 42 dias).

Ingredientes	Fontes lipídicas				
	Soja	Milho	Algodão	Girassol	Canola
Milho moído	49,229	49,246	49,070	49,070	49,235
Soja farelo	43,351	43,351	43,636	43,636	43,340
Amido de milho	0,000	0,000	0,900	0,000	0,000
Inerte	2,000	2,000	1,100	2,000	2,000
Fonte lipídica	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500
Calcário	1,226	1,214	1,226	1,226	1,226
Fosfato bicálcico	0,893	0,892	0,891	0,8905	0,893
Sal comum	0,320	0,320	0,320	0,320	0,320
DL-metionina	0,165	0,158	0,156	0,156	0,165
L-lisina	0,116	0,119	0,000	0,000	0,120
Premix Mineral	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Premix Vitamínico	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Composição nutricional calculada					
EM (kcal/kg)	2900,00	2900,00	2900,00	2900,00	2900,00
Proteína bruta (%)	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00
Lisina digestível (%)	1,340	1,340	1,340	1,340	1,340
Metionina+Cist.(%)	0,894	0,894	0,894	0,894	0,894
Metionina total (%)	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
Cálcio (%)	0,800	0,800	0,800	0,800	0,800
Fósforo disponível (%)	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300
Fósforo total (%)	0,526	0,526	0,526	0,526	0,526
Sódio (%)	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150

Suplemento vitamínico/kg de dieta. Ácido Fólico (Mín.) 145,4 mg. Ácido Pantotênico (Mín.) 5.931,6 mg. Colina (Mín.) 121,8 g; Niacina (Mín.) 12,9 g. Selênio (Mín.) 480,0 mg. Vitamina A (Mín.) 5.000.000,00 UI. Vitamina B12 (Mín.) 6.500,0 mg. Vitamina B2 (Mín.) 2.000,0 mg. Vitamina B6 (Mín.) 250,0 mg. Vitamina D3 (Mín.) 1.850.000,00 UI. Vitamina E (Mín.) 4.500,0 UI. Vitamina K3 (Mín.) 918,0 mg. Suplemento mineral/kg. Cobre (Mín.) 7.000,0 mg; Ferro (Mín.) 50,0 g. Iodo (Mín.) 1.500,0 mg. Manganês (Mín.) 67,5 g. Zinco (Mín.) 45,6 g.

As codornas permaneceram em fotoperíodo de 24 horas de luz artificial (mesmas lâmpadas utilizadas como fonte de aquecimento) até o 15º dia de vida, e posteriormente até os 42 dias, passando para o fotoperíodo natural com o intuito de evitar a maturidade sexual precocemente. As aves foram alimentadas com as dietas de recria dos 21 aos 42 dias, ao final desta etapa receberam ração única dos, 42º até 84º dias, obedecendo ainda à distribuição utilizada na fase anterior. A alimentação nesta fase foi composta por ração basal acrescida de

óleo de soja, para que fosse avaliada a influência da fase de recria na fase inicial de postura. A dieta única foi calculada seguindo as recomendações de Rostagno et al. (2017) (Tabela 2).

As rações experimentais foram fornecidas à vontade, três vezes ao dia, em comedouro de chapa metálica galvanizada, tipo calha, percorrendo toda a extensão das gaiolas, o comedouro foi dividido de acordo com cada tratamento e repetição. A água também foi fornecida à vontade em bebedouro tipo *nipple*.

Tabela 2. Composição percentual e calculada da dieta experimental para codornas na fase inicial da postura.

Ingredientes	% de inclusão
Milho moído	54,30
Farelo de soja	33,00
Óleo de soja	2,50
Calcário	7,40
Fosfato Bicálcico	1,05
Premix mineral 1	0,10
Premix Vitamínico 2	0,10
DL. Metionina	0,30
L – Lisina	0,20
Colina	0,10
Sal (NaCl)	0,45
Inerte	0,50
Composição calculada	
Energia metabolizável (Kcal/kg)	2800
Proteína bruta (%)	19,46
Lisina digestível (%)	1,08
Metionina + Cistina digestível (%)	0,94
Triptofano digestível (%)	0,23
Treonina digestível (%)	0,68
Cálcio (%)	3,07
Fósforo disponível (%)	0,3
Sódio (%)	0,16
Fibra bruta (%)	2,74

¹Suplemento vitamínico/kg de dieta. Ácido Fólico (Mín.) 145,4 mg. Ácido Pantotênico (Mín.) 5.931,6 mg. Colina (Mín.) 121,8 g; Niacina (Mín.) 12,9 g. Selênio (Mín.) 480,0 mg. Vitamina A (Mín.) 5.000.000,00 UI. Vitamina B12 (Mín.) 6.500,0 mg. Vitamina B2 (Mín.) 2.000,0 mg. Vitamina B6 (Mín.) 250,0 mg. Vitamina D3 (Mín.) 1.850.000,00 UI. Vitamina E (Mín.) 4.500,0 UI. Vitamina K3 (Mín.) 918,0 mg. ²Suplemento mineral/kg. Cobre (Mín.) 7.000,0 mg; Ferro (Mín.) 50,0 g. Iodo (Mín.) 1.500,0 mg. Manganês (Mín.) 67,5 g. Zinco (Mín.) 45,6 g.

Em ambas as fases, as aves foram alojadas em gaiolas de arame galvanizado, com as dimensões de 50 x 50 x 16,5 cm (comprimento x largura x altura), contendo duas divisórias de

25 x 50 cm totalizando 1250 cm². A densidade animal por unidade experimental na fase de recria foi de 156 cm²/ave e na fase inicial de postura foi de 178 cm²/ave, visando garantir maior espaço devido ao crescimento das aves.

O manejo diário na fase inicial de postura consistiu em recolher e contabilizar os ovos (computados diariamente o número de ovos quebrados, trincados, com casca mole e sem casca), fornecer a ração, limpar os aparadores de ovos e realizar leitura das temperaturas (máxima e mínima) e umidade relativa do ar (UR).

Foram monitoradas as temperaturas e a UR uma vez ao dia, às 8:00 h, por meio de termômetros de máxima e mínima e de bulbo seco e úmido, posicionados no centro do galpão, à altura do dorso das aves. Obtendo temperatura mínima de $17,21 \pm 0,31$ (°C) e máxima de $29,8 \pm 0,18$ (°C) e UR máxima de $82,0 \pm 2,7$ (%) e mínima de $45,0 \pm 1,2$ (%). O acionamento dos climatizadores e controle das cortinas eram realizados mediante a análise da temperatura do dia.

Na fase inicial de postura (42 a 84 dias) foram fornecidas 16 horas de luz diária durante todo o período experimental. Este fornecimento de luz foi controlado por um relógio automático (*timer*), que permite acender e o apagar das luzes durante o período da noite e da madrugada, conforme o procedimento adotado nas granjas comerciais.

2.1.Desempenho na fase inicial de postura

As sobras de ração de cada parcela foram pesadas e descontadas da quantidade de ração fornecida a fim de se obter o consumo de ração. Os óbitos das aves que ocorreram durante o experimento foram descontados e corrigidos para o cálculo do consumo de ração média, obtendo-se o consumo médio para a unidade experimental. A análise de viabilidade foi calculada pela fórmula: *Viabilidade* = $100 - \% \text{ de Mortalidade}$.

Foi avaliado o ganho de peso diário pela pesagem individual das parcelas experimentais no início e no fim do ciclo produtivo. A produção média de ovos foi obtida computando-se o número de ovos produzidos, incluindo os quebrados, os trincados e os anormais (ovos com casca mole e sem casca) sendo expressa em porcentagem sobre a média de aves do período (ovo/ave/dia) e, sobre o número de aves alojadas no início do experimento (ovo/ave alojada).

Para determinação da produção de ovos comercializáveis, foi descontado o número de ovos quebrados, trincados, com casca mole e sem casca da produção total de ovos, sendo então calculada a relação entre os ovos íntegros e totais de ovos produzidos durante cada período.

A conversão alimentar por dúzia de ovos foi calculada pela relação do consumo total de ração em kg dividido pela dúzia de ovos produzidos (kg/dz) e a conversão alimentar por massa

de ovos calculada pelo consumo de ração em quilogramas dividido pela massa total de ovos (kg/kg). GPD ave/dia (g). Os dias no qual as codornas iniciaram a produção foram anotadas para verificação das variáveis: Dias para o 1º Ovo, Dias/50% postura e Dias/80% postura.

2.2. Qualidade de ovos

Para a verificação da qualidade externa e interna dos ovos, nos três últimos dias do período experimental foram coletados três ovos íntegros de cada parcela no período da manhã, totalizando 450 ovos. Os ovos foram pesados individualmente em balança semi-analítica, e posteriormente realizada a análise de gravidade específica.

A gravidade específica foi determinada a partir da imersão do ovo em soluções salinas de diferentes densidades, variando de 1,065 a 1,125 com variação de 0,005 para cada solução de acordo com metodologia proposta por Castelló et al. (1989). As densidades foram ajustadas com um densímetro e os ovos foram submersos da menor para a maior concentração salina.

Na sequência, os ovos foram quebrados, separando o albúmen, a gema e a casca, manualmente. As gemas foram pesadas individualmente em balança de precisão. As cascas foram lavadas em água corrente e secas em ambiente natural por 72 horas, pesadas individualmente. O peso do albúmen foi obtido pela diferença de peso do ovo inteiro e o peso da gema mais o peso da casca.

A altura da gema e albúmen e diâmetro da gema foram aferidas com auxílio de paquímetro digital e de tripé, sendo medida a altura da gema na região central e a altura do albúmen a mais ou menos 1,0 cm da gema. O índice de gema foi calculado pela razão entre a altura e o diâmetro dessa estrutura, conforme Bittencourt et al., (2019).

A unidade *Haugh* foi calculada por meio do modelo matemático, segundo metodologia de Alleoni & Antunes (2001):

$$UH = 100 \log (H + 7,57 - 1,7W^{0,37})$$

em que: H = altura do albúmen denso (mm); W = peso do ovo (g).

2.3. Análises estatísticas

Os dados foram verificados quanto à normalidade dos resíduos utilizando-se o teste de Shapiro-Wilk e homogeneidade das variâncias com uso do teste de Levene. Posteriormente, foram submetidos à análise de variância por meio do procedimento MIXED do SAS (SAS 9.3). Quando observado efeito significativo foram realizadas comparações de médias com uso do teste de Tukey. Para todas as análises realizadas o nível de significância utilizado foi de 5%.

3. Resultados e discussão

Não houve efeito ($P>0,05$) das fontes lipídicas sobre o desempenho e produção de ovos das aves no período inicial de postura (42 -84 dias) (Tabela 3).

Tabela 3. Desempenho produtivo de codornas japonesas na fase inicial de postura em função do consumo de fontes lipídicas na fase de recria (42 a 84 dias).

Variáveis	Fontes Lipídicas					EPM	P - Valor
	Soja	Milho	Algodão	Girassol	Canola		
GPD ave/dia (g)	2,17	2,16	2,26	2,13	2,25	0,025	0,417
Consumo ind. (g)	29,07	30,58	28,51	29,12	28,31	0,379	0,363
Produção inicial ao 42º dia (%)	54,28	49,85	51,71	52,88	52,54	0,735	0,958
Produção inicial de ovos comerciais (%)	51,14	48,28	50,71	51,83	50,38	0,622	0,972
Dias 80% postura (dias)	83,78	80,84	80,02	83,05	82,81	1,39	0,910
Dias 50% postura (dias)	83,24	80,19	79,48	82,64	82,51	1,36	0,888
Dias 1º Ovo (dias) (dias)	32,30	32,00	31,70	32,40	31,90	0,141	0,518
Peso do ovo (g)	37,90	37,60	37,50	37,20	36,80	0,233	0,650
Massa de ovo (g)	41,60	42,30	41,60	41,40	41,60	0,272	0,873
CA/m (g/g)	9,68	9,49	9,72	9,55	9,54	0,13	0,981
CA/dz (g/dz)	810,89	767,13	783,23	794,57	787,10	0,42	0,658
GPD ave/dia (g)	2,21	2,40	2,24	2,29	2,19	0,049	0,677
Cons ind (g)	342,71	366,55	340,94	349,35	325,43	0,584	0,224
Viabilidade 42 a 84 dias (%)	99,10	99,44	99,56	99,40	99,85	0,177	0,455

GPD ave/dia g: ganho de peso diário. Consumo ind. (g): consumo individual de ração na fase de 42 a 84 dias; CA/m g/g: conversão alimentar por massa; CA/dz (g/dz): conversão alimentar por dúzia. EPM: erro padrão da média; P: probabilidade.

Avaliando o efeito das fontes lipídicas durante a fase de recria com repercussão no período inicial de produção das aves (42 a 84 dias) verifica-se que o desempenho foi semelhante entre os diferentes tratamentos ofertados, não havendo diferenças para o início da postura e as variáveis de produção. Desta forma, as diferentes fontes podem ser utilizadas na fase de recria sem prejudicar o desempenho no início da produção. Ao avaliarem o desempenho e a qualidade de ovos de poedeiras semipesadas alimentadas com óleos de soja e canola nos níveis 0, 1, 2 e 3%, na dieta Costa et al. (2008) não observaram efeitos significativos do tipo de óleo sobre o consumo de ração, corroborando com esta pesquisa.

Ismail et al. (2013) também não verificaram diferenças significativas na conversão alimentar pela inclusão de óleo de canola na dieta de poedeiras. Porém, em contrapartida, a esta pesquisa, Costa et al. (2008) encontraram melhor conversão alimentar em galinhas poedeiras

com níveis crescentes de óleo de canola quando comparado com óleo de soja, sendo este relacionado com a menor energia metabolizável disponível na ração contendo óleo de canola.

As fontes lipídicas avaliadas não influenciaram ($P>0,05$) o peso do ovo, da gema e da casca, a % de gema, de albúmen e de casca. Entretanto, a altura de gema e albúmen, peso de albúmen, diâmetro da gema, gravidade específica, índice de gema e UH tiveram interferência ($p<0,05$) das fontes lipídicas utilizadas (Tabela 4).

Tabela 4. Qualidade dos ovos de codornas japonesas no final da fase inicial (84° dia) de postura em função do consumo de fontes lipídicas na fase de recria.

Variáveis	Fontes Lipídicas						Valor de P
	Soja	Milho	Algodão	Girassol	Canola	EPM	
Peso do ovo (g)	9,940	9,805	9,755	9,723	9,397	0,060	0,068
Peso da gema (g)	2,699	2,701	2,664	2,785	2,714	0,024	0,615
Peso do albúmen (g)	6,410A	6,253AB	6,242AB	6,130AB	5,876B	0,053	0,026
Peso da casca (g)	0,830	0,793	0,821	0,806	0,790	0,005	0,084
Gema (%)	27,354	27,823	27,511	28,568	29,167	0,271	0,174
Albúmen (%)	64,243	64,313	64,097	63,169	62,391	0,285	0,140
Casca (%)	8,401	8,091	8,391	8,262	8,475	0,054	0,191
Altura da Gema (cm)	10,896A	10,734A	10,598A	10,898A	10,020B	0,058	<0,001
Diâmetro da Gema (cm)	22,308A	21,464B	22,156AB	21,983AB	21,874AB	0,090	0,036
Altura de Albúmen (cm)	4,712AB	4,802AB	4,687AB	5,046A	4,443B	0,051	0,005
Gravidade específica	1,086B	1,086B	1,086B	1,092A	1,088AB	0,001	0,001
Índice de gema	0,489A	0,501A	0,478AB	0,496A	0,462B	0,003	0,001
Unidade Haugh	91,881AB	92,561AB	91,851AB	93,662A	90,69AB	0,277	0,013

Médias seguidas de letras diferentes na linha diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. EPM: Erro padrão da média.

O óleo de canola na dieta das aves proporcionou menor altura de gema dos ovos em comparação aos demais. O diâmetro da gema teve menor tamanho para o tratamento com óleo de milho, quando comparado ao óleo de soja. A dieta com óleo de girassol resultou em maior altura do albúmen, gravidade específica, índice de gema e consequentemente, maior unidade Haugh quando comparado ao tratamento com óleo de canola. Conforme relatado por Baucells et al. (2000), o óleo de girassol é considerado o óleo mais insaturado entre os óleos vegetais,

por ser rico em ácidos graxos ômega-6, especialmente o ácido linoleico. Este autor relata que quanto maior a insaturação do óleo, maior foi sua digestibilidade, este fato pode explicar os melhores parâmetros de qualidade dos ovos das aves oriundas deste tratamento.

A Unidade Haugh dos ovos advindos de todas as dietas demonstrou qualidade superior ao mínimo recomendado pelo Egg - Grading Manual (2000), sendo que a dieta contendo óleo de girassol apresentou a maior dentre as médias (93,662). Conforme Oliveira et al. (2010), as porcentagens de gema dos ovos produzidos por poedeiras alimentadas com dietas com os óleos de girassol e de canola, e com a dieta sem adição de óleos foram semelhantes, assim como no presente estudo. Estes fatores podem ser explicados devido ao aporte energético proporcionada por estas fontes serem bastante semelhantes.

Ceylan et al. (2011) e Sariççek et al. (2005) avaliaram a substituição do óleo de soja por outras fontes (peixes, linhaça, canola e girassol) e não encontraram diferenças significativas para qualidade interna e externa do ovo, exceto pela cor da gema, atribuída maior coloração devido ao teor de carotenoides das gemas de ovos das aves alimentadas com óleo de girassol. Em seu estudo, Reda et al. (2020) investigou o impacto de fontes de óleo na dieta (óleos de soja, milho, amendoim, linhaça, oliva e girassol como fontes de ácido graxo ômega 3, 6 e 9) sob as características produtivas e reprodutivas, qualidade do ovo e parâmetros bioquímicos do sangue de codornas de postura.

Os resultados mostraram que os maiores pesos dos ovos e a melhor taxa de conversão alimentar foram registrados para codornas alimentadas com dietas suplementadas com 1,5% de óleo de soja e amendoim. Mostrando assim que a composição individual do lipídio inserido na dieta influência nas características produtivas e na saúde das aves, diferentemente do presente estudo. Devido a não diferença significativa para o desempenho inicial, ambas as fontes utilizadas poderiam ser indicadas na fase de recria, sem prejuízos na longevidade produtiva dos ovos.

4. Conclusões

As fontes lipídicas oriundas das sementes de soja, de milho, de algodão, de canola e de girassol podem ser utilizadas como ingredientes energéticos na dieta de recria de codornas poedeiras por não serem prejudiciais ao desempenho de fase de postura inicial das aves. Houve efeito residual da recria sobre as características dos ovos, sendo que a inclusão do óleo de girassol resultou em ovos de melhor qualidade. A longevidade na produção dos ovos da fase inicial das aves alimentadas com diferentes fontes lipídicas na fase de recria foi semelhante.

5. Referências Bibliográficas

Alleoni, A. C. C., & Antunes, A. J. (2001). Unidade Haugh como medida da qualidade de ovos de galinha armazenados sob refrigeração. *Scientia Agricola*, 58(4), 681-685. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0103-90162001000400005>

Baron, L. F., Pazinato, R., & Baron, C. P. (2020). Oxidação de lipídeos e as implicações na nutrição e saúde de animais de produção. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, 37(1), 26597. Doi: <https://doi.org/10.35977/0104-1096.cct2020.v37.26597>

Baucells, M. D., Crespo, N., Barroeta, A. C., Lopez-Ferrer, S., & Grashorn, A. M. (2000). Incorporation of different polyunsaturated fatty acids into eggs. *Poultry Science*, 79(1), 51-59. Doi: <https://doi.org/10.1093/ps/79.1.51>

Calixto, R. C., Costa, L. V., Júnior, J. D. M., de Moura, M. I., & Duarte, F. O. S. (2020). Desempenho de frangos de corte alimentados com dietas contendo óleo de soja. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 3(2), 670-674. Doi: <https://doi.org/10.34188/bjaerv3n2-026>

Castelló, J. A. L.; Pontes, M.; González, F. F. Producción de huevos. 1. ed. Barcelona: Real Escuela de Avicultura, 1989. 367 p.

Castro, M. L. S., Silva, S. N., Bavaresco, C., Dias, R. C., Gopinger, E., Xavier, E. G., ... & Schafhauser Jr, J. (2020). Pigmentantes naturais em dietas de codornas japonesas a base de arroz integral descascado e não polido. *Archivos de Zootecnia*, 69(267), 280-287. Doi: <https://doi.org/10.21071/az.v69i267.5346>

Ceylan, N., Ciftçi, I., Mizrak, C., Kahraman, Z., & Efil, H. (2011). Influence of different dietary oil sources on performance and fatty acid profile of egg yolk in laying hens. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 20(1), 71-83. Doi: <https://doi.org/10.22358/jafs/66159/2011>

Costa, F. G. P., Souza, C. J. D., Goulart, C. D. C., Lima Neto, R. D. C., Costa, J. S. D., & Pereira, W. E. (2008). Desempenho e qualidade dos ovos de poedeiras semipesadas alimentadas com dietas contendo óleos de soja e canola. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37, 1412-1418. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982008000800011>

de Freitas Amaral, E. F., Bittencourt, T. M., Lima, H. J. D. A., Quirino, C. S., Pereira, I. D. B., & de Amorim, C. M. M. (2021). Grãos secos de destilaria de milho na recria de codornas japonesas e sua repercussão na fase de produção. *Revista Acadêmica Ciência Animal*, 19, 1-6.

EGG-Grading Manual. Washington: Department of Agriculture/Agricultural Marketing Services. 2000. (Agricultural Handbook, 75). <http://ediurcamp.urcamp.edu.br/index.php/RCR/article/view/221>

Ismail, I. B., Al-Busadah, K. A., & El-Bahr, S. M. (2013). Effect of dietary supplementation of canola oil on egg production, quality and biochemistry of egg yolk and plasma of laying hen. *International Journal of Biological Chemistry*, 7(1), 27-37. Doi: <https://doi.org/10.3923/ijbc.2013.27.37>

National Research Council – NRC. Nutrient requirements of poultry. Washington, D.C.: 1994. p.44- 45.

Oliveira, G. E., Figueiredo, T. C., Souza, M. R., Oliveira, A. L., Cançado, S. V., & Gloria, M. B. A. (2009). Bioactive amines and quality of egg from Dekalb hens under different storage conditions. *Poultry science*, 88(11), 2428-2434. Doi: <https://doi.org/10.3382/ps.2009-00028>

Reda, F. M., El-Kholy, M. S., Abd El-Hack, M. E., Taha, A. E., Othman, S. I., Allam, A. A., & Alagawany, M. (2020). Does the use of different oil sources in quail diets impact their productive and reproductive performance, egg quality, and blood constituents?. *Poultry Science*, 99(7), 3511-3518. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.03.054>

Roll, A. A. P., Forgiarini, J., Bavaresco, C., Roll, V. F. B., Dionello, N. J. L., & Rutz, F. (2018). Desempenho e metabolizabilidade de dietas em codornas alimentadas com níveis crescentes de óleo ácido de soja. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 70, 1282-1292. Doi: <https://doi.org/10.1590/1678-4162-9185>

Rostagno, H. S., Albino, L. F. T., Hannas, M. I., Donzele, J. L., Sakomura, N. K., Perazzo, F. G., & Brito, C. O. (2017). Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos: Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais (488 p.). *Departamento de Zootecnia-UFV, Viçosa, MG, BR*.

Sakomura, N. K.; Rostagno, H. S. Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos. 2º edição. Jaboticabal: Funep, 2015. 262 p.

Sarıçiçek, B. Z., Kılıç, Ü., & Garipoğlu, A. V. (2005). Replacing soybean meal (SBM) by canola meal (CM): The effects of multi-enzyme and phytase supplementation on the performance of growing and laying quails. *Asian-australasian journal of animal sciences*, 18(10), 1457-1463. Doi: <https://doi.org/10.5713/ajas.2005.1457>

SAS. SAS/STAT® 9.3 User's Guide. (2012). SAS Institute Inc., Cary.

Silva, V. C., da Fonseca, S. S., Valentim, J. K., & Geraldo, A. (2018). Desempenho de frangos de corte alimentados com dietas com redução energética contendo diferentes tipos de emulsificantes. *Revista Acadêmica Ciência Animal*, 16, 1-11. Doi: <https://doi.org/10.7213/1981-4178.2018.16009>

Souza Eberhart, B., Valentim, J. K., Garcia, R. G., Serpa, F. C., Felix, G. A., de Assis Souza, M. F., ... & Komiyama, C. M. (2021). Addition of homoeopathy in the diet of Japanese quails increases egg weight. *Semina: Ciências Agrárias*, 42(3Supl1), 1879-1890. DOI: <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2021v42n3Supl1p1879>

Valentim, J. K., Carneiro, S. A., Geraldo, A., Dallago, G. M., de Oliveira, J. É. F., & de Oliveira, M. J. K. (2018). Uso de emulsificante e óleo de macaúba em dietas para poedeiras comerciais e seus efeitos sobre desempenho e qualidade de ovos. *Revista Científica Rural*, 20(1), 275-286.

CAPÍTULO 5

VALORES ENERGÉTICOS E METABOLIZABILIDADE DE FONTES LIPÍDICAS DE ORIGEM VEGETAL E ANIMAL NA DIETA DE CODORNAS JAPONESAS

**Artigo redigido, formatado (adaptado), submetido e aceito na Revista Brasileira de
Zootecnia**

Manuscript ID RBZ-2022-0105

Percentil Scopus: 51%

Protocolo de ética CEUA 16/2020

Valores energéticos e metabolizabilidade de fontes lipídicas de origem vegetal e animal na dieta de codornas japonesas

Resumo: Objetivou-se com este estudo, determinar os valores energéticos e a metabolizabilidade de diferentes fontes lipídicas na dieta de codornas japonesas em fase de postura. Foram utilizadas 420 codornas em pico de postura, distribuídas em delineamento inteiramente casualizado, com 10 repetições de 7 aves por tratamento, em 6 tratamentos: Ração basal (controle) e rações basais contendo 10% de óleo de soja, óleo de milho, óleo de canola, óleo de girassol e gordura de aves, totalizando. O ensaio metabólico, realizado por meio do método de coleta total de excretas, iniciou-se após 5 dias para adaptação às dietas experimentais, seguido por cinco dias para o recolhimento de excretas. Foram avaliados os valores de energia metabolizável corrigida para nitrogênio (EMAn) e o coeficiente de metabolizabilidade (CM %). Os dados das diferentes fontes lipídicas foram submetidos à análise de variância e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. Não houve diferença significativa ($p>0,05$) entre as diferentes fontes lipídicas para EMAn (kcal/kg) e CM (%). O valor de energia metabolizável corrigida para nitrogênio encontrados para o óleo de soja, milho, canola, girassol e gordura de aves foram de 8.790 (kcal/kg), 8.773 (kcal/kg), 8.784, 8.788 (kcal/kg), 8.681 (kcal/kg), respectivamente. Os CM (%) foram de 93,88% para o óleo de soja, 93,53% para o óleo de milho, 93,32% para o óleo de canola, 93,74% para o óleo de girassol e 93,06% para a gordura de aves.

Palavras-chave: coturnicultura, energia metabolizável, óleos, fase de postura.

1. Introdução

É de elevada importância a determinação atualizada dos valores nutricionais dos alimentos para a prática precisa de formulação de rações para animais monogástricos (Araújo et al., 2018). O nível de energia é comumente utilizado como parâmetro inicial durante as formulações de rações, servindo de referência para estabelecer os níveis de todos os nutrientes, uma vez que está envolvida nos diversos processos metabólicos e atrelada à ingestão de alimentos (Reda et al., 2020).

A energia fornecida pelas rações é um ponto decisivo sobre o consumo de ração, o ganho de peso e a conversão alimentar, influenciando diretamente o custo de produção (Jahanian & Edriss, 2015), e representa a soma do valor calórico liberado por todos os nutrientes durante a oxidação metabólica no organismo animal.

A energia metabolizável dos alimentos é calculada pela diferença entre a energia bruta (EB) do ingrediente e a EB perdida nas fezes, urina e gases produzidos na digestão. Em aves, a energia perdida na forma de gases é muito baixa, tendo sido desprezada nos cálculos da energia metabolizável (Sakomura & Rostagno, 2007; Brito et al., 2020; Yang et al., 2020).

Assim, a utilização dos valores de energia metabolizável dos ingredientes contempla todas as perdas metabólicas durante a digestão, com exceção do incremento calórico. Representando uma forma muito mais precisa e fidedigna de expressar a quantidade de energia contida nos alimentos, a qual considera o aproveitamento biológico da ave (Vieira et al., 2020). Conforme Wu et al. (2019) a energia contida na dieta dos animais é um dos pontos mais importantes a serem considerados na formulação de rações de aves, pois age na manutenção das funções fisiológicas, crescimento e desempenho dos animais, e possibilita maior deposição de proteína na carcaça.

Neste contexto, a busca de resultados que dão suporte a outras pesquisas, principalmente em condições tropicais, visando melhoria no processo de formulação das dietas de codornas é essencial, principalmente porque as tabelas de composição dos alimentos não possuem dados específicos para codornas. Além disso, devido a frequente evolução genética e fisiológica dos animais de produção, atualizações são necessárias para contemplar suas exigências nutricionais eficientemente. Portanto, objetiva-se com este estudo, determinar os valores energéticos e os coeficientes de metabolizabilidade das fontes lipídicas óleo de soja, óleo de milho, óleo de girassol, óleo de canola e da gordura de aves na alimentação de codornas japonesas em fase de postura.

2. Metodologia

O estudo foi submetido e aprovado pelo Comitê de ética em pesquisa da UFGD sob protocolo número 16/2020. O experimento foi desenvolvido no setor de coturnicultura da Faculdade de Ciências Agrárias, da Universidade Federal da Grande Dourados (FCA/UFGD), em Dourados, Mato Grosso do Sul. Apresentando latitude de 22° 13' 16" sul e longitude de 54° 48' 20" oeste. O clima da região, conforme a classificação Köppen, pertence ao tipo Cwa (mesotérmico úmido), com verão chuvoso e inverno seco, com precipitação média anual de 1.500 mm e temperatura média anual de 22 °C. A altitude varia entre 449 m e 477 m.

2.1. Animais e manejo experimental

O galpão experimental construído em alvenaria, com 6,0m de comprimento, 2,5m de largura e 3,5m de pé direito, piso de concreto e cobertura com telhas em fibrocimento, muretas de 0,60 m e beiral de 0,50 m de comprimento possuía cortinas externas de polietileno na cor amarela, com acionamento manual e dois climatizadores evaporativos, para controle da temperatura do aviário. As aves foram alojadas em gaiolas de arame galvanizado, com as dimensões de 50 x 50 x 16,5 cm (comprimento x largura x altura), contendo duas divisórias de

25 x 50 cm totalizando 1250 cm². A densidade animal por unidade experimental foi de 178 cm²/ave. Foram monitoradas as temperaturas e a UR duas vezes ao dia, às 8 e às 16 horas, por meio de termômetros de máxima e mínima e de bulbo seco e úmido, posicionados no centro do galpão, à altura do dorso das aves. Obtendo temperatura mínima de $20,1 \pm 0,25$ (°C) e máxima de $25,9 \pm 0,28$ (°C) e umidade relativa (UR) máxima de $78,9 \pm 1,8$ (%) e mínima de $49,8 \pm 1,7$ (%). Foram fornecidas 16 horas de luz diárias durante todo o período experimental. Este fornecimento de luz foi controlado por um relógio automático (*timer*). O acionamento dos climatizadores e controle das cortinas eram realizados mediante a avaliação da necessidade conforme a temperatura do dia.

Foram utilizadas 6 dietas, em um delineamento inteiramente casualizado, com 10 repetições por tratamento e 7 codornas por unidade experimental, totalizando 420 aves na fase de pico de postura, com cerca de 8 semanas. A ração basal foi composta à base de milho e farelo de soja, sem inclusão de fontes lipídicas e formulada segundo a composição de alimentos e exigências nutricionais estabelecidas por Rostagno et al. (2017) conforme a tabela 1.

Tabela 1. Composição percentual e calculada das rações experimentais.

Ingredientes	Quantidade (kg)
Farelo de milho	54,610
Farelo de soja	29,968
Calcário	7,463
Açúcar	5,400
DL-Metionina	0,800
Inerte	0,500
L-Lisina	0,400
Sal Comum	0,339
Fosfato Bi cálcico	0,217
Suplemento mineral (aves)	0,100
Suplemento vitamínico (aves)	0,100
Cloreto de Colina	0,100
Composição nutricional calculada	
Energia metabolizável (kcal/kg)	2800,000
Proteína bruta (%)	19,460
Lisina digestível (%)	1,080
Metionina+ Cistina dig. (%)	0,940
Triptofano digestível (%)	0,230
Treonina digestível (%)	0,680

Cálcio (%)	3,070
Fósforo disponível (%)	0,300
Sódio (%)	0,160
Fibra bruta (%)	2,740

¹Suplemento vitamínico/kg: vit. A 13.440,000 UI; vit. D 3.200,000 UI; vit.E 28.000 mg/kg; vit. K 2.880 mg/kg; tiamina 3.500mg/kg; riboflavina 9.600mg/kg; piridoxina 5.000mg/kg; cianocobalamina 19.200mcg/kg; ácido fólico 1.600mg/kg; ácido pantotênico 25,000mg/kg; niacina 67.200mg/kg; biotina 80.000mcg/kg; selênio 600 ppm; antioxidante 0,40g/kg.

²Suplemento mineral/kg: Mg 150.000ppm; Zn 140.000 ppm; Fe 100.000ppm; Cu 16.000 ppm; I1.500ppm.

As dietas-teste foram obtidas pela substituição de 10% da ração basal pela fonte lipídica, escolhido este nível conforme o proposto por Sakomura & Rostagno (2015), considerado para esse tipo de ensaio de metabolismo, a coleta total de excretas. As dietas experimentais consistiram de: T1 – ração basal, T2 – ração basal + 10% de inclusão de óleo de soja, T3 – ração basal + 10% de inclusão de óleo de milho, T4 – ração basal + 10% de óleo de canola, T5 – ração basal + 10% de óleo de girassol e T6 – 10% de gordura de aves. Os óleos vegetais foram utilizados na forma refinada e a gordura de aves na forma bruta.

As rações experimentais foram fornecidas à vontade, três vezes ao dia, em comedouro de chapa metálica galvanizada, tipo calha, percorrendo toda a extensão das gaiolas, o comedouro foi dividido de acordo com cada tratamento e repetição. A água também foi fornecida à vontade em bebedouro tipo *nipple*.

O óleo de soja por apresentar digestibilidade e valores de energia metabolizável bem conhecidos, e possui padrão de qualidade regular, a determinação da energia metabolizável do óleo de soja neste experimento serviu também como um indicador da qualidade experimental do presente trabalho.

2.2. Ensaio de metabolismo energético

A avaliação da EMAn das fontes lipídicas foi realizada por meio do método de coleta total de excretas, utilizando marcador de óxido de ferro, quando as aves atingiram 9 semanas de vida. O ensaio metabólico iniciou-se após cinco dias para adaptação às dietas experimentais, seguido por cinco dias para coleta de excretas (Sakomura e Rostagno, 2015). Todas as gaiolas foram equipadas com uma bandeja previamente preparada para o recolhimento das excretas, que ocorreu duas vezes por dia, às 08h00 e às 17h00.

As excretas foram acondicionadas em sacos plásticos, identificadas por repetição e armazenadas em freezer a -16°C. Ao final do período de coleta foi determinada a quantidade de

ração consumida, bem como a quantidade total de excretas produzidas. No momento das análises as amostras foram descongeladas e homogeneizadas.

Uma alíquota de cerca de 200 g das excretas de cada repetição foi retirada e pesada, sendo em seguida colocada em estufa com ventilação forçada à temperatura de 55°C por 72 horas, a fim de se proceder a pré-secagem. Posteriormente, as amostras foram expostas ao ar para equilíbrio com a temperatura e umidade ambiente. Em seguida foram pesadas, moídas em moinhos, tipo faca de 1mm, e acondicionadas em recipientes para as análises laboratoriais.

Foram determinados os teores de umidade e de nitrogênio nas excretas e das rações, segundo metodologia descrita por Silva e Queiroz (2002). A energia bruta das dietas, das fontes lipídicas e das excretas foi obtida em bomba calorimétrica (IKA® modelo PARR 6200). O valor de EMA e EMAn foi calculado utilizando as equações propostas por Matterson et al. (1965):

$$EMA \text{ da DT ou RB } \left(\frac{kcal}{kg} \right) = \frac{(EB \text{ ingerida} - EB \text{ excretada})}{Ingestão \text{ de alimento}}$$

$$EMA \text{ da fonte lipídica } \left(\frac{kcal}{kg} \right) = EMA \text{ RB} + \frac{(EMA \text{ DT} - EMA \text{ RB})}{\% \text{ de substituição}}$$

$$EMAn \text{ da DT ou RB } \left(\frac{kcal}{kg} \right) = \frac{(EB \text{ ingerida} - (EB \text{ excretada} + 8,22 \times BN))}{Ingestão \text{ de alimento}}$$

$$EMAn \text{ da fonte lipídica } \left(\frac{kcal}{kg} \right) = EMAn \text{ RB} + \frac{(EMAn \text{ DT} - EMAn \text{ RB})}{\% \text{ de substituição}}$$

Em que: DT = dieta teste, RB = ração basal, EB = energia bruta, BN = balanço de nitrogênio = N ingerido – N excretado.

O cálculo do coeficiente de metabolizabilidade da EMAn (CM) foi obtido pela razão entre EMAn e EB ingeridas e excretadas, expressas em porcentagem:

$$CM(\%) = \frac{EMAn \text{ dieta} - EMAn \text{ excreta}}{EMAn \text{ dieta} \times 100}$$

2.3. Análise estatística

Os resultados foram submetidos às análises de homogeneidade de variâncias e de normalidade dos resíduos (PROC UNIVARIATE). Os valores de EMA e EMAn das fontes lipídicas foram submetidos à análise de variância (PROC MIXED) e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. O modelo estatístico adotado está representado a seguir:

$$y_i = m + ti + ei. (a \times b)_i$$

Onde: Y_{ijk} = variável resposta das aves, a qual foi os valores de EMAn ou CM(%) das diferentes fontes lipídicas. μ = efeito geral da média. a_i = efeito fixo dos tratamentos (fontes lipídicas). $y_i = m + ti + ei. (a \times b)_i$ = erro residual.

3. Resultados e discussões

Os valores de EMAn (kcal / kg) encontrados para o óleo de soja, milho, canola, girassol e gordura de aves foram de 8.790 (kcal / kg), 8.773 (kcal / kg), 8.784, 8788 (kcal / kg), 8.681 (kcal / kg), respectivamente. Os CM (%) foram de 93,88% para o óleo de soja, 93,53% para o óleo de milho, 93,32% para o óleo de canola, 93,74% para o óleo de girassol e 93,06% para a gordura de aves. Não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre as fontes lipídicas para EMAn (kcal/kg) e CM (%), conforme a tabela 2.

Tabela 2. Matéria seca (MS), energia bruta (EB), energia metabolizável corrigida para nitrogênio (EMAn/kcal/kg) e coeficiente de metabolizabilidade (CM%) de fontes lipídicas na alimentação de codornas japonesas em fase de pico de postura.

Variáveis	Fontes Lipídicas					EPM	P- Valor
	Soja	Milho	Canola	Girassol	Gordura aves		
MS (%)	99,76	99,75	99,67	99,18	99,38	-	-
EB (kcal/kg)	9.363	9.379	9.412	9.374	9.328	-	-
EMAn (kcal/kg)	8.790	8.773	8.784	8.788	8.681	285,300	0,937
CM (%)	93,88	93,53	93,32	93,74	93,06	2,808	0,742

EPM: erro padrão da média.

Os valores da MS das fontes lipídicas apresentam-se semelhantes aos encontrados na literatura (Silva et al. (2009); Rostagno et al. (2011), estando entre 92% a 99%. Os valores de EB (kcal/kg) também foram semelhantes, variando de 9328 a 9412 kcal/kg.

A EB observada para o óleo de soja (9363 kcal/g) foi menor em relação aos achados de Rostagno et al. (2011), que encontraram valores de 9851 (kcal/kg), Junqueira et al. (2005), com 9866 kcal/kg e Silva et al. (2009), com 9851 kcal/kg, essas diferenças podem estar relacionadas a fatores como processamento, tipo de extração, e temperatura. A gordura de aves foi a fonte que apresentou menor valor de EMAn (8681 kcal/ kg) e menor coeficiente de metabolizabilidade, porém sem diferenças significativas para os demais óleos analisados. Essa diferença pode ser explicada pela composição química, a estrutura física e taxa de passagem no

trato digestivo, que podem interferir no aproveitamento do valor energético de um alimento (Oliveira et al., 2007).

A avaliação nutricional dos ingredientes é importante para se conhecer a sua estrutura para maximizar os aspectos digestivos. Os óleos e as gorduras são ingredientes ricos em energia por conter longas cadeias com ligações entre carbonos e entre carbonos e hidrogênio. Essas longas moléculas de hidrocarbonetos, ligadas ao grupo carboxila, são denominadas de ácidos graxos (Silva et al., 2018). Os ácidos graxos são encontrados na natureza principalmente na forma de triglicerídeos, os quais são moléculas compostas de três ácidos graxos ligados a uma molécula de glicerol por meio de ligações ésteres (Paula et al., 2021).

Entre os óleos vegetais comestíveis produzidos em grande escala, os de soja e canola apresentam um conteúdo de ácido α -linolênico que, conforme a variedade, clima, solo e outros fatores, pode variar entre 5 a 10% do total de suas composições em ácidos graxos (Carvalho, et al., 2017), no entanto, a gordura de aves apresenta cerca de 17% de ácido graxo linoleico. Os diversos tipos de óleos apresentam diferentes porcentagens de ácidos graxos, conforme apresentado na tabela 3.

Tabela 3. Teor de ácidos graxos em óleos vegetais e gordura de aves.

Fonte	Ácido graxo saturado	Ácido graxo monoinsaturado	Ácido graxo poli-insaturado	
			Ácido Graxo Linoleico	Ácido graxo Linolênico
Canola	6%	58%	26%	10%
Girassol	11%	2%	69%	—
Milho	13%	25%	61%	1%
Gordura de aves	32%	50%	17,9	—
Soja	15%	24%	54%	7%

Fonte: Adaptado de Reda et al., (2007) e Centenaro et al., (2008).

O comprimento da cadeia carbônica, o número de duplas ligações, a configuração das duplas ligações (*cis* e *trans*), a presença de ácido graxo livre ou agrupados em triglicerídeos, posição do ácido graxo na molécula de glicerol e a relação de ácidos graxos insaturados e saturados no lipídio são características químicas que influenciam a digestibilidade e no aproveitamento da energia pela ave (Fonseca et al., 2019). Assim como os efeitos nutricionais de fontes lipídicas (Lara et al., 2018).

A gordura de aves dentre as fontes testadas apresenta o maior percentual de ácidos graxos saturados, característica relacionada à redução da digestibilidade de lipídios, refletindo na

EMAn do ingrediente, porém, não foram observadas diferenças significativas entre as quantidades de EMAn das fontes de lipídios no presente estudo.

Diferentemente, Araújo et al. (2018), trabalhando com a inclusão de óleo de peixe para galinhas poedeiras, encontraram menores valores de EMAn (kcal /kg) quando comparados às fontes lipídicas de origem vegetal e justificam esse fato justamente pela alta quantidade de ácidos graxos saturados em fontes de origem animal e sua menor digestibilidade.

Aparentemente, as fontes lipídicas de origem vegetal possuem melhor composição para se utilizar na avicultura devido a seu perfil de ácidos graxos ser rico em formas insaturadas (oleico, linoleico e linolênico) (Aardsma et al., 2017) que têm melhor assimilação do ponto de vista metabólico, devido às fontes de origem animal apresentam uma maior variação quanto a sua composição e uma proporção maior de ácidos graxos saturados.

Segundo Andreotti et al. (2004) a taxa de passagem do alimento pelo sistema digestório ajuda na digestibilidade dos outros ingredientes da ração. Assim, esses valores podem ter sido influenciados pela utilização de outros componentes da dieta, como milho e a soja, resultando em um aumento aparente da utilização da energia acrescentado na EMAn (Cullen et al., 1961; Araújo et al., 2018).

Conforme relatado por Kerr et al. (2016) valores de CM (%) de lipídios em dietas avícolas acima de 92% se encontram adequados para inserção nas dietas. A definição precisa da quantidade de energia dos alimentos, principalmente de fontes lipídicas que são grandes fornecedoras de energia, é um assunto fundamental para atender adequadamente às exigências nutricionais das aves (Yang et al., 2020).

Trabalhos como o proposto na presente pesquisa, que avaliam o aproveitamento metabólico dos alimentos, são necessários e periodicamente exigidos devido às diferenciações em ambiente e principalmente devido aos avanços genéticos das linhagens de aves, que contribuem para um melhor aproveitamento das dietas, e em específico da EMAn dos alimentos (Araújo et al. 2018), indicando evolução na eficiência alimentar.

Além disso, fato que com exceção do óleo de soja, as fontes lipídicas avaliadas no presente estudo não estão presentes na última publicação das Tabelas Brasileiras de Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais para Aves e Suínos (2017). Tais dados são importantes para a formulação de dietas para codornas precisamente, visando atender eficientemente a necessidade energética de cada categoria animal.

4. Conclusão

O valor de energia metabolizável corrigida para nitrogênio encontrados para o óleo de soja, milho, canola, girassol e gordura de aves foram de 8.790 (kcal/kg), 8.773 (kcal/kg), 8.784, 8.788 (kcal/kg), 8.681 (kcal/kg), respectivamente. Os CM (%) foram de 93,88% para o óleo de soja, 93,53% para o óleo de milho, 93,32% para o óleo de canola, 93,74% para o óleo de girassol e 93,06% para a gordura de aves.

5. Referências Bibliográficas

Aardsma, M. P., Mitchell, R. D., & Parsons, C. M. (2017). Relative metabolizable energy values for fats and oils in young broilers and adult roosters. *Poultry science*, 96(7), 2320-2329. Doi: <https://doi.org/10.3382/ps/pex028>

Araujo, R. G. A. C., do Valle Polycarpo, G., Laurentiz, A. C., Amaral, V. H. A., Giacomini, P. V., de Lima, G. A., ... & Cruz-Polycarpo, V. C. (2018). Apparent metabolizable energy values of n-6 and n-3 rich lipid sources for laying hens. *Canadian Journal of Animal Science*, 99(1), 1-6. Doi: <http://dx.doi.org/10.1139/cjas-2017-0195>

Brito, C. O., Junior, V. R., Del Vesco, A. P., de Castro Tavernari, F., Calderano, A. A., Silva, C. M., ... & de Azevedo, M. S. P. (2020). Metabolizable energy and nutrient digestibility of shrimp waste meal obtained from extractive fishing for broilers. *Animal Feed Science and Technology*, 263, 114467. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114467>

Carvalho, Ana Carolina, Oliveira; Almeida, Cibele Maria Stivanin de. Características físico-químicas de óleos vegetais comestíveis puros e adulterados. Campos dos Goytacazes, 2017. p.78. Monografia – Laboratório de Ciências Químicas, Centro de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro.

Centenaro, G. S., Furlan, V. J. M., & de Souza-Soares, L. A. (2008). Gordura de frango: alternativas tecnológicas e nutricionais. *Semina: Ciências Agrárias*, 29(3), 619-629. Doi: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2008v29n3p619>

Cullen, M. P., Rasmussen, O. G., & Wilder, O. H. M. (1962). Metabolizable energy value and utilization of different types and grades of fat by the chick. *Poultry Science*, 41(2), 360-367. Doi: <https://doi.org/10.3382/ps.0410360>

Cruvinel, J. M., Urayama, P. M. G., Dos Santos, T. S., Denadai, J. C., Muro, E. M., Dornelas, L. C., ... & Sartori, J. R. (2020). Different dietary electrolyte balance values on performance, egg, and bone quality of Japanese quail (*Coturnix Japonica*) under heat stress. *Tropical Animal Health and Production*, 53(1), 1-8. Doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s11250-020-02472-7>

Fonseca, S. S., da Silva, V. C., Valentim, J. K., & Geraldo, A. (2018). Efeito da adição de diferentes emulsificantes na dieta sobre o rendimento de carcaça de frangos de corte. *Revista Acadêmica Ciência Animal*, 16, 1-13. Doi: <https://doi.org/10.7213/1981-4178.2018.16010>

Jahanian, R., & Edriss, M. A. (2015). Metabolizable energy and crude protein requirements of two quail species (*Coturnix japonica* and *Coturnixyphilophorus*). *Journal Animal Plant Science*, 25, 603-611.

Kerr, B. J., Dozier III, W. A., & Shurson, G. C. (2016). Lipid digestibility and energy content of distillers' corn oil in swine and poultry. *Journal of animal science*, 94(7), 2900-2908. Doi: <https://doi.org/10.2527/jas.2016-0440>

Junqueira, O. M., Andreotti, M. D. O., Araújo, L. F., Duarte, K. F., Cancherini, L. C., & Rodrigues, E. A. (2005). Valor energético de algumas fontes lipídicas determinado com frangos de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 34(6), 2335-2339. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982005000700020>

Lara, L. J. C., Baião, N. C., Aguilar, C. A. L., Cançado, S. V., Fiuza, M. A., & Ribeiro, B. R. C. (2005). Efeito de fontes lipídicas sobre o desempenho de frangos de corte. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 57(6), 793-798.

Matterson, L. D., Potter, L. M., Stutz, M. W., & Singsen, E. P. (1965). The metabolizable energy of feed ingredients for chickens. *The metabolizable energy of feed ingredients for chickens.*, (7).

Oliveira, N. T. E., Fonseca, J. B., Soares, R. T. R. N., Lombardi, C. T., & Mercadante, M. B. (2007). Determinação da energia metabolizável de diferentes alimentos testados em codornas japonesas fêmeas. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 59(1), 210-217. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0102-09352007000100034>

Paula, K. L. C., Pinheiro, S. R. F., Valentim, J. K., Castiblanco, D. M. C., Santos, A. S., Dallago, G. M., ... & Miranda, D. A. (2021). Sources of conjugated linoleic acid and lauric acid inoculated into the eggs of quails and its effects on immunity. *Semina: Ciências Agrárias*, 42(3Supl1), 1759-1772. Doi: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2021v42n3Supl1p1759>

Reda, F. M., El-Kholy, M. S., Abd El-Hack, M. E., Taha, A. E., Othman, S. I., Allam, A. A., & Alagawany, M. (2020). Does the use of different oil sources in quail diets impact their productive and reproductive performance, egg quality, and blood constituents?. *Poultry Science*, 99(7), 3511-3518. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.03.054>

Reda, S. Y., & Carneiro, P. I. B. (2007). Óleos e gorduras: aplicações e implicações. *Revista Analytica*, 27, 60-67.

Rostagno, H. S.; Albino, L. F. T.; Donzele, J. L.; Gomes, P. C.; Oliveira, R. F.; Lopes, D. C.; Ferreira, A. S.; Barreto, S. L. T.; Euclides, R. F. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 3. ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2011. 252 p.

Rostagno, H. S., Albino, L. F. T., Hannas, M. I., Donzele, J. L., Sakomura, N. K., Perazzo, F. G., & Brito, C. O. (2017). Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos: Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais (488 p.). *Departamento de Zootecnia-UFV, Viçosa, MG, BR.*

Sakomura, N. K.; Rostagno, H. S. Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos. 2º edição. Jaboticabal: Funep, 2015. 262 p.

Santos, M. J. B. D., Ludke, M. C. M. M., Ludke, J. V., Torres, T. R., Lopes, L. D. S., & Brito, M. S. (2013). Composição química e valores de energia metabolizável de ingredientes alternativos para frangos de corte. *Ciência Animal Brasileira*, v.12, n.1, 32-40. Doi: <https://doi.org/10.5216/cab.v14i1.17697>

SAS. SAS/STAT® 9.3 User's Guide. (2012). SAS Institute Inc., Cary.

Silva, D.J.; Queiroz, A.C. Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos. 3.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 235p.

Silva, E. P., Rabello, C. B. V., de Lima, M. B., de Souza Loureiro, R. R., de Souza Guimarães, A. A., & Júnior, W. M. D. (2009). Valores energéticos de ingredientes convencionais para aves de postura comercial. *Ciência Animal Brasileira*, 10(1), 91-100.

Silva, V. C., da Fonseca, S. S., Valentim, J. K., & Geraldo, A. (2018). Desempenho de frangos de corte alimentados com dietas com redução energética contendo diferentes tipos de emulsificantes. *Revista Acadêmica Ciência Animal*, 16, 1-11. Doi: <https://doi.org/10.7213/1981-4178.2018.16009>

Troni, A. R., Gomes, P. C., Mello, H. H. D. C., Albino, L. F. T., & Rocha, T. C. D. (2016). Composição química e energética de alimentos para frangos de corte. *Revista Ciência Agronômica*, 47, 755-760. Doi: <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20160090>

Vieira, D. V. G., de Oliveira, T. R., Bourdon, V. D. D. S., da Silva, L. F., Araújo, C. C., de Souza, E. C., ... & do Nascimento, C. S. (2020). Energia metabolizável do sorgo para codornas japonesas em postura. *Research, Society and Development*, 9(9), e503997417-e503997417. Doi: <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i9.7417>

Yang, Z., Pirgozliev, V. R., Rose, S. P., Woods, S., Yang, H. M., Wang, Z. Y., & Bedford, M. R. (2020). Effect of age on the relationship between metabolizable energy and digestible energy for broiler chickens. *Poultry science*, 99(1), 320-330. Doi: <https://doi.org/10.3382/ps/pez495>

Wu S.B, Molist F, Choet M, Pesti G. (2019). Historical flaws in bioassays used to generate metabolizable energy values for poultry feed formulation: a critical review. *Poultry Science*, 99 (1), 385-406

**CAPÍTULO 6: FONTES DE ÁCIDOS GRAXOS COMO REGULADORAS DO
DESEMPENHO, METABOLIZABILIDADE E SAÚDE DE CODORNAS JAPONESAS
EM FASE DE PRODUÇÃO**

**Artigo Redigido e Formatado (Adaptado) de acordo com as normas da revista
Archives of Animal Nutrition**

Percentil Scopus: 85%

Protocolo de ética CEUA N° 16/2020.

Fontes de ácidos graxos como reguladoras do desempenho, da metabolizabilidade dos nutrientes e da saúde de codornas japonesas em fase de produção

Resumo: Objetivou-se neste estudo, avaliar o desempenho, a qualidade dos ovos, a metabolizabilidade dos nutrientes das dietas, o perfil bioquímico sanguíneo, as características dos órgãos e a biometria intestinal de codornas japonesas alimentadas com dietas contendo diferentes fontes lipídicas. O experimento foi realizado utilizando 350 codornas japonesas em fase de postura, distribuídas em delineamento inteiramente casualizado em 5 dietas (Óleo de soja, de milho, de canola, de girassol e a gordura de aves) com 10 repetições de 7 aves por unidade experimental. O desempenho produtivo foi avaliado em três períodos de 28 dias e a cada final de período foram realizadas as análises de qualidade de ovos. Ao final de todo o experimento, uma ave de cada repetição foi abatida para as avaliações referentes aos parâmetros de saúde animal, no final do terceiro período também foi realizado o ensaio de metabolismo para determinar os coeficientes de metabolizabilidade e os valores de energia metabolizável. Aplicou-se o teste de Tukey ao nível de 5% de significância para a comparação das médias de cada variável. O desempenho produtivo das aves foi similar para todas as dietas experimentais. Houve efeito das diferentes fontes lipídicas para as variáveis gravidade específica, teor de amarelo (b*) da gema, unidade Haugh, câmara de ar. Houve diferenças significativas para os coeficientes de metabolizabilidade da matéria seca, do extrato etéreo e da matéria mineral, já para a proteína bruta e os valores de EMAn foram semelhantes entre os tratamentos. Não foram observadas diferenças no perfil bioquímico no tamanho do trato digestivo e reprodutivo e nos órgãos das aves. A adição do óleo de canola na dieta proporcionou melhorias no metabolismo dos nutrientes, o que não influenciou no aspecto produtivo da ave, provavelmente devido a estes metabólitos serem destinados a outras vias metabólicas. As diferentes fontes lipídicas na dieta de codornas em fase de postura tiveram respostas semelhantes perante ao desempenho e saúde animal.

Palavras-chave: coturnicultura, energia metabolizável, fase de postura, óleos vegetais.

1. Introdução

Na prática, é imprescindível que o nutricionista utilize óleo vegetal e/ou gordura animal para atingir o nível adequado de energia nas dietas de aves. Os óleos e as gorduras não somente colaboram com a energia da dieta (Villanueva-Lopez et al., 2020), mas representam uma gama de ingredientes que contribuem com consideráveis parcelas de nutrientes importantes para um equilíbrio nutricional adequado, fornecendo substratos necessários para o bom funcionamento do organismo (Reda et al., 2020; Sypniewski et al., 2020).

A principal importância da utilização lipídica, são os ácidos graxos atuando em processos fisiológicos do organismo, como reserva energética, manutenção da estrutura, integridade e funcionamento das membranas plasmáticas das células e melhoria da imunidade do organismo (Santos et al., 2019).

Os lipídios são quimicamente formados pela associação entre uma, duas ou três moléculas de ácidos graxos, os quais são classificados em saturados quando possuem apenas ligações

simples entre carbonos e insaturados quando possuem uma ou mais ligações duplas em sua cadeia (Nelson & Cox et al., 2014). Essas diferenças estão principalmente relacionadas a sua origem, vegetal ou animal, determinando a digestibilidade no organismo animal (Kamran et al., 2020). A adição de alimentos funcionais na dieta animal, contendo ácidos graxos, é uma vertente de grande expansão na nutrição de precisão. Visto a possibilidade de atuação como protetor natural do corpo, estimulando a renovação celular, diminuindo as reações de oxidação e melhorando a saúde das aves e seu desempenho (Dalla Costa et al., 2016).

Assim, é importante conhecer a origem, o processamento e a qualidade dos ingredientes a serem utilizados, porém, o mercado tem algumas dificuldades na produção de óleos/gorduras devido à alta demanda, além disso, existe pouca disponibilidade de dados na literatura a respeito dos parâmetros nutricionais de codornas. Portanto, hoje se busca por produtos alternativos para essa produção, como o uso de óleo de dendê, milho, girassol, entre outros (Roll et al., 2018).

Diante do exposto, objetivou-se avaliar diferentes fontes lipídicas nas dietas de codornas poedeiras, sobre a metabolizabilidade dos nutrientes, o desempenho, a qualidade dos ovos, a temperatura corporal e os parâmetros bioquímicos sanguíneos das aves.

2. Metodologia

O estudo foi submetido e aprovado pelo Comitê de ética em pesquisa da UFGD sob protocolo número 16/2020. O experimento foi desenvolvido no setor de coturnicultura da Faculdade de Ciências Agrárias, da Universidade Federal da Grande Dourados (FCA/UFGD), em Dourados, Mato Grosso do Sul. Apresentando latitude de 22° 13' 16" sul e longitude de 54° 48' 20" oeste. O clima da região, conforme a classificação Köppen, pertence ao tipo Cwa (mesotérmico úmido), com verão chuvoso e inverno seco, com precipitação média anual de 1.500 mm e temperatura média anual de 22 °C. A altitude varia entre 449 m e 477 m.

As aves foram alojadas em galpão de alvenaria, com 6,0m de comprimento, 2,5m de largura e 3,5m de pé direito, piso de concreto e cobertura com telhas em fibrocimento, muretas de 0,60 m e beiral de 0,50 m de comprimento, cortinas externas de polietileno na cor amarela, com acionamento manual e dois Eco Brisas, para controle da temperatura do aviário.

O experimento teve duração de 84 dias divididos em 3 períodos de 28 dias. Foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado com 5 dieta (óleo de soja, de milho, de canola, de girassol e gordura de aves) com 10 repetições e 7 codornas japonesas (*Coturnix japonica*) no pico de postura, por unidade experimental, totalizando 350 aves. As aves foram alojadas em gaiolas de arame galvanizado, com as dimensões de 50 x 50 x 16,5 cm

(comprimento x largura x altura), contendo duas divisórias de 25 x 50 cm totalizando 1250 cm². A densidade animal por unidade experimental foi de 178,5 cm²/ave.

As rações experimentais foram fornecidas à vontade, três vezes ao dia, em comedouro de chapa metálica galvanizada, tipo calha, percorrendo toda a extensão das gaiolas, o comedouro foi dividido de acordo com cada tratamento e repetição. A água também foi fornecida à vontade em bebedouro tipo *nipple*.

A ração basal foi composta à base de milho e de farelo de soja, sem inclusão de fontes lipídicas e conforme a composição de alimentos e das exigências nutricionais das aves estabelecidas por Rostagno et al. (2017), conforme a tabela 1.

Tabela 1. Composição percentual e calculada das dietas experimentais na fase de produção.

Ingredientes	Fontes lipídicas				
	Soja	Milho	Canola	Girassol	Gordura de aves
Milho moído	56,291	56,291	56,291	56,291	56,291
Soja farelo 45%	30,707	30,707	30,707	30,707	30,707
Inerte	1,059	0,963	1,023	0,816	0,888
Fonte lipídica	2,674	2,770	2,710	2,917	2,845
Calcário	6,950	6,950	6,950	6,950	6,950
Fosfato bicálcico	1,026	1,026	1,026	1,026	1,026
Sal comum	0,343	0,343	0,343	0,343	0,343
DL-metionina,98%	0,417	0,417	0,417	0,417	0,417
L-lisina HCL, 76%	0,323	0,323	0,323	0,323	0,323
¹ Premix					
Vitamínico	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
² Premix Mineral	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Composição nutricional calculada					
EM (kcal/kg)	2800.00	2800.00	2800.00	2800.00	2800.00
Proteína bruta (%)	18,920	18,920	18,920	18,920	18,920
Lisina digestível (%)	1,1490	1,1490	1,1490	1,1490	1,1490
Metionina+Cist.(%)	0,9421	0,9421	0,9421	0,9421	0,9421
Triptofano digs. (%)	0,186	0,186	0,186	0,186	0,186
Treonina digs. (%)	0,733	0,733	0,733	0,733	0,733
Cálcio (%)	2,990	2,990	2,990	2,990	2,990
Fósforo disp (%)	0,282	0,282	0,282	0,282	0,282
Sódio (%)	0,147	0,147	0,147	0,147	0,147

¹ Premix vitamínico/kg de dieta. Ácido Fólico (Mín.) 145,4 mg. Ácido Pantotênico (Mín.) 5.931,6 mg. Colina (Mín.) 121,8 g; Niacina (Mín.) 12,9 g. Selênio (Mín.) 480,0 mg. Vitamina A (Mín.) 5.000.000,00 UI. Vitamina B12 (Mín.) 6.500,0 mcg. Vitamina B2 (Mín.) 2.000,0 mg. Vitamina B6 (Mín.) 250,0 mg. Vitamina D3 (Mín.) 1.850.000,00 UI. Vitamina E (Mín.) 4.500,0 UI. Vitamina K3 (Mín.) 918,0 mg. ² Premix mineral/kg. Cobre (Mín.) 7.000,0 mg; Ferro (Mín.) 50,0 g. Iodo (Mín.) 1.500,0 mg. Manganês (Mín.) 67,5 g. Zinco (Mín.) 45,6 g.

Os valores de energia metabolizável das fontes lipídicas foram obtidos por meio de ensaio de metabolismo obtendo os seguintes valores: EMAn do óleo de soja foi de 8.790.00 (Kcal/kg), do óleo de milho foi de 8.773.00 (kcal/kg), do óleo de canola de 8.784.00 (kcal/kg), já o óleo de girassol foi de 8.788.00 (kcal/kg), e a gordura de aves de 8.681.00 (kcal/kg). Os CM (%) foram de 93,88% para o óleo de soja, 93,53% para o óleo de milho, 93,32% para o óleo de canola, 93,74% para o óleo de girassol e 93,06% para a gordura de aves.

Desta forma, para atender as exigências nutricionais propostas por Rostagno et al. (2017) as fontes lipídicas foram adicionadas à ração basal para que todas atingissem 2800,00 kcal/kg, sendo as rações isoenergéticas e isoproteicas.

O manejo diário consistiu em recolher e contabilizar os ovos (foram computados diariamente o número de ovos quebrados, trincados, com casca mole e sem casca), fornecer a ração, limpar os aparadores de ovos e realizar leitura das temperaturas (máxima e mínima) e umidade relativa do ar (UR).

Foram monitoradas as temperaturas e a UR duas vezes ao dia, às 8 e às 16 horas, por meio de termômetros de máxima e mínima e de bulbo seco e úmido, posicionados no centro do galpão, à altura do dorso das aves. Obtendo temperatura mínima de $20,1 \pm 0,25$ (°C) e máxima de $35,9 \pm 0,28$ (°C) e UR máxima de $78,9 \pm 1,8$ (%) e mínima de $49,8 \pm 1,7$ (%). Foram fornecidas 16 horas de luz diárias durante todo o período experimental. Este fornecimento de luz foi controlado por um relógio automático (*timer*). O acionamento dos eco-brisas e controle das cortinas eram realizados mediante a análise da temperatura do dia.

2.1. Teor de ácidos graxos das rações

Para a identificação dos ácidos graxos das dietas, as rações foram coletadas, homogeneizadas e congeladas a -20 °C em freezer para preservação das características dos ácidos graxos voláteis. A metodologia utilizada para a esterificação dos lipídios foi a descrita por Hulan *et al.* (1989). Após a obtenção dos ésteres, estes foram analisados em cromatógrafo gasoso GC-17 A Shimadzu, dotado de detector de ionização em chama de injeção manual, coluna capilar (CARBOWAX), utilizado H₂ como gás de arraste. Os cálculos foram feitos por integração com um computador ligado ao detector, sendo extraídos a quantidade total de ácidos graxos das dietas: C16:0 (Palmítico); C16:1 (Palmitoleico); C18:0 (Esteárico); C18:1w9 (Oleico); C18:2w6 (Linoleico); C18:3w3 (Linolênico); C20:4w6 (Araquidônico). C22:6w3 (Docosa-hexaenoico).

2.2.Desempenho animal

Ao final de cada período experimental, as sobras de ração de cada parcela foram pesadas e descontadas da quantidade de ração fornecida a fim de se obter o consumo de ração. No caso de aves mortas durante o período, o seu consumo médio foi descontado e corrigido, obtendo-se o consumo médio verdadeiro para a unidade experimental.

A produção média de ovos foi obtida computando-se o número de ovos produzidos, incluindo os quebrados, os trincados e os anormais (ovos com casca mole e sem casca) sendo expressa em porcentagem sobre a média de aves do período (ovo/ave/dia) e, sobre o número de aves alojadas no início do experimento (ovo/ave alojada).

Para determinação da produção de ovos comercializáveis, em cada período de 28 dias, foi descontado o número de ovos quebrados, trincados, com casca mole e sem casca da produção total de ovos, sendo então calculada a relação entre os ovos íntegros e totais de ovos produzidos durante cada período.

Todos os ovos íntegros produzidos em cada repetição foram pesados durante os três últimos dias de cada período de 28 dias para obtenção do peso médio. O peso médio dos ovos foi multiplicado pela produção de ovos/ave/dia, obtendo-se assim a massa total de ovos. A conversão alimentar por dúzia de ovos foi calculada pela relação do consumo total de ração em kg dividido pela dúzia de ovos produzidos (kg/dz) e a conversão alimentar por massa de ovos calculada pelo consumo de ração em kg dividido pela massa total de ovos (kg/kg).

A mortalidade das aves foi monitorada diariamente, para que ao final do período experimental seja obtida a taxa de viabilidade das aves, calculada pela diferença do número de aves vivas pelo número de aves mortas, sendo o resultado convertido em porcentagem.

2.3.Qualidade dos ovos

Para quantificação dos componentes dos ovos foram avaliados o peso da gema, o peso do albúmen e o peso da casca do ovo. Para isso, nos 3 últimos dias experimentais foram coletados todos os ovos íntegros de cada repetição, selecionados aleatoriamente 3 ovos, totalizando 1350 ovos analisados. Os ovos de cada repetição e de cada dia foram pesados individualmente em balança analítica com precisão de 0,001 g. Após as pesagens, os ovos foram identificados, em seguida realizadas as seguintes análises.

Gravidade específica

Os ovos foram dispostos em baldes com diferentes concentrações de solução salina (NaCl), cujas densidades variam de 1,065 g a 1,100 g com intervalos de 0,005 g. Com auxílio

de um densímetro foram dispostos 8 baldes com soluções salinas, avaliando ovos a partir da menor concentração da solução salina para a maior de gravidade de acordo com metodologia proposta por Castelló et al. (1989).

Coloração da gema

Após a quebra dos ovos, foram separadas as cascas da gema e albúmen em uma superfície plana, sendo realizada a avaliação da coloração da gema por meio de um colorímetro portátil modelo (Minolta CR 410), avaliando-se os parâmetros luminosidade (L^*), vermelho (a^*) e amarelo (b^*) em três diferentes pontos da superfície da gema. Também foi avaliada a cor do ovo por meio do Leque colorimétrico La Roche.

Altura e diâmetro da gema e albúmen

A altura da gema e albúmen e o diâmetro da gema foram medidos por meio de um paquímetro com auxílio de um tripé, sendo medida a altura da gema na região central e a altura do albúmen a 4 cm da gema. Esta análise foi realizada apenas por uma pessoa para ter uma maior acurácia dos dados.

Peso e porcentagem da gema, albúmen e casca

A gema foi separada do albúmen para ser pesada individualmente em balança digital. O peso do albúmen foi obtido por diferença entre o peso do ovo e da gema, descontando o peso da casca. O peso da casca foi obtido após a sua lavagem e secagem em estufa 65 °C por 72 horas. A porcentagem de casca, gema e albúmen, foi obtida pela divisão destes componentes pelo peso do ovo e este resultado multiplicado por 100.

Espessura da casca e tamanho da câmara de ar

Após as cascas serem lavadas e secas foi mensurada a espessura da casca em três pontos diferentes por meio um micrômetro de precisão de 0,001 mm da marca Digimess, realizando a média destes três pontos de espessura. O tamanho da câmara de ar foi medido após a quebra de 3 ovos por repetição experimental, também por meio um micrômetro de precisão de 0,001 mm da marca Digimess.

Unidade Haugh

A Unidade Haugh é a equação matemática descrita por Stadelman (1999), que correlaciona o peso do ovo com a altura da gema ou do albúmen.

$$UH = 100 \log \{H + 7,57 - 1,7 * W^{0,37}\}$$

H = altura do albúmen denso (mm) e W = peso do ovo (g).

Índice de gema

O índice de gema foi calculado pela relação entre a altura e o diâmetro da gema, conforme Moraleco et al., (2019).

Atividade de água (A_w)

Gema e albúmen foram misturados e uma parte da amostra foi colocada no compartimento do analisador de atividade de água Aqualab (Decagon Devices Inc.), que utiliza o princípio do ponto de orvalho conforme metodologia de Scatolini-Silva et al., (2013).

Avaliação de pH

Para determinação do pH da gema e do albúmen, ambos foram separados, acondicionados em frascos coletores e suavemente homogeneizados para proceder com a aferição por meio do peagâmetro digital Testo® 205, conforme Souza et al., (2021).

2.4. Metabolismo dos nutrientes e valores de EMAn

O coeficiente de metabolizabilidade dos nutrientes foi realizado por meio do método de coleta total de excretas, utilizando marcador de óxido de ferro, ao final do 84º dia de avaliação (Sakomura e Rostagno, 2015). As coletas foram realizadas duas vezes por dia, às 08h00 e às 17h00, durante cinco dias. Todas as gaiolas foram equipadas com uma bandeja previamente preparada para o recolhimento das excretas

As excretas foram acondicionadas em sacos plásticos, identificadas por repetição e armazenadas em freezer a -16°C . Ao final do período experimental, foi determinada a quantidade de ração consumida, bem como a quantidade total de excretas produzidas, descongeladas e homogeneizadas.

Uma alíquota de cerca de 200 g das excretas de cada repetição foi retirada e pesada, sendo em seguida colocada em estufa com ventilação forçada à temperatura de 55°C por 72 horas, a fim de proceder a pré-secagem. Posteriormente, as amostras foram expostas ao ar para que houvesse equilíbrio com a temperatura e umidade ambiente. Em seguida foram pesadas, moídas em moinhos tipo Willey com faca de 1 mm, e acondicionadas em freezer a -20°C para as análises laboratoriais.

O cálculo do coeficiente de metabolizabilidade dos nutrientes (CM) da coleta total de excretas foi efetuado consoante a seguinte equação: $CM (\%) = \text{Quantidade de nutriente da ração} - \text{Quantidade de nutriente da excreta} / \text{Quantidade de nutriente da ração} \times 100$. Foram determinados os teores de umidade e nitrogênio nas excretas e das rações, segundo metodologia descrita por Silva e Queiroz (2002). A energia bruta das dietas, das fontes lipídicas e das excretas foi obtida em bomba calorimétrica (IKA® modelo PARR 6200). O valor de EMA e EMAn foi calculado utilizando as equações propostas por Matterson et al. (1965):

$$EMA \text{ da DT ou RB } \left(\frac{kcal}{kg} \right) = \frac{(EB \text{ ingerida} - EB \text{ excretada})}{Ingestão \text{ de alimento}}$$

$$EMA \text{ da fonte lipídica } \left(\frac{kcal}{kg} \right) = EMA \text{ RB} + \frac{(EMA \text{ DT} - EMA \text{ RB})}{\% \text{ de substituição}}$$

$$EMAn \text{ da DT ou RB } \left(\frac{kcal}{kg} \right) = \frac{(EB \text{ ingerida} - (EB \text{ excretada} + 8,22 \times BN))}{Ingestão \text{ de alimento}}$$

$$EMAn \text{ da fonte lipídica } \left(\frac{kcal}{kg} \right) = EMAn \text{ RB} + \frac{(EMAn \text{ DT} - EMAn \text{ RB})}{\% \text{ de substituição}}$$

Em que: DT = dieta teste, RB = ração basal, EB = energia bruta, BN = balanço de nitrogênio = N ingerido — N excretado.

O cálculo do coeficiente de metabolizabilidade da EMAn (CM) foi obtido pela razão entre EMAn e EB ingeridas e excretadas, expressas em porcentagem:

$$CM(\%) = \frac{EMAn \text{ dieta} - EMAn \text{ excreta}}{EMAn \text{ dieta}} \times 100$$

2.5. Características dos órgãos

O abate e a coleta de amostras foram realizados ao final do 84º dia de experimento. Neste período, as aves foram submetidas a um jejum de 8 horas (somente ração) e, em seguida, selecionadas, pesadas e identificadas uma ave de cada parcela com o peso médio no intervalo de $\pm 10\%$ do peso médio da unidade experimental, totalizando 50 aves abatidas.

As aves foram insensibilizadas por deslocamento cervical, e realizada a sangria manual por meio de corte na jugular. Após a escaldagem branda na temperatura de 56 °C por 2 minutos, as aves foram depenadas manualmente. A carcaça foi pesada, e retirada as vísceras comestíveis: fígado, moela e coração; as vísceras não comestíveis em: proventrículo, intestino delgado (duodeno, jejuno e íleo), cecos, ovário e oviduto.

Todas as vísceras foram pesadas em balança semi-analítica, com capacidade 3200g. Para a aferição do peso da moela, foi retirado o alimento que estava no órgão, mantendo a queratina que o envolve. Já os cortes não comestíveis (proventrículo, duodeno, jejuno, íleo e ceco) sofreram uma leve compressão para eliminar o conteúdo interior, sendo feita a pesagem do tecido limpo em balança com precisão de 0,5 gramas, conforme Valentim et al., (2017).

O peso relativo de vísceras comestíveis e não comestíveis foram calculados pela relação entre o peso absoluto do órgão representativo de cada repetição e o peso de carcaça conforme a fórmula: $\text{Peso relativo} = \frac{\text{Peso absoluto da variável}}{\text{Peso da carcaça}} \times 100$.

2.6. Biometria do trato digestivo e reprodutivo

Após a identificação de cada tecido, duodeno, jejuno, jejuno + íleo, cecos, ovário e oviduto, procedeu-se à coleta e posteriormente o esvaziamento do conteúdo intestinal. Para medição, utilizou-se fita métrica de 90 cm (com precisão de 0,1 mm) para todos os segmentos. Para a obtenção dos valores relativos do comprimento, as medidas de cada segmento foram divididas pelo comprimento total do órgão, sendo o resultado multiplicado por 100.

2.7. Perfil bioquímico

O sangue foi coletado punção cardíaca para as análises sanguíneas, utilizou-se para isso, seringas de 3 ml acopladas com agulhas $25 \times 0,8$ mm sem anticoagulantes. As aves foram colocadas em decúbito dorsal e, então, a agulha foi inserida ao longo do assoalho ventral da entrada torácica até o coração. As amostras foram imediatamente centrifugadas para a separação do soro, e então, congeladas a -20°C até o momento das análises bioquímicas, sendo avaliado o colesterol, triglicérides, AST, ALT e glicose.

Os testes bioquímicos foram processados em espectrometria (BioPlus 200) segundo o indicado pelo fabricante dos kits comerciais (Gold Analisa®). Para as análises do lipidograma (colesterol e triglicérides) foram utilizadas amostras de sangue sem anticoagulante, mantidas em frasco plástico tipo *ependorf* por 1h à temperatura ambiente e centrifugadas a 3500 rpm e 4°C por 15 minutos para separação do soro.

As dosagens foram obtidas por meio da utilização de kits comerciais, sendo as amostras preparadas e analisadas conforme especificações do fabricante. Realizaram-se três leituras em espectrofotômetro (Beckman Coulter, DU-800) utilizando comprimento de onda de 500 nm.

2.8. Análise estatística

Os dados foram analisados por meio do pacote estatístico Statistical Analysis System (SAS, 2012), para verificar as premissas estatísticas de normalidade dos resíduos utilizou-se o teste de Shapiro-Wilk e a homogeneidade das variâncias foi avaliada pelo Teste de Levene. Os dados de todas as variáveis foram submetidos à análise de variância através do procedimento MIXED do SAS (SAS 9.3). O efeito de período de avaliação foi inserido no modelo como covariável. Quando observado efeito significativo, as médias foram comparadas com uso do teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

3. Resultados e discussões

Os dados descritivos do teor de ácidos graxos das dietas com diferentes fontes lipídicas são apresentados na tabela 2.

Tabela 2. Análise descritiva do teor de ácidos graxos das dietas de codornas japonesas com diferentes fontes lipídicas inclusas.

Perfil de ácidos graxos	Fontes Lipídicas				
	Soja	Milho	Canola	Girassol	Gordura de aves
Total Ac. Graxos Ração	95,47	95,44	95,28	96,96	96,14
C16:0 (Palmítico)	13,95	16,37	8,95	11,95	20,56
C16:1 (Palmitoleico)	0,53	0,59	0,67	0,53	6,94
C18:0 (Esteárico)	7,13	5,97	4,13	6,13	8,03
C18:1w9 (Oleico)	26,67	34,63	55,81	26,78	42,54
C18:2w6 (Linoleico)	44,82	36,51	24,35	49,32	16,97
C18:3w3 (Linolênico)	2,12	1,12	1,12	2,03	0,89
C20:4w6 (Araquidônico)	0,13	0,13	0,13	0,11	0,10
C22:6w3 (Docosa-hexaenoico)	0,12	0,12	0,12	0,11	0,11

*Análise descritiva dos dados.

As rações com inclusão do óleo de canola apresentaram menor quantidade de ácidos graxos palmítico, esteárico e a gordura de aves o menor teor de linoleico. Já a inclusão do óleo de soja, comumente utilizado, apresenta maior porcentagem de ácidos graxos esteáricos, linoleico e linolênico na dieta de codornas. A inclusão do óleo de milho apresentou maior quantidade de ácido graxo palmítico, e do óleo de girassol a maior quantidade de ácidos totais e linoleicos. As aves não conseguem sintetizar todos os ácidos graxos de que necessitam e, por esse motivo, alguns são considerados essenciais, tais como o ácido linoleico (De Paula et al., 2020). Por isso é de interesse zootécnico que as dietas dos animais monogástricos tenham inclusões de ácidos graxos para suprir tais exigências.

A inclusão das fontes energéticas nas dietas de codornas japonesas em fase de postura proporcionou efeito significativo para as variáveis de produção total de ovos, de produção de ovos comercializáveis e para conversão alimentar/dúzia e por massa de ovos. As demais variáveis estudadas não tiveram efeito significativo (Tabela 3).

Tabela 3. Desempenho produtivo de codornas japonesas em fase de postura alimentadas com diferentes fontes lipídicas na dieta.

Variáveis	Fontes Lipídicas					EPM	P-valor
	Soja	Milho	Canola	Girassol	Gordura aves		
Consumo/ave/dia (g)	25,55	25,47	25,56	25,86	25,37	0,135	0,810
Produção de ovos (%)	94,52A	94,84A	90,65B	95,17A	93,95AB	0,465	0,010
Produção de ovos comercializáveis (%)	93,24A	93,59A	88,71B	93,11A	91,88AB	0,459	0,008
Conversão alimentar/dúzia (%)	1,63A	1,63A	1,71B	1,63A	1,64A	0,011	0,048
Massa ovos (kg)	10,59AB	10,60AB	9,97B	10,83A	10,26AB	0,089	0,008
Conversão alimentar/massa (kg/kg)	2,43	2,41	2,56	2,39	2,48	0,020	0,063
Viabilidade (%)	99,85	99,85	99,67	99,91	99,53	0,098	0,704

Médias seguidas de letras diferentes na linha diferem-se estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey. EPM: Erro padrão da média.

A produção de ovos, a inclusão de óleo de canola proporcionou menor porcentagem comparado com as demais fontes. As fontes oriundas do milho, do girassol, da soja e da gordura de aves foram semelhantes. Assim, ambas as fontes lipídicas, podem ser recomendadas sem haver interferência no desempenho produtivo das aves, esse fato se deve a prévia avaliação dos valores de energia metabolizável e do coeficiente de metabolizabilidade dos óleos utilizados na pesquisa. Dessa forma, os animais continham em sua dieta valores de energia semelhantes, respondendo seu desempenho similarmente.

Santos et al. (2009), também não encontrou resultados significativos na produção, entre óleo de soja e de algodão, relatando que o valor energético desses alimentos era semelhante, resultados estes, que refutam aos achados de Küçükersan et al. (2010), que relatam menor produção de ovos com galinhas alimentadas com óleo de girassol, comparados com óleo de soja, de peixe e de avelã, e atribuem este resultado ao perfil de ácidos graxos do óleo em questão.

Reda et al. (2020), explicando o motivo para diferentes resultados de desempenho em aves alimentadas com diferentes fontes lipídicas, relatam que quanto maior é o grau de insaturação dos ácidos graxos de uma fonte lipídica, maior é o potencial de formação de micelas

no lúmen intestinal. Resultando assim, em melhora no processo digestivo e consequentemente melhor absorção, elevando os valores energéticos das dietas. Essa valorização energética pode favorecer a ação hormonal para liberação de folículos ovarianos, aumentando assim a produção de ovos (Reda et al., 2020).

Santos et al. (2009), investigaram a adição de óleos vegetais em dietas para poedeiras e detectaram aumento na porcentagem de ovos para aves alimentadas com dieta com 2% de óleo de linhaça e óleo de soja. Os autores, atribuíram tais diferenças pela alta quantidade de ácidos graxos de cadeia curta no perfil lipídico do óleo de linhaça, sendo este de melhor aproveitamento na fisiologia da ave.

Com relação às características dos ovos, os resultados revelaram que as codornas japonesas que se alimentaram com diferentes fontes de lipídios em suas dietas não foram influenciadas significativamente. Esses parâmetros incluem: peso ovo, peso gema, leque colorimétrico, L, A, altura de albúmen, altura de gema, diâmetro de gema, peso da casca, espessura de casca, peso do albúmen, unidade Haugh, índice de gema, % gema, % casca, % albúmen, pH albúmen, pH gema e Atividade de água. Porém, houve efeito das diferentes fontes lipídicas para as variáveis gravidade específica, cor B, unidade Haugh, câmara de ar (Tabela 4).

Com relação à gravidade específica, o maior valor encontrado foi com a inclusão de óleo de milho, já o menor foi com a inclusão de óleo de canola. A mensuração da gravidade específica nos ovos segundo Paiva et al. (2019) ajuda na determinação da qualidade de sua casca, pois a porosidade da casca interfere na perda de água dos ovos. Dessa forma, quanto maior for o índice de gravidade específica, melhor foi a qualidade do produto.

Tabela 4. Qualidade de ovos de codornas japonesas em fase de postura alimentadas com diferentes fontes lipídicas na dieta.

Variáveis	Fontes Lipídicas				EPM	P-valor	
	Soja	Milho	Canola	Girassol	Gordura aves		
Peso do ovo (g)	11,220	11,140	11,020	11,220	11,930	0,050	0,256
Peso da gema (g)	3,640	3,610	3,560	3,600	3,460	0,024	0,130
Peso da casca (g)	0,910	0,910	0,880	0,890	0,890	0,005	0,242
Peso de albúmen (g)	6,640	6,610	6,500	6,610	6,560	0,054	0,897
Gravidade	1,072ab	1,074a	1,070b	1,071ab	1,073ab	0,001	0,027
Leque	4,780	4,930	4,680	4,860	4,860	0,082	0,746
L	55,560	55,780	55,570	55,450	56,040	0,128	0,592
A	-1,940	-1,810	-1,980	-1,770	-1,630	0,044	0,070
B	35,79B	36,95AB	36,35AB	36,20 AB	37,50A	0,163	0,008

Altura de albúmen (mm)	4,110	4,000	4,080	4,150	4,390	0,046	0,098
Altura de gema (mm)	10,480	10,630	10,600	10,470	10,640	0,047	0,654
Diâmetro de gema (mm)	23,390	23,260	23,400	23,300	23,150	0,095	0,794
Espessura casca (cm)	0,210	0,210	0,200	0,200	0,200	0,001	0,265
Unidade Haugh	88,83AB	86,91B	87,19B	87,83AB	89,64A	0,264	0,011
Índice de gema	0,440	0,450	0,450	0,440	0,460	0,002	0,378
Peso da Gema (%)	32,940	32,580	32,870	33,150	32,030	0,274	0,698
Peso da Casca (%)	8,160	8,220	8,080	7,980	8,200	0,038	0,253
Peso de Albúmen (%)	58,910	59,180	58,980	58,850	59,790	0,289	0,755
Câmara de ar (mm)	1,75BC	1,94AB	1,81BC	1,42C	2,30A	0,067	0,001
pH albúmen	8,764	8,822	8,878	8,880	8,820	0,018	0,263
pH gema	6,360	6,431	6,402	6,465	6,543	0,025	0,196
Atividade de água	0,985	0,990	0,987	0,989	0,982	0,001	0,291

Médias seguidas de letras diferentes na linha diferem-se estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade. EPM: Erro padrão da média.

Outra variável com médias diferentes encontradas foi a cor B, que teve maior atribuição com a inclusão de gordura de aves e menor para o óleo de soja. Segundo Moraleco et al., (2019) a intensidade da cor das gemas é decorrente da deposição de pigmentos naturais, entre elas às xantofilas (grupo de pigmentos carotenóides), principalmente a luteína e a zeaxantina presentes no milho que é o principal componente das rações.

Entre os atributos sensoriais, a cor tem sido relacionada como indicador de qualidade, exercendo papel importante na aceitação dos alimentos pelos consumidores. Dessa forma, atentar-se aos parâmetros de colorimetria são importantes para incentivo de compra do consumidor (Moraleco et al., 2019).

Já a unidade Haugh teve piora quando incluído o óleo de milho e canola nas dietas e melhores resultados para a inclusão de gordura de aves. A unidade Haugh é o parâmetro mais usado para expressar a qualidade do albúmen. Segundo Alleoni e Antunes (2001) a unidade Haugh é uma expressão matemática que correlaciona o peso do ovo com a altura do albúmen denso. De modo geral, quanto maior o valor da unidade Haugh, melhor a qualidade do ovo, na presente pesquisa, os resultados estiveram dentro da normalidade esperada (acima de 75), conforme Alleoni & Antunes (2001).

Houve menor tamanho de câmara de ar, quando incluído óleo de girassol e maior para a gordura de aves. A principal alteração da qualidade é consequência da perda de água por meio dos poros da casca pela evaporação, que diretamente repercute no tamanho da câmara de ar (Santos et al., 2016). Dessa forma, quanto menor a câmara de ar, maior foi a qualidade do ovo, pois indica que houve menos trocas gasosas entre o ovo e o ambiente, e principalmente a perda de água pelos poros da casca, fator este resultante na piora da qualidade da gema e do albúmen.

Conforme relatado por Santos et al. (2016) o albúmen perde água através da casca, encolhendo, deixando mais espaço para a câmara de ar expandir, diminuindo então a densidade do ovo. Conforme verificado, aspectos nutricionais podem influenciar diretamente na qualidade dos ovos, principalmente na deposição de gema, albúmen e casca. Porém, na presente pesquisa estas variáveis foram pouco alteradas. Guçlu et al. (2008), que verificaram que diferentes fontes de óleo alteraram significativamente o índice de gema e a Unidade Haugh.

Celebi et al. (2009) e Buitendach et al. (2013), comparando a inclusão de óleo vegetais e de sebo bovino nas rações de poedeiras das linhagens Isa Brown e Hy Line Silver Brown com 67 e 20 semanas de idade respectivamente, não encontraram alterações significativas no peso dos ovos, qualidade, produção, consumo de ração e peso corporal, e atribuem isso a qualidade energética semelhante dos óleos, que atendem as exigências da categoria animal, quando calculadas de forma precisa.

Göçmen et al., (2021) concluíram que a suplementação de diferentes fontes de lipídios nas dietas para codornas pode ser utilizada sem afetar negativamente o desempenho e a qualidade dos ovos, e podem ser usadas para alterar a composição de ácidos graxos da gema codornas de postura. Conforme demonstrado na presente pesquisa, a maioria das variáveis analisadas não teve efeitos dos tratamentos, sendo assim, as fontes lipídicas podem ser indicadas sem afetar as características dos ovos.

Houve diferenças significativas para os coeficientes de metabolizabilidade conforme a tabela 5 para a matéria seca, extrato etéreo e matéria mineral. As aves alimentadas com óleo de canola na dieta apresentaram maior digestibilidade da matéria seca quando comparadas às aves alimentadas com gordura de aves.

Houve também maior digestibilidade de extrato etéreo para aves alimentadas com óleo de canola quando comparados às aves alimentadas com óleo de girassol. E menor digestibilidade de matéria mineral para as fontes de milho quando comparadas aos demais óleos. Os coeficientes de metabolizabilidade da proteína bruta e EMAn foram semelhantes entre as fontes testadas.

Tabela 5. EMAn (kcal/kg) e Coeficientes de metabolizabilidade (%) da matéria seca, do extrato etéreo, da proteína bruta, da matéria mineral das dietas contendo diferentes fontes lipídicas na dieta.

Variáveis	Fontes Lipídicas					EPM	P- Valor
	Soja	Milho	Canola	Girassol	Gordura aves		
Matéria Seca (%)	84,13AB	80,99AB	84,65A	82,21AB	79,38B	0,604	0,027
EE (%)	79,40AB	77,10B	87,23A	84,66AB	80,69AB	1,150	0,026
PB (%)	71,15	67,58	69,41	67,80	66,30	0,978	0,587
M. Mineral (%)	63,87AB	57,25C	61,44 BC	65,25AB	66,55A	0,675	<0,001
EMAn (kcal/kg)	2,81	2,74	2,746	2,75	2,75	0,024	0,890

M. Mineral: Matéria Mineral. EE (%): Extrato Etéreo. PB (%): Proteína Bruta. EMAn: Energia metabolizável aparente corrigida pelo nitrogênio. Médias seguidas de letras diferentes na linha diferem-se estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. EPM: Erro padrão da média.

A digestibilidade dos nutrientes é um fator primordial para o bom desempenho animal e pode ser alterada por diversos fatores, como, equilíbrio na microbiota, a histomorfometria do trato gastrointestinal, qualidade do alimento, entre outros, favorecendo a saúde intestinal das aves e, dessa maneira, podendo melhorar a absorção dos nutrientes da dieta.

Em codornas, a velocidade de passagem do alimento pelo trato gastrointestinal é mais rápida do que galinhas poedeiras e frangos de corte, este fator pode afetar a digestibilidade dos nutrientes da dieta (Roll et al., 2018). Dessa forma diminuindo a eficiência na absorção de nutrientes e piorando o desempenho produtivo dos animais, sendo o tempo de passagem é em torno de 1 a 1,5 horas, contra 3 a 5 horas em galinhas (Sakamoto et al., 2006).

A menor digestibilidade de matéria seca da gordura de aves perante os demais óleos vegetais era esperada devido às características relacionadas a sua origem, determinando o seu grau de digestibilidade no organismo animal (Calixto et al., 2020). Fontes de origem vegetal possuem mais ácidos graxos insaturados em sua cadeia carbônica, sendo dessa forma digestível. Já as fontes de origem animal possuem mais ácidos graxos saturados, dificultando a quebra no lúmen intestinal. Os produtos finais da digestão das gorduras são ácidos graxos, glicerol e monoglicerídeos. Os ácidos graxos de cadeia curta e o glicerol são absorvidos diretamente, por difusão, para a via sanguínea, já os ácidos graxos de cadeia longa necessitam ser solubilizados pelos sais biliares (De Paula et al., 2021).

O comprimento da cadeia carbônica também é importante determinante da digestão e absorção de lipídios, visto que diferentes cadeias de ácidos graxos apresentam diferentes rotas metabólicas e ácidos graxos de cadeia média. Como os presentes no óleo de canola, podendo

ser mais rapidamente digeridos e absorvidos, podendo ser verificado pela maior digestibilidade deste óleo.

Diferentes fontes de ácidos graxos podem influir no desenvolvimento do sistema reprodutivo, devido aos diferentes fornecimentos energéticos que podem estimular a ovulação, porém, na presente pesquisa, os tratamentos tiveram seu desenvolvimento reprodutivo, intestinal e visceral semelhantes. Fato este que pode ser justificado pela exatidão no fornecimento energético das dietas, atendendo as exigências nutricionais para essa fase de produção. Não houve diferenças significativas para as variáveis relacionadas ao peso absoluto e relativo de órgãos e biometria do sistema reprodutivo e intestinal (Tabela 6).

Tabela 6. Peso absoluto e relativo de órgãos e biometria do trato reprodutivo e gastrointestinal de codornas japonesas em fase de postura alimentadas com diferentes fontes lipídicas na dieta.

Variáveis	Fontes lipídicas					EPM	P- Valor
	Soja	Milho	Canola	Girassol	Gordura aves		
Fígado (g)	4,86	4,42	4,53	4,43	4,34	0,120	0,760
Coração (g)	1,36	1,21	1,26	1,31	1,36	0,028	0,441
Moela (g)	3,66	3,72	3,77	3,77	3,65	0,078	0,983
Proventrículo (g)	0,61	0,73	0,69	0,67	0,63	0,015	0,123
Fígado (%)	5,91	5,24	5,38	5,43	5,15	0,138	0,484
Coração (%)	1,64	1,44	1,49	1,60	1,58	0,028	0,143
Moela (%)	4,44	4,43	4,81	4,61	4,29	0,095	0,896
Proventrículo (%)	0,73	0,87	0,81	0,82	0,74	0,171	0,055
Oviduto (g)	5,31	6,16	5,98	6,16	4,91	0,180	0,091
Ovário (g)	4,87	4,71	4,67	5,49	4,63	0,176	0,495
Trato reprodutivo (g)	10,22	10,88	10,96	11,01	9,54	0,317	0,535
Trato reprodutivo (cm)	24,18	27,70	27,69	28,33	27,31	0,510	0,098
Oviduto (%)	51,98	56,84	55,13	52,81	54,37	1,187	0,738
Ovário (%)	47,68	43,15	43,86	49,41	45,63	1,214	0,457
Trato gastrointestinal (g)	6,79	6,34	6,15	6,07	6,36	0,164	0,702
Duodeno (g)	1,79	1,69	1,81	1,57	1,74	0,047	0,509
Jejuno+Íleo (g)	2,59	2,73	2,88	2,71	2,78	0,062	0,738
Ceco (g)	2,03	1,73	1,45	1,78	1,84	0,089	0,346
Duodeno (%)	10,22	10,88	10,96	11,01	9,54	0,636	0,535
Jejuno+Íleo (%)	43,60	45,51	46,84	45,00	44,02	0,670	0,586
Ceco (%)	27,58	27,40	23,35	27,17	28,40	0,757	0,241
Trato Gastrointestinal (cm)	51,86	52,06	52,91	52,31	50,50	0,635	0,826
Duodeno (cm)	9,45	9,69	10,13	9,39	9,54	0,142	0,495
Jejuno+Íleo (cm)	38,57	37,65	39,75	39,16	36,46	0,523	0,324
Duodeno (%cm)	18,29	18,66	18,54	17,96	18,37	0,244	0,919
Jejuno+Íleo (%cm)	74,48	72,26	75,34	74,89	71,74	0,679	0,351

EPM: Erro padrão da média.

Aydin et al. (2006), relata em seu trabalho que houve aumento nas características reprodutivas de codornas alimentadas com dietas suplementadas com óleo de linhaça, e este fato pode ser atribuído à regulação do metabolismo hormonal pelos fitoestrógenos dietéticos presentes nestes alimentos. Principalmente o estrogênio, são essenciais para o desenvolvimento e funcionamento do sistema reprodutivo das aves, além de outros hormônios não-esteróides (catecolaminas, prostaglandinas, ativador do plasminogênio e inibina).

As aves, por já estarem em fase de postura, apresentam órgãos internos desenvolvidos, não sendo influenciada pelas fontes lipídicas em relação ao peso de vísceras. O consumo excessivo de energia para rações de codornas durante a produção de ovos acarreta um aumento de gordura abdominal, envolvendo alguns órgãos, especialmente o aparelho reprodutivo e o fígado, que estão associados com a eficiência produtiva das aves e a redução/metabolização da gordura (Leksrisompong, 2010). Dessa forma, o excesso de gordura no ovário e no fígado são causados pelo desequilíbrio energético nas dietas de poedeiras portanto, repercutindo para a redução da produção de ovos, o que não foi observado nesta pesquisa. Com relação ao perfil bioquímico do soro sanguíneo das aves não houve efeito ($P>0,05$) das fontes lipídicas avaliadas (Tabela 7).

Tabela 7. Análises bioquímicas do soro sanguíneo de codornas japonesas em fase de postura alimentadas com diferentes fontes lipídicas na dieta.

Parâmetros	Fontes Lipídicas					EPM	P-valor
	Soja	Milho	Canola	Girassol	Gordura aves		
AST (UI/L)	291,24	362,78	257,43	328,76	326,30	32,18	0,201
ALT (UI/L)	2,890	2,978	2,204	2,345	2,968	0,782	0,327
Colesterol (mg/dL)	109,70	95,70	98,40	103,90	110,00	11,32	0,858
Glicose (mg/dL)	266,60	257,60	260,70	268,60	261,00	9,22	0,912
Triglicerídeos (mg/dL)	315,20	329,30	294,70	398,80	358,60	51,86	0,656

EPM: Erro padrão da média. ALT: alanina aminotransferase. AST: aspartato aminotransferase (AST)

Os parâmetros bioquímicos do sangue das aves sugerem sua saúde fisiológica, atrelado a influência nutricional. Os adequados parâmetros bioquímicos indicam melhor estado fisiológico das aves, condizente com sua categoria, para concluir que as dietas estavam adequadas sem interferir na saúde animal. Em contrapartida, Velasco et al. (2010), relata que a ingestão de gordura pelas aves influencia as concentrações sanguíneas de triglicerídeos, lipoproteínas e ácidos graxos, além de alterar a composição de gordura e carne.

Lightfoot (2006) relata que à alta taxa de peroxidação lipídica em dietas ricas em fontes lipídicas poli-insaturadas, podem resultar em alta formação de hidroperóxidos de ácidos graxos e consequente dano tecidual, sendo a AST é uma forma de verificação deste problema. Nesta pesquisa, verificou-se que não houve danos hepáticos das aves, resultando em índices séricos nos valores de referência indicados de AST e ALT.

Os lipídios séricos podem ser oriundos da absorção intestinal, da mobilização do tecido adiposo ou de processos metabólicos. Pappas et al. (2005) indicaram que houve efeitos positivos da ingestão de ácidos graxos monoinsaturados, como ácido oleico (C18: 1 n-9) e ácidos graxos n-3 na saúde animal, com diminuição dos triglicerídeos no sangue.

4. Conclusão

A adição do óleo de canola na dieta proporcionou melhorias no metabolismo dos nutrientes, o que não influenciou no aspecto produtivo da ave, provavelmente devido a estes metabólitos serem destinados a outras vias metabólicas. As diferentes fontes lipídicas na dieta de codornas em fase de postura tiveram respostas semelhantes perante ao desempenho e saúde animal.

5. Referências Bibliográficas

Alagawany, M., Elnesr, S. S., Farag, M. R., El-Hack, A., Mohamed, E., Khafaga, A. F., ... & Dhama, K. (2019). Omega-3 and omega-6 fatty acids in poultry nutrition: effect on production performance and health. *Animals*, 9(8), 573.

Alleoni, A. C. C., & Antunes, A. J. (2001). Haugh unit as a measure of the quality of hen eggs stored under refrigeration. *Scientia Agricola*, 58(4), 681-685. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0103-90162001000400doi005>

Aydin, R., Karaman, M., Toprak, H. H. C., Ozugur, A. K., Aydin, D., & Cicek, T. (2006). The effect of long-term feeding of conjugated linoleic acid on fertility in Japanese quail. *South African Journal of Animal Science*, 36(2), 99-104. Doi: <https://doi.org/10.4314/sajas.v36i2.3991>

Buitendach, G. C., De Witt, F. H., Hugo, A., Van Der Merwe, H. J., & Fair, M. D. (2013). Effect of dietary fatty acid saturation on egg production at end-of-lay. *South African Journal of Animal Science*, 43(5), S131S-S134. Doi: <https://doi.org/10.4314/sajas.v43i5.24>

Castelló, J. A. L.; Pontes, M.; González, F. F. Producción de huevos. 1. ed. Barcelona: Real Escuela de Avicultura, 1989. 367 p.

Calixto, R. C., Costa, L. V., Júnior, J. D. M., de Moura, M. I., & Duarte, F. O. S. (2020). Desempenho de frangos de corte alimentados com dietas contendo óleo de soja. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 3(2), 670-674. Doi: <https://doi.org/10.34188/bjaerv3n2-026>

Capitelli, R., & Crosta, L. (2013). Overview of psittacine blood analysis and comparative retrospective study of clinical diagnosis, hematology and blood chemistry in selected psittacine species. *Veterinary Clinics: Exotic Animal Practice*, 16(1), 71-120. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.cvex.2012.10.002>

Celebi, S., & Macit, M. (2009). Effects of feeding tallow and plant fat to laying hens on performance, egg quality and fatty acid composition of egg yolk. *Journal of applied animal research*, 36(1), 49-52. Doi: <https://doi.org/10.1080/09712119.2009.9707029>

Costa, F. G. P., Souza, J. G. D., Silva, J. H. V. D., Rabello, C. B. V., Goulart, C. D. C., & Lima Neto, R. D. C. (2008). Influência do óleo de linhaça sobre o desempenho e a qualidade dos ovos de poedeiras semipesadas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37, 861-868. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982008000500013>

Dalla Costa, F. A., de Castro Tavernari, F., Dalla Costa, O. A., de Castro, F. F., & Remus, A. (2016). Enriquecimento com ácidos graxos da série ômega 3 em carne de aves e ovos. *Pubvet*, 11, 103-206. Doi: <https://dx.doi.org/10.22256/pubvet.v11n2.113-123>

De Paula, K. L. C., Pinheiro, S. R. F., Valentim, J. K., Castiblanco, D. M. C., Santos, A. S., Dallago, G. M., ... & Miranda, D. A. (2021). Sources of conjugated linoleic acid and lauric acid inoculated into the eggs of quails and its effects on immunity. *Semina: Ciências Agrárias*, 42(3Supl1), 1759-1772. Doi: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2021v42n3Supl1p1759>

Dos Santos, M. D. S. V., Espíndola, G. B., Lobo, R. N. B., Fuentes, M. D. F. F., de Carvalho, L. E., & Santos, A. B. E. (2009). Desempenho e qualidade dos ovos de poedeiras comerciais submetidas às dietas com diferentes óleos vegetais. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 10(3).

Göçmen, R., Kanbur, G., & Cufadar, Y. (2021). The Use of Different Fat Sources on Performance, Egg Quality and Egg Yolk Fatty Acids Content in Laying Quails. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 9(8), 1413-1418. Doi: <https://doi.org/10.24925/turjaf.v9i8.1413-1418.4243>

Guclu, B. K., Uyanik, F., & Iscan, K. M. (2008). Effects of dietary oil sources on egg quality, fatty acid composition of eggs and blood lipids in laying quail. *South African Journal of Animal Science*, 38(2), 91-100.

Hulan, H. W., Ackman, R. G., Ratnayake, W. M. N., & Proudfoot, F. G. (1989). Omega-3 fatty acid levels and general performance of commercial broilers fed practical levels of redfish meal. *Poultry Science*, 68(1), 153-162.

Kamran, J., Mehmood, S., & Mahmud, A. (2020). Influence of Thermally Oxidized Vegetable Oil and Animal Fats on Growth Performance, Nutrient Digestibility, Carcass Parameters and Meat Quality of Broilers. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 22(2). Doi: <https://doi.org/10.1590/1806-9061-2020-1254>

Küçükersan, K., & Küçükersan, S. (2010). Influence of different dietary oil sources on performance and cholesterol content of egg yolk in laying hens. 4 (12): 117-122.

Leksrisompong, N. (2010). Effects of feeder space and feeding programs during rearing and laying on broiler breeder reproductive performance and livability. North Carolina State University. xviii, p.197.

Lightfoot, T. J., Skibola, C. F., Smith, A. G., Forrest, M. S., Adamson, P. J., Morgan, G. J., ... & Holly, E. A. (2006). Polymorphisms in the oxidative stress genes, superoxide dismutase, glutathione peroxidase and catalase and risk of non-Hodgkin's lymphoma. *Haematologica*, 91(9), 1222-1227.

Moraleco, D. D., Valentim, J. K., Silva, L. G., Lima, H. J. D. Á., Bitencourt, T. M., & Dallago, G. M. (2019). Egg quality of laying hens fed diets with plant extracts. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 41. Doi: <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v41i1.43801>

Nelson, L. D.; Cox, M. M. Princípios de bioquímica de Lehninger, 6. ed. São Paulo: Sarvier, p. 1336, 2014.

Paiva, L. L., Nascimento, K. M. R. S., Silva, N. S., Freitas, H. B., Silva, T. R., Ofico, A. V., ... & Santos, C. B. T. (2019). Qualidade de ovos brancos comerciais em diferentes temperaturas de conservação e período de estocagem. *Boletim de Indústria Animal*, 76, 1-8. Doi: <https://doi.org/10.17523/bia.2019.v76.e1457>

Pappas, A. C., Acamovic, T., Sparks, N. H. C., Surai, P. F., & McDevitt, R. M. (2005). Effects of supplementing broiler breeder diets with organic selenium and polyunsaturated fatty acids on egg quality during storage. *Poultry Science*, 84(6), 865-874.

Reda, F. M., El-Kholy, M. S., Abd El-Hack, M. E., Taha, A. E., Othman, S. I., Allam, A. A., & Alagawany, M. (2020). Does the use of different oil sources in quail diets impact their productive and reproductive performance, egg quality, and blood constituents?. *Poultry Science*, 99(7), 3511-3518. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.03.054>

Richards SA. (1971). The significance of changes in the temperature of the skin and body core of the chicken in the regulation of heat loss. *Journal of Physiology*. 216(1), 1-10 . Doi: <https://doi.org/10.1113/jphysiol.1971.sp009505>

Roll, A. A. P., Forgiarini, J., Bavaresco, C., Roll, V. F. B., Dionello, N. J. L., & Rutz, F. (2018). Desempenho e metabolizabilidade de dietas em codornas alimentadas com níveis crescentes de óleo ácido de soja. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 70, 1282-1292. Doi: <https://doi.org/10.1590/1678-4162-9185>

Rostagno, H. S., et al., Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos: Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais (488 p.). Departamento de Zootecnia-UFV, Viçosa, MG, BR.2017

Sakomura, N. K.; Rostagno, H. S. Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos. 2º edição. Jaboticabal: Funep, 2015. 262 p.

Scatolini-Silva, A. M., Borba, H., Giampietro-Ganeco, A., Souza, P. A., Boiago, M. M., Mello, J. L. M., & Vaz, A. B. S. (2013). Qualidade física de ovos armazenados em diferentes condições de embalagens sob temperatura ambiente. *Archivos de zootecnia*, 62(238), 247-254. Doi: <https://dx.doi.org/10.4321/S0004-05922013000200010>

Santos, J. S., Maciel, L. G., Seixas, V. N. C., & de Araujo, J. A. (2016). Parâmetros avaliativos da qualidade física de ovos de codornas (Coturnix japônica) em função das características de armazenamento. *Desafios*, 3(1), 54-67. Doi: <http://dx.doi.org/10.20873/uft.2359-3652.2016v3n1p54>

Santos, V. L., Rodrigues, T. A., Anciuti, M. A., & Rutz, F. (2019). Ácidos graxos poli-insaturados na dieta de poedeiras: impactos sobre a qualidade dos ovos e saúde humana. *Medicina Veterinária (UFRPE)*, 13(3), 406-415. Doi: <https://doi.org/10.26605/medvet-v13n3-3303>

Sakamoto, M. I., Murakami, A. E., Souza, L. M. G. D., Franco, J. R. G., Bruno, L. D. G., & Furlan, A. C. (2006). Valor energético de alguns alimentos alternativos para codornas japonesas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 35, 818-821. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982006000300026>

Souza Eberhart, B., Valentim, J. K., Garcia, R. G., Serpa, F. C., Felix, G. A., de Assis Souza, M. F., ... & Komiyama, C. M. (2021). Addition of homoeopathy in the diet of Japanese quails increases egg weight. *Semina: Ciências Agrárias*, 42(3Supl1), 1879-1890. Doi: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2021v42n3Supl1p1879>

Stadelman, W. J. (1999). The incredibly functional egg. *Poultry Science*, 78(6), 807-811.

Statistical Analysis System. (SAS). Institute Inc. User's Guide. Cary, NC, USA: SAS Institute Inc. 2012.

Sypniewski, J., Kierończyk, B., Benzertiha, A., Mikołajczak, Z., Pruszyńska-Oszmałek, E., Kołodziejski, P., ... & Józefiak, D. (2020). Substituição do óleo de soja por gordura *Hermetia illucens* na nutrição de perus: efeito no desempenho, digestibilidade, comunidade microbiana, estado imunológico e fisiológico e qualidade do produto final. *British Poultry Science*, 1-9.

Thrall, M. A., Baker, D. C., & Lassen, E. D. (2004). Veterinary Haematology and Clinical Chemistry Lippincott Williams and Wilkins. *Philadelphia*, USA, 2nd Edition, p.784

Thom, E. C. (1959). The discomfort index. *Weatherwise*, 12(2), 57-61.

Valentim, J. K., de Paula, K. L. C., Geraldo, A., Miranda, D. A., Antunes, H. C. F., Lemke, S. S. R., ... & Chaves, C. A. R. (2017). Uso de probiótico em dietas de frangos tipo caipira e seus efeitos sobre o rendimento de carcaça, a morfologia e o pH gastrointestinal. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 18(4), 530-541.

Velasco, S., Ortiz, L. T., Alzueta, C., Rebole, A., Trevino, J., & Rodriguez, M. L. (2010). Effect of inulin supplementation and dietary fat source on performance, blood serum metabolites, liver lipids, abdominal fat deposition, and tissue fatty acid composition in broiler chickens. *Poultry Science*, 89(8), 1651-1662. Doi: <https://doi.org/10.3382/ps.2010-00687>

Villanueva-Lopez, D. A., Infante-Rodríguez, F., Nájera-Pedraza, O. G., Barrios-García, H. B., & Salinas-Chavira, J. (2020). Effect of Dietary Frying Fat, Vegetable Oil and Calcium Soaps Of Palm Oil on the Productive Behavior and Carcass Yield of Broiler Chickens. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 22(4). Doi: <https://doi.org/10.1590/1806-9061-2020-1310>

**CAPÍTULO 7: AVALIAÇÃO DO TEOR LIPÍDICO E DOS CAROTENÓIDES
NA GEMA E NA CONSERVAÇÃO DE OVOS DE CODORNAS JAPONESAS
ALIMENTADAS COM FONTES LIPÍDICAS**

**Artigo Redigido e Formatado de acordo com as normas da revista Journal of Food
Science and Technology**

Percentil Scopus: 69%

Protocolo de ética CEUA N° 16/2020.

Avaliação do teor lipídico e dos carotenoides na gema e na conservação de ovos de codornas japonesas alimentadas com fontes lipídicas

Resumo: A pesquisa foi conduzida com objetivo de avaliar o teor lipídico, ácidos graxos e os carotenoides das gemas e a conservação dos ovos de codornas alimentadas com dietas contendo diferentes fontes lipídicas. O experimento foi realizado em um delineamento experimental inteiramente casualizado com 5 tratamentos (óleo de soja, óleo de milho, óleo de canola, óleo de girassol e gordura de aves) com 10 repetições e 7 aves por unidade experimental, totalizando 350 aves utilizadas. Foram quantificados os teores de extrato etéreo e de carotenoides, bem como o perfil de ácidos graxos dos ovos em relação às inclusões lipídicas, e a qualidade de ovos após os períodos de 7 e 14 dias de armazenamento. Os dados foram submetidos à análise de variância e para os efeitos de tempo de armazenamento foram utilizadas regressões polinomiais. O efeito das fontes lipídicas foi avaliado comparando-se as médias pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. Não houve efeito das fontes energéticas sobre o teor de extrato etéreo da gema, no entanto, as codornas submetidas a dieta com óleo de soja tiveram menor quantidade de carotenoides nos ovos. Houve efeito ($P < 0,05$) das fontes lipídicas para o total de ácidos graxos, bem como os ácidos graxos C16:0, C16:1, C18:1W9, C18:2w6. Não houve efeito ($P > 0,05$) das fontes lipídicas e da interação entre fonte lipídica e tempo de armazenamento para as variáveis de qualidade de ovos, exceto para o diâmetro da gema. Avaliando o efeito isolado para o período de armazenamento, houve diferença para as variáveis peso da gema, peso de albúmen, % gema, % casca, % albúmen, leque, L, A e B gravidade específica, unidade Haugh, índice de gema, espessura casca, altura de albúmen, altura de gema e diâmetro de gema. As diferentes fontes lipídicas não interferem na conservação da qualidade dos ovos armazenados, porém influenciam diretamente na deposição de carotenoides e de ácidos graxos na gema dos ovos. A inclusão do óleo de girassol proporcionou melhor deposição de ácido graxo linoleico e betacaroteno na gema dos ovos.

Palavras-chave: armazenamento, betacarotenos, fontes lipídicas, ômega-3, ômega-6.

1. Introdução

As formas de apresentação de ovos de codorna, principalmente a disponibilização dos ovos processados, elevam o consumo e impulsionam a sua produção, resultando em grande expansão do mercado brasileiro, demandando melhor qualidade do produto final. O consumo de ovos apresenta grande valor nutritivo, sendo fonte de nutrientes presentes principalmente na gema, composto por ácidos graxos insaturados, minerais e vitaminas, que atuam benéficamente no organismo humano (De Almeida et al., 2021).

Cada componente do ovo atua de forma específica no organismo e estes podem ser alterados mediante a manipulação da dieta oferecida às aves (Figueiredo et al., 2011). Neste contexto, a nutrição influencia diretamente a qualidade do produto, e nutrientes comumente utilizados, como os lipídeos, podem ser ingredientes estratégicos na produção, devido a proporcionarem maior quantidade de ácidos graxos na gema dos ovos (Hayat et al., 2010). A procura por alimentos que apresentam em sua composição um fator adicional à melhoria das

condições de saúde, como os ovos enriquecidos com ácidos graxos poli-insaturados ômega-3 (ω -3), demanda a suplementação desses ácidos nas rações avícolas (Santos et al., 2019).

Em relação ao tempo, a qualidade dos ovos é prejudicada conforme aumenta o período de armazenamento (Moraleco et al., 2019), dessa forma, as granjas produtoras de ovos têm buscado alternativas para o problema na deterioração dos ovos com o tempo de prateleira (Arruda et al., 2019). A inclusão de ácidos graxos na gema dos ovos pode aumentar sua deterioração ao longo do tempo, devido à facilidade de oxidação, sendo o número de insaturações nas moléculas um fator decisivo para a velocidade da reação (Oliveira et al., 2015). A concentração de ácidos graxos insaturados, calor, oxigênio, umidade e metais pró-oxidantes afetam a peroxidação de lipídios e consequentemente a qualidade do produto (Moraleco et al., 2019).

Os lipídios da dieta são comumente expostos a essas condições pró-oxidantes durante o processamento, armazenamento, sendo que o tempo de exposição a essas condições determinam a extensão da peroxidação (Song e Shurson, 2013). Durante a peroxidação, os ácidos graxos são convertidos em vários produtos, incluindo peróxidos, aldeídos, cetonas, ácidos, ésteres, entre outros compostos (Rocha et al., 2013), que podem ser prejudiciais para a qualidade física, química e organoléptica do ovo. As informações quantitativas sobre o impacto da temperatura e do tempo de estocagem sobre as alterações ocorridas são cruciais para a obtenção de ovos com qualidade desde a postura até o consumo (Pinto et al., 2021).

Desta forma, a pesquisa foi conduzida com intuito de caracterizar o teor de lipídios, os ácidos graxos e carotenoides da gema, e a conservação da qualidade de ovos de codornas japonesas alimentadas com diferentes fontes lipídicas na dieta.

2. Metodologia

O estudo foi submetido e posteriormente aprovado pelo Comitê de ética em pesquisa da UFGD sob protocolo número 16/2020. O experimento foi realizado no setor de coturnicultura da Faculdade de Ciências Agrárias, da Universidade Federal da Grande Dourados (FCA/UFGD), em Dourados, Mato Grosso do Sul. Apresentando latitude de Sul e longitude de 54° 48' 20" oeste.

O clima da região, conforme a classificação Köppen, pertence ao tipo Cwa (mesotérmico úmido), com verão chuvoso e inverno seco, com precipitação média anual de 1.500 mm e temperatura média anual de 22 °C. A altitude varia entre 449 m e 477 m. Foram utilizadas 350 codornas japonesas (*Coturnix japonica*), com 85 dias de idade e 90% de taxa de postura. Distribuídas em delineamento experimental inteiramente casualizado com 5

tratamentos (óleo de soja, óleo de milho, óleo de canola, óleo de girassol e gordura de aves) com 10 repetições e 7 codornas japonesas no pico de postura, por unidade experimental. A duração do experimento foi de 84 dias, divididos em 3 períodos de 28 dias cada

As dietas foram formuladas à base de milho e de farelo de soja, sem inclusão de fontes lipídicas e conforme a composição de alimentos e exigências nutricionais estabelecidas por Rostagno et al. (2017) conforme a tabela 1.

Tabela 1. Composição nutricional e calculada das dietas experimentais para codornas japonesas em fase de produção.

Fontes lipídicas					
Ingredientes	Soja	Milho	Canola	Girassol	Gordura de aves
Milho moído	56,291	56,291	56,291	56,291	56,291
Soja farelo 45%	30,707	30,707	30,707	30,707	30,707
Inerte	1,059	0,963	1,023	0,816	0,888
Fonte lipídica	2,674	2,770	2,710	2,917	2,845
Calcário	6,950	6,950	6,950	6,950	6,950
Fosfato bicálcico	1,026	1,026	1,026	1,026	1,026
Sal comum	0,343	0,343	0,343	0,343	0,343
DL-metionina	0,417	0,417	0,417	0,417	0,417
L-lisina	0,323	0,323	0,323	0,323	0,323
Premix vitamínico ¹	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Premix mineral ²	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Composição nutricional					
EM (kcal/kg)	2800.00	2800.00	2800.00	2800.00	2800.00
Proteína bruta (%)	18,920	18,920	18,920	18,920	18,920
Lisina digestível (%)	1,149	1,149	1,149	1,149	1,149
Metionina+Cist (%)	0,942	0,942	0,942	0,942	0,942
Triptofano digs. (%)	0,186	0,186	0,186	0,186	0,186
Treonina digs. (%)	0,733	0,733	0,733	0,733	0,733
Cálcio (%)	2,990	2,990	2,990	2,990	2,990
Fósforo disp (%)	0,282	0,282	0,282	0,282	0,282
Sódio (%)	0,147	0,147	0,147	0,147	0,147

Composição Premix mineral (kg/produto): Cobre (Min.) 7.000,0 mg; Ferro (Min.) 50,0 g. Iodo (Min.) 1.500,0 mg. Manganês (Min.) 67,5 g. Zinco (Min.) 45,6 g. Composição Premix vitamínico (kg/produto): Ácido Fólico (Min.) 145,4 mg. Ácido Pantotênico (Min.) 5.931,6 mg. Colina (Min.) 121,8 g; Niacina (Min.) 12,9 g. Selênio (Min.) 480,0 mg. Vitamina A (Min.) 5.000.000,0 UI. Vitamina B12 (Min.) 6.500,0 mcg. Vitamina B2 (Min.) 2.000,0 mg. Vitamina B6 (Min.) 250,0 mg. Vitamina D3 (Min.) 1.850.000,0 UI. Vitamina E (Min.) 4.500,0 UI. Vitamina K3 (Min.) 918,0 mg.

As aves foram alojadas em gaiolas de arame galvanizado, com as dimensões de 50 × 50 x 16,5 cm (comprimento x largura x altura), contendo duas divisórias de 25 × 50 cm totalizando 1250 cm². A densidade animal por unidade experimental foi de 178,5 cm²/ave. As rações experimentais foram isonutritivas, sendo a fonte de variação a tipo e a quantidade de lipídios incluída a fim de atingir a exigência de energia calculada para as aves. As rações foram fornecidas *ad libitum*, três vezes ao dia, em comedouro de chapa metálica galvanizada, tipo calha, percorrendo toda a extensão das gaiolas, o comedouro foi dividido de acordo com cada tratamento e repetição. A água também foi fornecida *ad libitum* em bebedouro tipo *nipple*.

Foram mensuradas as temperaturas e a umidade relativa (UR) duas vezes ao dia, às 8 e às 16 horas, por meio de termo-higrômetros modelo Novo Test TH802A e de bulbo seco e úmido, posicionados no centro do galpão, à altura do dorso das aves. Obtendo temperatura mínima de 20,1 ± 0,25 (°C) e máxima de 35,9 ± 0,28 (°C) e UR máxima de 78,9 ± 1,8 (%) e mínima de 49,8 ± 1,7 (%). O acionamento dos climatizadores e controle das cortinas eram realizados mediante a análise da temperatura do dia. Foram fornecidas 16 horas de luz diárias durante todo o período experimental, controlado por um relógio automático (*timer*). Para a caracterização lipídica da gema, foram realizadas análises de teor de extrato etéreo, teor de carotenoides e teor de ácidos graxos da gema dos ovos e das rações.

2.1. Teor de extrato etéreo da gema

Foram selecionados um total de 300 ovos, sendo 60 ovos de cada tratamento experimental do mesmo dia da postura e cada repetição experimental foi composta de um *pool* de seis gemas dos ovos. Cada repetição de gemas foi pesada e disposta em uma bandeja de alumínio e levadas para a estufa de ventilação forçada a 55 °C, durante 72 horas, posteriormente, as amostras foram expostas ao ar para que houvesse equilíbrio com a temperatura e umidade ambiente. Em seguida foram pesadas para determinação do teor de matéria seca (MS), e após moídas em moinhos tipo *Willey* com faca de 1 mm, e acondicionadas em freezer a – 20 °C para as análises laboratoriais.

Posteriormente, foram realizadas as análises de extrato etéreo por meio do Extrator Soxhlet seguindo metodologia referenciada pelo Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal (2009), sendo todos os parâmetros expressos na base de matéria seca.

2.2. Teor de carotenoides

O conteúdo de carotenoides foi determinado conforme o descrito por Rodriguez Amaya (2010). A extração de carotenoides foi obtida a partir de 2 g de amostra oriunda de um *pool* de

3 ovos que foi previamente macerada com acetona resfriada a partir de sucessivas extrações seguidas de filtração. O filtrado foi transferido para um funil de separação, onde se adicionou éter de petróleo formando duas fases, uma superior de éter de petróleo com os carotenoides, e uma inferior de água mais acetona.

A camada inferior foi descartada e para garantir a retirada da acetona, a solução éter-carotenoides foi lavada 4 vezes com água destilada. Em seguida recolheu-se a solução em balão volumétrico de 50 mL e este foi recoberto com papel alumínio para a preservação dos carotenóides. Os extratos foram avaliados em espectrofotômetro (modelo Biochrom Libra S60PC) a 450 nm. Os resultados foram expressos em mg equivalente de β -caroteno/g de amostra.

2.3. Teor de ácidos graxos da gema e das rações

Para a avaliação do perfil de ácidos graxos da gema, foram coletados seis ovos de cada repetição no último dia experimental, formando um pool de seis gemas, as mesmas foram homogeneizadas e congeladas a -5°C em freezer. Posteriormente, as gemas foram liofilizadas por processo de sublimação. Para as determinações de ácidos graxos fez-se a extração da fração lipídica do ovo segundo Bligh & Dyer (1959).

Foram pesados 60 mg da fração lipídica extraída e, em seguida, foi submetida à metilação segundo Maia & Rodriguez-Amaya (1993), visando a preparação para a análise por cromatografia gasosa. Para análise de ácidos graxos, foram extraídos os ácidos mirístico (C14:0), palmítico (C16:0), palmitoleico (C16:1), esteárico (C18:0), oleico (C18:1), linolênico (C18:3).

A análise dos ésteres metílicos dos ácidos graxos foi realizada em cromatógrafo gasoso (Termo), equipado com detector de ionização de chama, injetor “Split/splitless”, coluna capilar de sílica fundida contendo polietilenoglicol como fase estacionária (DB-Wax, 30 m x 0,25 mm, J&W Scientific), nas seguintes condições cromatográficas: temperatura do injetor 250°C ; temperatura da coluna 180°C durante 20 minutos, programada a 2°C por minuto até 220°C ; temperatura do detector 260°C , gás de arraste hidrogênio com fluxo de 1,0 mL/min., gás nitrogênio a 20 mL/min. e volume de injeção de 1 μL .

Para a identificação dos ácidos graxos compararam-se os tempos de retenção com os dos padrões ésteres metílicos (Sigma-Aldrich), enquanto a quantificação foi realizada pela normalização de área, expressando-se o resultado em percentual de área de cada ácido sobre a área total de ácidos graxos. A metodologia utilizada para a esterificação dos lipídios foi a descrita por Hulan et al. (1989). Após a obtenção dos ésteres, estes foram analisados em

cromatógrafo gasoso GC-17A Shimadzu, dotado de detector de ionização em chama de injeção manual, coluna capilar (CARBOWAX), utilizado H₂ como gás de arraste.

Os cálculos foram realizados por integração com um computador ligado ao detector. Foram coletadas, também, amostras das dietas das aves para análise descritiva do teor de ácidos graxos presentes, realizado pelo mesmo processo citado. Os teores de ácidos graxos das dietas experimentais de codornas japonesas suplementadas com diferentes fontes lipídicas são observados na Tabela 2.

Tabela 2. Análise descritiva do teor de ácidos graxos das dietas de codornas japonesas com diferentes fontes lipídicas inclusas.

Perfil de ácidos graxos	Fontes Lipídicas				
	Soja	Milho	Canola	Girassol	Gordura de aves
Total Ac. Graxos	95,47	95,44	95,28	96,96	96,14
C16:0 (Palmítico)	13,95	16,37	8,95	11,95	20,56
C16:1 (Palmitoleico)	0,53	0,59	0,67	0,53	6,94
C18:0 (Esteárico)	7,13	5,97	4,13	6,13	8,03
C18:1w9 (Oleico)	26,67	34,63	55,81	26,78	42,54
C18:2w6 (Linoleico)	44,82	36,51	24,35	49,32	16,97
C18:3w3 (Linolênico)	2,12	1,12	1,12	2,03	0,89
C20:4w6 (Araquidônico)	0,13	0,13	0,13	0,11	0,10
C22:6w3 (Docosa-hexaenoico)	0,12	0,12	0,12	0,11	0,11

2.4. Conservação da qualidade dos ovos

Para a verificação da conservação da qualidade, utilizou-se um delineamento inteiramente casualizado com cinco tratamentos (fontes lipídicas) e três períodos de armazenamento (0 (ovo fresco), 7 e 14 dias de estocagem) foram considerados medidas repetidas no tempo (fatorial 5 × 3), com 10 repetições. Considerou-se 3 ovos de cada repetição como unidade experimental, totalizando 450 ovos analisados em cada período experimental, totalizando 1350 ovos avaliados no total, mantidos em temperatura natural durante o período total de armazenamento.

O armazenamento dos ovos (7 e 14 dias) foi realizado em sala com ventilação natural, livre de incidência solar direta, em local seco e arejado, com a temperatura mínima e máxima de $32,8 \pm 0,2^\circ \text{C}$ e $21,9 \pm 0,15^\circ \text{C}$, respectivamente, e UR máxima $69 \pm 1,3\%$ e UR mínima $41,5 \pm 1,5\%$. Os ovos foram identificados conforme seu tratamento e pesados individualmente por meio de uma balança semi-analítica de precisão de 0,01 g. A qualidade dos ovos foi avaliada através das seguintes medidas seguindo metodologias propostas por Moraleco et al., (2019).

Gravidade específica

Os ovos foram imersos em oito baldes com diferentes concentrações de solução salina (NaCl), com densidades variando de 1,065 a 1,100, com intervalos de 0,005, da menor concentração para a maior. A densidade na qual os ovos flutuam foi considerada sua gravidade específica, de acordo com metodologia proposta por Castelló et al. (1989).

Coloração da gema

Após a quebra dos ovos, foram separados a casca, a gema e o albúmen em uma superfície plana, sendo realizada a avaliação da coloração da gema por meio de um colorímetro portátil modelo (Minolta CR 410). Avaliando-se os parâmetros luminosidade (L^*), vermelho (a^*) e amarelo (b^*) em três diferentes pontos da superfície da gema. Também foi avaliada a cor do ovo através do Leque colorimétrico La Roche.

Altura da gema e albúmen

A altura da gema e do albúmen e o diâmetro da gema foram medidos utilizando um paquímetro com auxílio de um tripé, sendo medida a altura da gema na região central e a altura do albúmen a 4 cm da gema. Esta análise foi realizada apenas por um avaliador, para haver maior acurácia dos dados.

Peso e porcentagem da gema, do albúmen e da casca

A gema foi separada do albúmen para ser pesada individualmente na balança digital, o peso do albúmen foi obtido por diferença entre o peso do ovo, da gema, descontando o peso da casca. O peso da casca foi obtido após a sua lavagem e secagem em estufa 65° C por 72 horas. A porcentagem de casca, gema e albúmen, foi obtida pela divisão destes componentes pelo peso do ovo e este resultado multiplicado por 100.

Espessura de casca

Após as cascas serem lavadas e secas foi mensurada a espessura da casca em três pontos diferentes por meio um micrômetro de precisão de 0,001 mm da marca *Digimess*, realizando a média destes três pontos de espessura.

Unidade Haugh

A medida de Unidade Haugh foi realizada por meio da equação matemática descrita por Stadelman (1999), que correlaciona o peso do ovo com a altura da gema ou do albúmen.

$$UH = 100 \log\{H + 7,57 - 1,7 * W^{0,37}\}$$

H = altura do albúmen denso (mm) e W = peso do ovo (g).

Índice de gema

O índice de gema foi calculado pela relação entre a altura e o diâmetro da gema, conforme Moraleco et al., (2019).

2.5. Análise estatística

Os dados foram analisados utilizando o pacote estatístico Statistical Analysis System (SAS, 2012), para verificar as premissas estatísticas de normalidade dos resíduos utilizou-se o teste de Shapiro-Wilk e a homogeneidade das variâncias foi avaliada pelo Teste de Levene. Os dados de composição dos ovos foram submetidos à análise de variância por meio do procedimento MIXED do SAS (SAS 9.3). O efeito de período foi inserido no modelo como covariável. Quando observado efeito significativo, as médias foram comparadas com uso do teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Os dados de conservação de ovos foram submetidos à análise de variância usando o procedimento MIXED do SAS (SAS 9.3) com o uso do comando REPEATED no qual os dias de avaliação foram considerados medidas repetidas no tempo. O efeito de período foi inserido no modelo como covariável. Quando significativos os efeitos das interações entre fontes lipídicas e tempo, foram desdobrados e avaliados por regressões utilizando polinômios ortogonais. Quando avaliados os efeitos principais das fontes lipídicas para qualidade de ovos foi utilizado o teste Tukey para comparação das médias. O nível de significância para todas as análises realizadas foi de 5%.

3. Resultados e discussões

As fontes lipídicas influenciaram o total de ácidos graxos, C16:0 (Palmítico), C16:1 (Palmitoleico), C18:1w9 (Oleico), C18:2w6 (Linoleico), porém não alteraram a porcentagem de extrato etéreo da gema dos ovos. A inclusão de óleo de soja na dieta proporcionou menor quantidade de carotenoides nos ovos quando comparado a fonte de óleo de girassol, porém, os ovos das aves alimentadas com as fontes lipídicas de milho, de canola e de gordura de aves tiveram o teor de betacaroteno semelhantes (Tabela 3).

Os carotenoides são compostos de grande importância dietética, pois são precursores de vitamina A, e atuam no processo de proteção e renovação celular, além de uma grande função sensorial relacionada a atração do consumidor. Pois conferem cor aos alimentos, sendo uma das primeiras características perceptíveis na aquisição de um produto, conferindo expectativas de qualidade e sabor (Akdemir et al., 2012).

Tabela 3. Teores de extrato etéreo, de betacaroteno e de ácidos graxos da gema de ovos de codornas alimentadas com diferentes fontes lipídicas.

Variáveis	Fontes Lipídicas					EPM	P
	Soja	Milho	Canola	Girassol	Gordura aves		
% EE da gema	56,335	56,573	56,422	57,593	56,277	0,379	0,137
Teor betacarotenos	20,74 B	24,27AB	25,13AB	27,50A	23,28AB	0,657	0,017
Total Ac. Graxos	96,11C	96,09C	97,15A	97,03A	96,71 B	0,085	<0,001
C16:0 (Palmítico)	25,08B	25,17B	25,06B	25,16B	25,54A	0,035	<0,001
C16:1 (Palmitoleico)	1,47B	1,45B	1,45B	1,44B	1,66A	0,017	<0,001
C18:0 (Estearico)	9,26	9,29	9,29	9,28	9,28	0,007	0,752
C18:1w9 (Oleico)	45,75B	45,51B	46,70A	45,59B	45,64 B	0,085	<0,001
C18:2w6 (Linoleico)	13,93C	14,06B	14,03BC	14,94A	14,02BC	0,070	<0,001
C18:3w3 (Linolênico)	0,20	0,21	0,20	0,19	0,20	0,001	0,676
C20:4w6 (Araquidônico)	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,001	0,950
C22:6w3 (Docosa-hexaenoico)	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,001	0,949

*EPM: Erro padrão da média. Médias seguidas de letras diferentes na linha e coluna diferenciam entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

São pigmentos lipossolúveis sintetizados por plantas e por microrganismos fotossintéticos sendo obtidos pelos animais por meio da alimentação (Papadopoulos et al., 2019). As aves, assim como todos os animais, metabolizam carotenoides, mas não conseguem sintetizá-los e por isso exigem a suplementação na alimentação.

Conforme relatado por Zaheer (2017) o ovo de galinha pode ser considerado um transportador ideal de carotenoides biologicamente ativos para consumo humano. Além disso, o consumo moderado de ovos não está mais associado a um maior risco de desenvolver doenças coronarianas em indivíduos saudáveis (Zaheer, 2017). Galinhas poedeiras alimentadas com dietas à base de óleos de colza/milho com ou sem microalgas (*Nannochloropsis oculata*) produziram ovos variando em teor de carotenoides e em composição de ácidos graxos da gema

de ovo (Gładkowski et al., 2011). Principalmente associado a maior quantidade de ácido graxo linoleico, o que corroborou com a presente pesquisa, visto que a adição de óleo de girassol proporcionou aumento no teor de carotenoides e ácidos graxos C18:2w6 (Linoleico).

Outro ponto importante a ser relacionado ao conteúdo de carotenóides na gema dos ovos e com relação ao efeito antioxidante natural dos pigmentantes, as granjas de ovos têm buscado alternativas para aumentar a vida útil dos ovos e diminuir a deterioração do produto. A utilização de antioxidantes parece ser uma opção confiável, uma vez que aumentam a vida de prateleira dos ovos destinados ao consumidor (Moraleco et al., 2019). Dessa forma, buscar fontes de enriquecimento das dietas é uma forma de valorização dos produtos avícolas, garantindo maior enriquecimento produtivo.

A gema dos ovos de aves, alimentadas com as fontes lipídicas de canola e de girassol, apresentaram quantidade total ácido graxo maior, quando comparadas as fontes de soja, de milho e de gordura de aves. A gordura de aves proporcionou maior quantidade de ácido graxo palmítico (C16:0) e palmitoleico (C16:1) na gema dos ovos. Os teores de C18:0 (Esteárico), C18:3w3 (Linolênico), C20:4w6 (Araquidônico) e C22:6w3 (Docosa-hexaenoico), foram semelhantes entre os tratamentos. A adição de óleo de canola, proporcionou maior quantidade de ácido graxo

Oleico (C18:1w9), enquanto o óleo de girassol garantiu maior quantidade de linoleico (C18:2w6) nas gemas.

Entre os ácidos graxos monoinsaturados, o ácido oleico (C18:1) está presente em maior quantidade na gema dos ovos (Cedro et al., 2011). Já entre os ácidos graxos poli-insaturados (PUFA), o ácido linolênico é considerado o mais importante da classe (ω -3), por ser um ácido graxo essencial, sendo importante sua inclusão na dieta. A fração lipídica do ovo é passível de alteração mediante manipulação da dieta da ave. Existem duas classes de PUFA como n-6 e n-3, é reconhecido que n-3 PUFA são úteis para uma saúde humana ideal. Os três principais n-3 PUFA são ácidos α -linolênico (ALA), ácido docosahexaenóico (DHA) e ácido eicosapentaenoico (EPA) (Göçmen et al., 2021).

Neijat et al. (2016) observaram aumento da concentração de ácidos graxos poliinsaturados nos ovos de galinhas ao fornecer óleo de linhaça e microalgas DHA (ácido docosahexaenóico) via dieta. O que também foi verificado na presente pesquisa, visto que a alteração do conteúdo de ácidos graxos observados nas dietas resultou em diferenças do conteúdo de ácidos graxos da gema dos ovos.

Fatores estes que corroboram com a presente pesquisa, onde o óleo oriundo da semente de canola proporcionou maior inclusão de ácido graxo oleico. Já o óleo de girassol adicionado

em dietas de codornas poedeiras, proporcionou maior quantidade de ácido graxo Linoleico, que está na classe dos ácidos graxos essenciais, já o linoleico foi encontrado igualmente entre os grupos tratados. Os ácidos graxos linoleico e linolênico são os responsáveis por dar origem a uma família inteira de ácidos graxos essenciais, ômega 6 e 3, respectivamente.

Esses ácidos graxos possuem mais carbonos e duplas ligações, isso faz deles biologicamente ativos atuando em funções importantes do organismo e não somente como fonte energética (Cedro et al., 2011). O ácido graxo Linoleico atua nos receptores das membranas celulares em funções enzimáticas dos organismos (Eifert et al., 2006). Dessa forma é importante ressaltar sua necessidade na composição dos alimentos, o que foi verificado na avaliação de perfil de ácidos graxos na dieta (Tabela 2).

Os ovos são valorizados por serem fontes de ácidos graxos essenciais, e por estes serem importantes para a melhoria da saúde, porém os ácidos graxos da gema do ovo estão sujeitos à oxidação lipídica. Tais processos oxidativos nos ovos podem se tornar um problema na produção de ovos enriquecidos com ácidos graxos poli-insaturados (Pereira et al., 2019).

Nos alimentos é comum ocorrer a deterioração dos nutrientes e a oxidação lipídica é considerada a mais importante, podendo afetar a qualidade, principalmente o aroma, o sabor e o valor nutricional, além de produzir compostos tóxicos, que causam a rancificação, alterando o sabor do alimento (Pereira et al., 2019). Nesse sentido, a avaliação da conservação dos ovos oriundos de animais alimentados com diferentes fontes de lipídios na dieta é uma vertente que deve ser estudada.

Com a elevada concentração de ácidos graxos de duplas ligações nos ovos, a gema se torna sensível ao processo de oxidação lipídica, e esse processo é responsável por formar os peróxidos que causam a degradação oxidativa da gema. Para retardar esse processo natural de deterioração é necessário que os ovos sejam mantidos em ambiente com temperatura baixa e umidade controlada. Quanto mais baixa for a temperatura e maior a umidade, maior o tempo em que as características de frescor foram preservadas no ovo (Figueiredo et al., 2011).

Em controvérsia, a refrigeração dos ovos no Brasil, não é obrigatória, assim os ovos comerciais podem ser acondicionados, desde o momento da postura até a distribuição final, em temperatura ambiente, sendo, em alguns casos, refrigerados apenas nas casas dos consumidores.

Visando manter ou aumentar a durabilidade dos ovos, principalmente em relação à oxidação lipídica e favorecer a manutenção do perfil de ácidos graxos, uma prática comum é a utilização de antioxidantes naturais, como urucum, açafrão (Guimarães et al., 2021), páprica e flor de Marigold (Moraleco et al., 2019). Ou sintéticos, que preservem o alimento e diminuem o potencial de oxidação como o di-terc-butil metil fenol ou hidroxitolueno butilado (BHT), o 2

e o 3-terc-butil-4-hidroxianisol (BHA), o éster do 3,4,5 ácido tri hidroxibenzóico (PG) e o terc-butil-hidroquinona (Lopes et al., 2011). Dessa forma, verifica-se que as fontes lipídicas também podem influenciar o teor de carotenoides da gema dos ovos e consequentemente o tempo de armazenamento deste produto.

Os consumidores atuais apresentam perfil mais exigente com relação à qualidade e funcionalidade dos produtos e esse novo momento do mercado tem impulsionado estudos visando melhorar, naturalmente, a qualidade do produto final sem influenciar negativamente a qualidade de vida dos animais (Yesilbag et al., 2013).

Não houve efeito ($P>0,05$) da interação com as fontes lipídicas e o tempo de armazenamento, para as variáveis peso do ovo, peso da gema, peso da casca, peso do albúmen, % gema, % casca, % albúmen. Porém, houve efeito isolado do período de armazenamento para as variáveis peso de gema, peso de albúmen, % gema, % casca, % albúmen. O peso da gema, % de gema e % de casca, mantiveram relação linear crescente, ou seja, tiveram aumento a partir do tempo de armazenamento. Já o peso e a % do albúmen apresentaram comportamento linear decrescente, menores com os períodos de conservação (Tabela 4).

Tabela 4. Peso e porcentagem de gema, de casca e de albúmen de ovos de codornas alimentadas com fontes lipídicas e submetidos a diferentes tempos de armazenamento.

Variáveis	Dia	Fontes lipídicas					Média	EPM	Probabilidades		
		Soja	Milho	Canola	Girassol	Gordura aves			Fonte	Dia	F*D
Peso ovo	0	11,00	10,91	10,80	11,00	10,71	10,88	0,031	0,591	0,212	0,820
	7	10,35	10,47	10,25	10,31	10,10	10,30				
	14	10,28	10,44	10,23	10,32	10,17	10,29				
	Média	10,54	10,61	10,43	10,54	10,30	10,72				
Peso gema	0	3,72	3,68	3,63	3,70	3,55	3,62	0,017	0,436	0,001	0,293
	7	3,50	3,72	3,63	3,61	3,63	3,66				
	14	3,88	3,90	3,99	3,94	3,95	3,93				
	Média	3,70	3,77	3,75	3,75	3,71	3,74				
Peso casca	0	0,89	0,89	0,87	0,87	0,87	0,88	0,003	0,092	0,775	0,585
	7	0,89	0,91	0,88	0,87	0,87	0,88				
	14	0,88	0,88	0,88	0,89	0,86	0,88				
	Média	0,88	0,89	0,88	0,88	0,86	0,90				
Peso albúmen	0	6,40	6,38	6,26	6,38	6,32	6,35	0,031	0,0568	<0,0001	0,9263
	7	5,82	5,71	5,61	5,68	5,45	5,65				
	14	5,51	5,59	5,31	5,51	5,34	5,45				
	Média	5,92	5,90	5,73	5,86	5,70	6,06				
% gema	0	32,92	32,60	32,71	33,12	32,52	32,92	0,176	0,333	<0,001	0,556
	7	34,78	36,36	36,12	36,07	36,66	34,78				
	14	37,25	37,08	38,78	38,12	38,33	37,25				

	Média	34,98	35,35	35,87	35,77	35,83	34,98				
% casca	0	8,15	8,24	8,09	8,00	8,22	8,14	0,026	0,560	<0,001	0,178
	7	8,56	8,70	8,52	8,45	8,61	8,57				
	14	8,58	8,45	8,64	8,63	8,56	8,57				
	Média	8,43	8,46	8,42	8,36	8,45	8,43				
% albúmen	0	58,73	59,05	59,03	58,74	59,38	58,99	0,196	0,393	<0,001	0,382
	7	56,51	55,04	55,10	55,87	54,60	55,42				
	14	54,02	54,32	52,40	53,61	53,07	53,48				
	Média	56,42	56,14	55,51	56,07	55,68	55,96				

*EPM: Erro padrão médio.

Como relatado por Barbosa et al. (2009), os ovos armazenados em ambientes com temperatura elevada e baixa umidade apresentam alterações bioquímicas mais aceleradas. Estas reações promovem a liquefação do albúmen e consequentemente a liberação do gás carbônico, que se difunde por meio dos poros da casca e se perde no ambiente (Rocha et al., 2013). Dessa forma, ocorre diminuição do peso e da porcentagem do albúmen, e aumento do peso da gema, devido ao transporte de água do albúmen para dentro da gema, aumentando seu tamanho e a porcentagem.

Esse fator é justificado por Santos et al. (2021) que relata que a medida onde o ar vai entrando pela casca do ovo tem início a degradação da albumina, que altera a consistência do albúmen e a integridade das chalazas. Após, a gema se desloca e ocorre o rompimento da membrana vitelínica e consequentemente a alteração de sua composição, pois há entrada do líquido proveniente da degradação do albúmen para o interior da gema (Garcia et al., 2010).

De acordo com Moraleco et al. (2019), os ovos devem ser refrigerados imediatamente após a postura e a umidade deve ser mantida próximo a 100%. Quanto mais próximo de 99,6%, maior é a garantia de manutenção da umidade interna do ovo. Os estudos de Ribeiro et al. (2015), corroboram com os achados da presente pesquisa, pois relata que o aumento da gema do ovo com o passar dos dias, devido ao gradiente de pressão osmótica entre o albúmen e a gema, que se acentua progressivamente, à medida que a água passa do albúmen para a gema com o passar do tempo este fator se intensifica com temperaturas elevadas.

Os resultados obtidos no presente estudo reforçam os encontrados por Santos et al. (2021), que também relataram que a porcentagem de albúmen reduz conforme o passar dos dias devido ao processo de liquefação do albúmen em conjunto com as trocas gasosas dos ovos com o meio ambiente.

Para as variáveis relacionadas à cor dos ovos, não houve interação entre os fatores fonte lipídica x período de armazenamento e também para o fator isolado fonte lipídica. Já para o

período de armazenamento houve efeito isolado para as variáveis Leque, e colorímetro (L, A e B) com efeito, quadrático para os tempos 0, 7 e 14 dias de armazenamento (Tabela 5).

Os parâmetros L, A e B apresentaram comportamento quadrático conforme evidenciados pelas equações de regressão na tabela 7.

Tabela 5. Cor da gema de ovos de codornas alimentadas com fontes lipídicas submetidos a diferentes tempos de armazenamento.

Variáveis	Dia	Fontes lipídicas					Média	EPM	Probabilidades		
		Soja	Milho	Canola	Girassol	Gordura de aves			Fonte lipídica	Período	F*D
Leque	0	4,71	4,94	4,68	4,86	4,86	4,81	0,037	0,231	0,001	0,632
	7	5,13	5,16	4,98	5,30	4,92	5,10				
	14	4,55	4,75	4,73	4,93	4,93	4,78				
	Média	4,79	4,95	4,80	5,03	4,90	4,90				
L*	0	55,68	55,89	55,64	55,52	56,11	55,77	0,260	0,877	<0,001	0,539
	7	64,69	65,92	66,35	64,63	66,22	61,24				
	14	61,86	61,54	61,15	60,57	61,38	61,30				
	Média	60,74	61,12	61,05	60,24	61,24	61,53				
a*	0	-1,96	-1,85	-2,00	-1,78	-1,64	-1,84	0,035	0,389	<0,001	0,937
	7	-2,87	-3,14	-2,93	-2,98	-2,84	-2,95				
	14	-2,82	-2,32	-2,40	-2,46	-2,18	-2,44				
	Média	-2,55	-2,43	-2,44	-2,40	-2,22	-2,41				
B*	0	36,01	37,10	36,54	36,34	37,68	36,73	0,225	0,083	<0,001	0,423
	7	44,06	46,49	44,31	45,71	45,23	45,16				
	14	44,30	45,04	44,05	44,13	44,87	44,48				
	Média	41,46	42,88	41,63	42,06	42,59	42,49				

*EPM: Erro padrão médio.

De acordo com Giampietro-Ganeco et al. (2012) a pigmentação em ovos refrigerados é estável e diminui quando os ovos são armazenados em temperatura ambiente, no entanto neste estudo os valores de L, A* e B* foram mais altos. Conforme a derivada das equações de regressão apresentadas na tabela 7, verifica-se que por volta de 8 a 9 dias de armazenamento houve os maiores índices de cor apresentados (Variáveis Leque, L, A, B: $Y = 8,08$ dias, $Y = 8,21$ dias, $Y = 8,44$ dias, $Y = 9,18$ dias respectivamente) demonstrando que com o passar do tempo, os ovos foram perdendo água por meio da troca gasosa com o meio, isto fez com que os componentes pigmentantes na gema (carotenoides) se encontrassem mais concentrados.

Porém após os nove dias de armazenamento houve diminuição destes valores. Este fato, pode ser explicado pelos achados de Oliveira Martins & da Costa Santos (2011) que relataram

que a oxidação dos alimentos destrói as vitaminas, os ácidos graxos essenciais, as proteínas e os pigmentos, diminuindo os teores luminosos ao decorrer dos dias.

Conforme Viana et al. (2017) a refrigeração mantém a estabilidade da cor durante o armazenamento e impede que as reações químicas levem a desestruturas físico-químicas do ovo. Que por consequência consegue mudar a qualidade do ovo, na presente pesquisa os ovos estavam armazenados em ambiente natural, não facilitando essa preservação ao longo dos dias.

Para as variáveis gravidade específica, unidade Haugh, índice de gema, espessura casca, altura de albúmen, altura de gema e diâmetro de gema não houve interação entre os fatores fonte lipídica x período de armazenamento e também para o fator isolado fonte lipídica. Apenas a altura de albúmen teve influência da inclusão lipídica. Já para o período de armazenamento houve efeito isolado para todas as variáveis descritas (Tabela 6).

Tabela 6. Índices de qualidade de ovos de codornas alimentadas com fontes lipídicas submetidos a diferentes tempos de armazenamento.

Variáveis	Dia	Fontes lipídicas					Média	EPM	Probabilidades		
		Soja	Milho	Canola	Girassol	G.de aves			Fonte lipídica	Dia	F*D
Gravidade específica	0	1,073	1,074	1,070	1,071	1,073	1,072	0,001	0,054	<0,001	0,057
	7	1,065	1,065	1,065	1,065	1,065	1,065				
	14	1,065	1,065	1,065	1,065	1,065	1,065				
	Média	1,067	1,068	1,066	1,067	1,067	1,07				
Unidade Haugh	0	87,86	86,93	87,41	87,84	89,24	87,86	0,220	0,118	<0,001	0,597
	7	82,12	81,14	82,77	81,65	82,47	82,03				
	14	78,39	77,93	76,69	77,39	78,50	77,78				
	Média	82,79	82,00	82,29	82,29	83,41	82,56				
Índice de gema	0	0,44	0,45	0,45	0,44	0,45	0,45	0,003	0,501	<0,001	0,743
	7	0,32	0,31	0,31	0,31	0,32	0,31				
	14	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21				
	Média	0,33	0,33	0,32	0,32	0,33	0,33				
Espessura de casca	0	0,21	0,22	0,21	0,21	0,21	0,21	0,001	0,222	<0,001	0,887
	7	0,20	0,21	0,20	0,20	0,20	0,20				
	14	0,22	0,22	0,21	0,22	0,21	0,22				
	Média	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21				
Altura de albúmen	0	4,10	4,01	4,08	4,19	4,39	4,15	0,034	0,195	<0,001	0,766
	7	3,14	3,05	3,24	3,09	3,19	3,14				
	14	2,59	2,57	2,36	2,47	2,60	2,52				
	Média	3,28	3,21	3,23	3,25	3,39	3,27				
Altura de gema	0	10,44	10,59	10,55	10,42	10,59	10,52	0,060	0,026	<0,001	0,121
	7	8,50	8,21	8,25	8,17	8,24	8,27				
	14	6,83	6,75	6,52	6,53	6,67	6,66				
	Média	8,59A	8,51AB	8,44AB	8,37B	8,50AB	8,54				

	0	23,40	23,28	23,41	23,31	23,16	23,31				
Diâmetro	7	26,39	26,38	26,08	26,13	25,85	26,17				
de gema	14	30,46	30,89	31,03	30,64	30,69	30,74	0,121	0,616	<0,001	0,804
	Média	26,75	26,85	26,84	26,69	26,57	26,72				

*EPM: Erro padrão médio. Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes na linha diferenciam entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Houve redução do parâmetro altura de gema em todos os tratamentos em relação à ação dos dias de armazenamento, devido à permeabilidade da membrana, no qual a gema absorve parte da água do albúmen e consequentemente acarreta mudança no seu formato original. Resultados semelhantes foram encontrados por Seibel (2005), que também reafirmam que este acontecimento é devido ao movimento osmótico da água do albúmen migrar para a gema, tornando-a com aspecto achatado e maior.

Em relação ao índice de gema observou-se que com o passar dos dias houve maior permeabilidade da membrana vitelínica, facilitando a saída da água do albúmen para a gema, interferindo diretamente na forma original da gema do ovo, em que sua forma original é esférica e se torna elíptica conforme vai passando o tempo de estocagem, interferindo diretamente no menor índice de gema (Moraleco et al. 2019; Santos et al., 2021).

Resultados encontrados por Piccinin et al. (2005) que avaliaram a qualidade de ovos de codornas japonesas, mostraram que ocorreu redução constante do índice de gema, proveniente de ovos armazenados em temperatura ambiente, que passaram de 0,47, no dia zero para 0,12 no 27º dia e que os ovos armazenados em temperatura refrigerada tiveram queda menos acentuada.

Observa-se as equações de regressão linear e quadrática apresentadas para as variáveis com efeito significativo para o tempo de armazenamento. Para o peso da gema, % gema, % casca e diâmetro de gema houve efeito linear crescente, à medida que aumentava o tempo de armazenamento maior era o valor encontrado para estas variáveis (Tabela 7).

Para altura, peso e % de albúmen, altura de gema, unidade *Haugh* e Índice de gema houve efeito linear decrescente, verificando que com o passar dos dias houve diminuição destes parâmetros. Avaliando a gravidade específica, os parâmetros de cor Leque, L, A e B, e a espessura da casca houve efeito quadrático perante aos dias de armazenamento dos ovos, tendo como pontos de máxima Y=11,11 dias. Y = 8,08 dias, Y = 8, 21 dias, Y=8,44 dias, Y=9,18 dias e Y= 0,75 dias, respectivamente.

As equações demonstram que houve perdas na qualidade dos ovos com o passar do tempo de armazenamento, porém a fonte lipídica adicionada não provocou benefício ou perda

nessa qualidade, o que mostra que independentemente da fonte lipídica há uma acentuada degradação da qualidade do ovo com o passar do tempo. As principais explicações para essa perda de qualidade, estão no fato da porosidade presente na casca dos ovos proporcionar perda de CO₂ e água para o meio, reduzindo o peso do ovo, fator este que se acentua em ovos não refrigerados (Carvalho et al., 2016). Dessa forma, para manter a integridade dos ovos é recomendado que logo após os procedimentos pelos quais sejam submetidos na granja sejam armazenados em um sistema de refrigeração com temperatura média de 0°C a 4°C (Paiva et al., 2019).

Tabela 7. Equações de regressão das variáveis de qualidade de ovos de codornas alimentadas com fontes lipídicas submetidos a diferentes tempos de armazenamento.

Variáveis	Equação	P-valor	R ²
Gravidade	$Y=0,00009x^2-0,002x+1,074$. Y=11,11 dias	<0,001	0,353
Leque	$Y=-0,006x^2+0,097x+4,738$. Y = 8,08 dias	0,005	0,013
L	$Y=-0,246x^2+4,043x+51,868$. Y = 8, 21 dias	<0,001	0,441
A	$Y=0,027x^2-0,456x-1,442$. Y=8,44 dias	<0,001	0,042
B	$Y=-0,169x^2+3,076x+33,543$. Y=9,18 dias	<0,001	0,819
Espessura casca	$Y=-0,0002x^2+0,0003x+0,0002$. Y= 0,75 dias	<0,001	0,062
Peso de gema	$Y=0,023x+3,596$	<0,001	0,048
Altura de albúmen	$Y=-0,123x+4,204$	<0,001	0,370
Peso de albúmen	$Y=-0,067x+6,557$	<0,001	0,144
Altura de gema	$Y=-0,295x+10,702$	<0,001	0,753
Unidade Haugh	$Y=-0,770x+88,19$	<0,001	0,386
Índice de gema	$Y=-0,018x+0,4645$	<0,001	0,822
% gema	$Y=0,391x+32,198$	<0,001	0,158
% casca	$Y=0,031x+8,177$	<0,001	0,146
% albúmen	$Y=-0,419x+59,689$	<0,001	0,175
Diâmetro de gema	$Y=0,574x+22,52$	<0,001	0,708

Quanto maior o tempo de armazenamento, pior foi a qualidade dos ovos, sem interferência direta das fontes lipídicas no processo de conservação do alimento, justificando assim as diferenças com efeitos lineares com relação ao tempo para o peso gema, altura, albúmen, peso albúmen, altura gema, unidade Haugh, índice de gema, % gema, % casca, % albúmen e diâmetro de gema.

A oxidação dos lipídeos, define grande parte da vida útil e a qualidade dos ovos. Esse processo normalmente ocorre durante o período de armazenamento e leva à desnaturação de vitaminas lipossolúveis e ácidos graxos essenciais, além de gerar produtos indesejáveis do ponto de vista sensorial (Ramalho e Jorge, 2006).

Quando busca-se modificar o perfil lipídico de ovos, gera a preocupação com a vida de prateleira deste produto e a necessidade de usar antioxidantes nas dietas, buscando melhorar a conservação. Porém, no presente trabalho não foi notada diferença entre os tratamentos e interação tempo em relação à fonte lipídica, sendo o tempo o único fator para a deterioração da qualidade dos ovos (Qin et al., 2018). A incorporação dos óleos e gorduras na dieta de codornas japonesas pode ter valor prático na manipulação da qualidade da gema de ovo, porém não influencia na conservação da qualidade até 14 dias de armazenamento.

As fontes lipídicas, além de atenderem exigências energéticas, de ácidos graxos essenciais e saúde, podem proporcionar uma mudança positiva na composição de ácidos graxos de ovos de codorna, especialmente a proporção $w3/w6$, tornando-os alimentos mais saudáveis para a nutrição humana. Dessa forma, sabendo-se que existe a alteração do perfil de ácidos graxos da gema dos ovos de aves suplementadas com diferentes fontes lipídicas na dieta, e que esses ovos são mais susceptíveis a oxidação, é fundamental que os ovos sejam armazenados em ambientes resfriados visando garantir a qualidade sensorial e nutricional do produto.

4. Conclusões

As diferentes fontes lipídicas não interferem na conservação da qualidade dos ovos armazenados não resfriados, porém influenciam diretamente na deposição de carotenoides e de ácidos graxos na gema dos ovos. A inclusão do óleo de girassol melhora o teor do ácido graxo linoleico e o teor de betacarotenos nas gemas dos ovos.

5. Referências Bibliográficas

- Almeida, G. R., de Oliveira Mendonça, M., de Castro Weitzel, L. C., Bittencourt, T. M., de Matos, A. S., kaïque Valentim, J., ... & de Oliveira, A. Q. C. (2021). Physical quality of eggs of four strains of poultry. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 43, e52738-e52738. Doi: <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v43i1.52738>
- Akdemir, F., Orhan, C., Sahin, N., Sahin, K., & Hayirli, A. (2012). Tomato powder in laying hen diets: effects on concentrations of yolk carotenoids and lipid peroxidation. *British Poultry Science*, 53(5), 675-680. Doi: <https://doi.org/10.1080/00071668.2012.729142>
- Arruda, M. D., Gouveia, J. W. F., Lisboa, A. C. C., de Lima Abreu, A. C., & de Abreu, A. K. F. (2019). Avaliação da qualidade de ovos armazenados em diferentes temperaturas. *Revista Craibeiras de Agroecologia*, 4(1), 7681.
- Barbosa, N. A. A., Sakomura, N. K., Mendonça, M. D. O., Freitas, E. R., & Fernandes, J. B. K. (2009). Qualidade de ovos comerciais provenientes de poedeiras comerciais armazenados sob diferentes tempos e condições de ambientes. *Ars Veterinaria*, 24(2), 127-133. Doi: <http://dx.doi.org/10.15361/2175-0106.2008v24n2p127-133>

Bligh, E.G., Dyer, W.J. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal Biochemistry Physiology*, v.37, n.8, p.911-917, 1959. Doi: <https://doi.org/10.1139/o59-099>

Carvalho, L. S. S., Vilela, D. R., Fagundes, N. S., Souza, Y. L. S., & Fernandes, E. D. A. (2016). Qualidade de ovos e desempenho produtivo de poedeiras em segundo ciclo de postura alimentadas com microminerais quelatados a aminoácidos. *Ciência Animal Brasileira*, 17(4), 491-500. Doi: <https://doi.org/10.1590/1089-6891v17i420822>

Castelló, J. A. L.; Pontes, M.; González, F. F. Producción de huevos. 1. ed. Barcelona: Real Escuela de Avicultura, 1989. 367 p.

Cedro, T. M. M., Calixto, L. F. L., Gaspar, A., & Agostinho, T. S. P. (2011). Proporções entre ácidos graxos poliinsaturados em ovos comerciais convencionais e enriquecidos com ômega-3. *Ciência Rural*, 41, 706-711. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782011005000026>
Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal (2009) Editora Sindirações, São Paulo, 390p.

Eifert, E. D. C., Lana, R. D. P., Lanna, D. P. D., Teixeira, R. M. A., Arcuri, P. B., Leão, M. I., ... & Valadares Filho, S. D. C. (2006). Perfil de ácidos graxos e conteúdo de ácido linoléico conjugado no leite de vacas alimentadas com a combinação de óleo de soja e fontes de carboidratos na dieta. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 35, 1829-1837. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982006000600034>

Figueiredo, T. C., Cançado, S. V., Viegas, R. P., Rêgo, I. O. P., Lara, L. J. C., Souza, M. R., & Baião, N. C. (2011). Qualidade de ovos comerciais submetidos a diferentes condições de armazenamento. *Arquivo brasileiro de medicina veterinária e zootecnia*, 63, 712-720. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0102-09352011000300024>

Freitas, L. W., Paz, I. C. D. L. A., Garcia, R. G., Caldara, F. R., de Oliveira Seno, L., Felix, G. A., ... & Cavichiolo, F. (2011). Aspectos qualitativos de ovos comerciais submetidos a diferentes condições de armazenamento. *Agrarian*, 4(11), 66-72.

Garcia, E. R. D. M., Orlandi, C. C. O., de Oliveira, C. A. L., da Cruz, F. K., dos Santos, T. M. B., & Otutumi, L. K. (2010). Qualidade de ovos de poedeiras semipesadas armazenados em diferentes temperaturas e períodos de estocagem. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 11(2). Doi: <https://doi.org/10.1590/S1519-99402017000100013>

Giampietro-Ganeco, A., Scatolini-Silva, A. M., Borba, H., Boiago, M. M., Lima, T. M. A., & Souza, P. A. (2012). Comparative study of quality characteristics of egg stored in domestic refrigerators/Estudo comparativo das características qualitativas de ovos armazenados em refrigeradores domésticos. *Ars Veterinaria*, 28(2), 100-104. Doi: <http://dx.doi.org/10.15361/2175-0106.2012v28n2p100-104>

Gładkowski, W., Kielbowicz, G., Chojnacka, A., Gil, M., Trziszka, T., Dobrzański, Z., & Wawrzńczyk, C. (2011). Fatty acid composition of egg yolk phospholipid fractions following feed supplementation of Lohmann Brown hens with humic-fat preparations. *Food chemistry*, 126(3), 1013-1018. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.11.112>

Göçmen, R., Kanbur, G., & Cufadar, Y. (2021). The Use of Different Fat Sources on Performance, Egg Quality and Egg Yolk Fatty Acids Content in Laying Quails. *Turkish Journal*

of *Agriculture-Food Science and Technology*, 9(8), 1413-1418. Doi: <https://doi.org/10.24925/turjaf.v9i8.1413-1418.4243>

Guimarães, R. R., Oliveira, M. A. D., Oliveira, H. C., Doró, S. C. O. L., Machado, L. A., & Oliveira, M. C. D. (2021). Açafrão em pó em dietas de codornas japonesas melhora a qualidade de ovos armazenados. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 22.

Hayat, Z., Cherian, G., Pasha, T. N., Khattak, F. M., & Jabbar, M. A. (2010). Oxidative stability and lipid components of eggs from flax-fed hens: Effect of dietary antioxidants and storage. *Poultry Science*, 89(6), 1285-1292. Doi: <https://doi.org/10.3382/ps.2009-00256>

Hulan, H. W., Ackman, R. G., Ratnayake, W. M. N., & Proudfoot, F. G. (1989). Omega-3 fatty acid levels and general performance of commercial broilers fed practical levels of redfish meal. *Poultry Science*, 68(1), 153-162. Doi: <https://doi.org/10.3382/ps.0680153>

Lopes, I. R. V., Freitas, E. R., Lima, J. R., Viana Neto, J. L., Bezerra, R. M., & Lima, R. C. (2011). Desempenho e qualidade dos ovos de poedeiras comerciais alimentadas com rações contendo farelo de coco tratado ou não com antioxidante. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40(11), 2431-2438. <https://www.scielo.br/j/rbz/a/cnSW9bxJTj7BQLTLJkHhwwy/?format=pdf&lang=pt>

Maia, E. L., & Rodriguez-Amaya, D. B. (1993). Avaliação de um método simples e econômico para a metilação de ácidos graxos com lipídios de diversas espécies de peixes. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*, 53(1-2), 27-35.

Moraleco, D. D., Valentim, J. K., Silva, L. G., Lima, H. J. D. Á., Bitencourt, T. M., & Dallago, G. M. (2019). Egg quality of laying hens fed diets with plant extracts. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 41, 1-6. Doi: <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v41i1.43801>

Neijat, M., Suh, M., Neufeld, J., & House, J. D. (2016). Hempseed products fed to hens effectively increased n-3 polyunsaturated fatty acids in total lipids, triacylglycerol and phospholipid of egg yolk. *Lipids*, 51(5), 601-614. Doi: <https://doi.org/10.1007/s11745-015-4088-7>

Oliveira, E. N. A., Martins, J. N., & da Costa Santos, D. (2011). Avaliação física de ovos comerciais de diferentes espécies de aves. *Revista Acadêmica Ciência Animal*, 9(4), 415-423. Doi: <http://dx.doi.org/10.7213/cienciaanimal.v9i4.12470>

Oliveira, G. R., Racanicci, A. M. C., Tanure, C. B. G. S., De Lima, C. B., De Souza, T. C., Migotto, D. L., ... & Stringhini, J. H. (2015). Adição de óleos de copaíba (*Copaifera langisodorffii*) e sucupira (*Pterodon emarginatus*) na alimentação de poedeiras: estabilidade lipídica de gema de ovos armazenados em diferentes temperaturas. *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*, 52(4), 325-332.

Paiva, L. L., Nascimento, K. M. R. S., Silva, N. S., Freitas, H. B., Silva, T. R., Ofico, A. V., ... & Santos, C. B. T. (2019). Qualidade de ovos brancos comerciais em diferentes temperaturas de conservação e período de estocagem. *Boletim De Indústria Animal*, 76, 1-8. Doi: <https://doi.org/10.17523/bia.2019.v76.e1457>

Papadopoulos, G. A., Chalvatzi, S., Kopecký, J., Arsenos, G., & Fortomaris, P. D. (2019). Effects of dietary fat source on lutein, zeaxanthin and total carotenoids content of the egg yolk in laying hens during the early laying period. *British poultry science*, 60(4), 431-438. Doi: <https://doi.org/10.1080/00071668.2019.1614526>

Pereira, F. N. N., Freitas, E. R., Gomes, H. M., Souza, D. H., Oliveira dos Santos, E., Aguiar, G. C., ... & Watanabe, P. H. (2019). Ethanolic extract of mango seed used in the feeding of broilers: effects on phenolic compounds, antioxidant activity, and meat quality. *Canadian Journal of Animal Science*, 100(2), 299-307. Doi: <https://doi.org/10.1139/cjas-2018-0120>

Piccinin, A., Van Onselen, V. J., Malhado, C. H. M., Pavan, A. C., de Pontes Silva, A., Gimenez, J. N., ... & Garcia, E. A. (2005). Técnicas de conservação da qualidade de ovos de codornas (*Coturnix japonica*). *Revista Científica de Produção Animal*, 7(2).

Pinto, V. M., Rocha, F. R. T., Coelho, K. O., da Costa, P. R. D. S., & de Sousa Júnior, J. C. (2021). Qualidade externa, interna e microbiológica de ovos submetidos a diferentes condições de sanitização, temperatura e períodos de armazenamentos. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, 12(2), 135-147. Doi: <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.002.0014>

Qin, C., Lv, J., Guo, Y., Bian, Z., Si, J., Yang, L., ... & Li, L. (2018). Associations of egg consumption with cardiovascular disease in a cohort study of 0.5 million Chinese adults. *Heart*, 104(21), 1756-1763. Doi: <https://doi.org/10.1136/heartjnl-2017-312651>

Ramalho, V. C., & Jorge, N. (2006). Antioxidantes utilizados em óleos, gorduras e alimentos gordurosos. *Química nova*, 755-760. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422006000400023>

Reda, F. M., El-Kholy, M. S., Abd El-Hack, M. E., Taha, A. E., Othman, S. I., Allam, A. A., & Alagawany, M. (2020). Does the use of different oil sources in quail diets impact their productive and reproductive performance, egg quality, and blood constituents?. *Poultry Science*, 99(7), 3511-3518. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.03.054>

Ribeiro, C. L., Barreto, S. L., Reis, R. S., Muniz, J. C., Viana, G. S., Mendonça, M. O., ... & Mencalha, R. (2015). Utilização de farinha de casca de ovos em dietas para codornizes japonesas na fase de 11 a 25 semanas de idade. *Revista de Ciências Agrárias*, 38(1), 11-17. Doi: <https://doi.org/10.19084/rca.16863>

Rocha, J. S. R., Barbosa, V. M., Lara, L. J. C., Baião, N. C., Cançado, S. V., Lana, A. M. Q., ... & Mendes, P. M. M. (2013). The effect of storage and dietary canthaxanthin on fertile egg quality and embryonic development. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 65(3), 792-800. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0102-09352013000300027>

Rocha, C., Maiorka, A., de Paula Valle, F. L., Schramm, V. G., Angeli, A. L., & da Silva, A. F. (2012). The effect of soybean oil quality and vitamin E supplementation on turkey diet nutrition. *Journal of Applied Poultry Research*, 21(2), 318-324. Doi: <https://doi.org/10.3382/japr.2011-00407>

Rodriguez-Amaya, D. B. (2010). Quantitative analysis, in vitro assessment of bioavailability and antioxidant activity of food carotenoids—A review. *Journal of Food Composition and Analysis*, 23(7), 726-740. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2010.03.008>

Rostagno, H. S., Albino, L. F. T., Hannas, M. I., Donzele, J. L., Sakomura, N. K., Perazzo, F. G., ... & Barreto, S. L. T. (2017). Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 4a Edição. Viçosa/Departamento de Zootecnia, UFV, Viçosa, Brasil.

Rubio-Rodríguez, N., Beltrán, S., Jaime, I., Sara, M., Sanz, M. T., & Carballido, J. R. (2010). Production of omega-3 polyunsaturated fatty acid concentrates: A review. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 11(1), 1-12. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2009.10.006>

Santos, V. L., Rodrigues, T. A., Anciuti, M. A., & Rutz, F. (2019). Ácidos graxos poli-insaturados na dieta de poedeiras: impactos sobre a qualidade dos ovos e saúde humana. *Medicina Veterinária (UFRPE)*, 13(3), 406-415. Doi: <https://doi.org/10.26605/medvet-v13n3-3303>

Santos, W. D., Garcia, R. G., Eberhart, B. D. S., Valentim, J. K., Serpa, F. C., Burbarelli, M. F. D. C., ... & Souza, M. F. D. A. (2021). Influence of homeopathy on the quality of eggs of quails stored. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 43, 1-9. Doi: <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v43i1.52609>

SAS Institute. (2012). *SAS/OR 9.3 User's Guide: Mathematical Programming Examples*. SAS institute.

Seibel, N. F., Barbosa, L. D. N., Gonçalves, P. M., & Souza-Soares, L. A. D. (2005). Qualidade física e química de ovos de codornas alimentadas com dietas modificadas. *Revista do Instituto Adolfo Lutz (Impresso)*, 64(1), 58-64.

Song, R., & Shurson, G. C. (2013). Evaluation of lipid peroxidation level in corn dried distillers' grains with solubles. *Journal of Animal Science*, 91(9), 4383-4388. Doi: <https://doi.org/10.2527/jas.2013-6319>

Stadelman, W. J. (1999). The incredibly functional egg. *Poultry Science*, 78(6), 807-811.

Viana, B., Gomes, F. A., da Silva, R. F., & de Freitas, H. J. (2017). Qualidade de ovos produzidos e submetidos à diferentes condições de armazenamento na Amazônia Ocidental, Acre-Brasil. *Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR*, 20(4). Doi: <https://doi.org/10.25110/arqvet.v20i4.2017.6107>

Yesilbag, D., Gezen, S. S., Biricik, H. A. K. A. N., & Meral, Y. (2013). Effects of dietary rosemary and oregano volatile oil mixture on quail performance, egg traits and egg oxidative stability. *British Poultry Science*, 54(2), 231-237. Doi: <https://doi.org/10.1080/00071668.2013.778389>

Zaheer, K. (2017). Hen egg carotenoids (lutein and zeaxanthin) and nutritional impacts on human health: a review. *CYTA-Journal of Food*, 15(3), 474-487. Doi: <https://doi.org/10.1080/19476337.2016.1266033>

**CAPÍTULO 8: VALORES ENERGÉTICOS,
METABOLIZABILIDADE DOS NUTRIENTES, DESEMPENHO E
QUALIDADE DE CARNE DE CODORNAS EUROPEIAS ALIMENTADAS COM
FONTES LIPÍDICAS NÃO CONVENCIONAIS NA DIETA**

**Artigo Redigido e Formatado conforme as normas da Revista Brasileira de
Zootecnia**

Percentil Scopus: 51%

Protocolo de ética CEUAP N° 0107/2022.

Valores energéticos, metabolizabilidade dos nutrientes, desempenho, rendimento de carcaça e qualidade de carne de codornas europeias alimentadas com fontes lipídicas não convencionais na dieta

RESUMO: A avaliação e a atualização dos valores nutricionais dos alimentos para os animais é uma prática necessária para melhoria dos processos produtivos relacionados a formulações de rações. Neste âmbito, objetiva-se neste estudo, determinar o metabolismo dos nutrientes, o desempenho, as características de carcaça e órgãos e a qualidade de carne de codornas de corte alimentadas com fontes lipídicas alternativas na dieta. Um total de 1080 codornas de corte de origem europeia da linhagem comercial Fujikura foram utilizadas em dois ensaios experimentais. No experimento 1 foram determinados os valores energéticos e a metabolizabilidade dos nutrientes de fontes lipídicas não convencionais na dieta de codornas de corte. Foram utilizados 6 tratamentos (controle, óleo de soja, óleo de milho convencional, óleo de milho destilado, gordura de aves e sebo bovino), em um delineamento inteiramente casualizado, com 10 repetições por tratamento, com 8 codornas por unidade experimental, totalizando 480 aves. A avaliação do metabolismo energético das fontes lipídicas foi realizada por meio do método de coleta total de excretas. O ensaio metabólico foi realizado após cinco dias para adaptação às dietas experimentais e cinco dias para o recolhimento de excretas. A partir da definição dos valores energéticos e dos coeficientes de metabolizabilidade das diferentes fontes lipídicas, foi realizado o segundo experimento avaliando o desempenho animal, as características de carcaça e dos órgãos e a qualidade de carne. O ensaio 2 foi realizado em um delineamento experimental inteiramente casualizado com 5 tratamentos (óleo de soja, óleo de milho convencional, óleo de milho destilado, gordura de aves e sebo bovino) com 10 repetições em cada e 12 aves por unidade experimental, totalizando 600 aves, no período de 7 a 35 dias. No 35º dia de vida, duas aves de cada parcela experimental foram abatidas para avaliação de rendimento de carcaça e a qualidade da carne. Os resultados foram submetidos às análises de homogeneidade de variâncias e de normalidade dos resíduos. Os dados das diferentes fontes lipídicas foram submetidos à análise de variância e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Não houve diferença significativa ($p>0,05$) entre as diferentes fontes lipídicas para EMAn (kcal/kg) e CM (%) das fontes lipídicas avaliadas. Houve diferença significativa ($P<0,05$) para os coeficientes de metabolizabilidade (CM%) da PB e EE entre as fontes lipídicas estudadas. A inclusão de sebo bovino proporcionou maior CM EE (%) (84,49%) quando comparado ao tratamento contendo óleo de soja (81,28%). Já com relação a CM PB (%) foi maior para os tratamentos contendo gordura de aves (90,94%) quando comparado ao óleo de soja na dieta (88,69%). Para os demais coeficientes não houve diferença significativa entre os tratamentos ($P>0,05$). Não houve diferença para o desempenho e características de órgãos internos. Foram encontrados valores de EMAn para o óleo de soja; 8554 kcal/kg, milho; 7701 kcal/kg, milho destilado; 7937 kcal/kg, gordura de aves; 7906 kcal/kg e sebo bovino; 7776 kcal/kg. Os CM foram respectivamente: 88,01% para óleo de soja, 79,01% para o óleo de milho, 84,10% para o óleo de milho destilado, 81,43% para a gordura de aves e 79,28% para o sebo bovino para codornas europeias em fase de recria de 21 a 35 dias. A inclusão de óleo de milho destilado aumenta a coloração da pele e da carne e o rendimento de carcaça das aves na fase de 7 a 35 dias.

Palavras-chave: codorna de corte, energia metabolizável, metabolismo, qualidade de carne, óleos alternativos.

1. Introdução

Na produção avícola a nutrição ocupa lugar de destaque, já que a alimentação é um dos fatores mais onerosos da criação. Fonseca et al., (2018) destaca que dentre os nutrientes necessários para o desenvolvimento das aves, destacam-se os lipídios que são fontes de ácidos graxos, os quais atuam em diversas funções metabólicas do organismo. A adequação dos nutrientes, como os ácidos graxos para aves, pode ocorrer tradicionalmente via dieta fornecida e formulada conforme as recomendações para cada fase do animal, adicionando fontes lipídicas ricas em ácidos graxos, advindo de óleos de origem vegetal ou gordura animal (Bavaresco et al., 2019).

A energia da dieta está entre os pontos de maior relevância nas formulações de rações avícolas, representando a somatória de todos os nutrientes, influenciando o desempenho e as características de carcaça (Yang et al., 2020; Brito et al., 2020). Na prática, é imprescindível que o nutricionista utilize óleo vegetal e/ou gordura animal para atingir o nível adequado de energia nas dietas de aves (Sakomura e Rostagno 2007; Muniz et al., 2016).

Os óleos e as gorduras não somente colaboram com a energia da dieta, mas representam uma gama de ingredientes que contribuem com consideráveis parcelas de nutrientes muito importantes para um equilíbrio nutricional adequado, fornecendo os substratos necessários para o bom funcionamento do organismo (Reda et al., 2020).

Os lipídios são quimicamente formados pela associação entre uma, duas ou três moléculas de ácidos graxos, os quais são classificados em saturados quando possuem apenas ligações simples entre carbonos e insaturados quando possuem uma ou mais ligações duplas em sua cadeia (Nelson & Cox et al., 2014). Estas diferenças são principalmente relacionadas a sua origem, vegetal ou animal, e isso determina seu grau de digestibilidade no organismo animal (Donaldson et al., 2017).

O óleo de soja é a principal opção de aumentar a densidade energética das rações, este é obtido por meio da extração e degomagem do óleo de soja crua (Roll et al., 2018), apresentando como principal vantagem o seu baixo custo de produção e elevado teor de energia (8.331 kcal/kg) metabolizável (Mendonça et al., 2021). Freitas et al. (2005) destacam que fontes não convencionais como os óleos ácidos de soja ou milho e fontes de gordura animal são alternativas menos onerosas e atrativas para ser utilizado nas dietas animais, já estes apresentam o mesmo perfil que o óleo de soja degomado, sendo rico em ácidos graxos poli-insaturados.

Gorduras de origem animal são comumente utilizadas na nutrição de animais não ruminantes, oriundas dos resíduos de carcaça de aves, peixes, bovinos e suínos (Sanches et al., 2020). Portanto, devido às grandes variações, é necessário se conhecer a ação individual das

diversas fontes lipídicas na alimentação de codornas, visto a falta de conteúdo na literatura atual. O objetivo com a presente pesquisa foi avaliar fontes lipídicas não convencionais na dieta de codornas de corte, buscando conhecer os valores energéticos, a metabolizabilidade dos nutrientes e sua influência no desempenho, nas características de carcaça e órgãos e na qualidade da carne.

2. Metodologia

Todos os procedimentos adotados no presente estudo foram previamente avaliados e aprovados, pelo comitê de ética no uso de animais de fazenda CEUAP/UFV (Protocolo de registro: 0107/2022) e estavam conforme os princípios éticos da experimentação animal estabelecidos pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA).

2.1.Desenho experimental e manejo das aves

Os dois experimentos foram conduzidos na Unidade de Ensino, Pesquisa e Extensão em Produção e Nutrição de Aves do Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - Minas Gerais, Brasil (20° 45' 57,19"S, 42° 51' 35,42"W; e 682 m de altitude).

2.2.Ensaio 1. Valores energéticos, metabolizabilidade dos nutrientes

No experimento 1 foram determinados os valores energéticos, a metabolizabilidade dos nutrientes de fontes lipídicas não convencionais na dieta de codornas europeias. Foram utilizados 6 tratamentos (controle, óleo de soja, óleo de milho convencional, óleo de milho destilado, gordura de aves e sebo bovino). Os animais foram distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado, com 10 repetições por tratamento, com 8 codornas por unidade experimental, totalizando 480 codornas de corte, da subespécie europeia (*Coturnix coturnix coturnix*), da linhagem comercial Fujikura, de ambos os sexos, com 21 dias e peso médio de $130,35 \pm 0,025$ g. A ração basal deste experimento foi composta à base de milho e farelo de soja, sem inclusão de fontes lipídicas e conforme a composição de alimentos e exigências nutricionais estabelecidas por Silva e Queiroz (2009).

As aves foram adquiridas com 1 dia e criadas até os 21 dias, em círculos de proteção, equipados com campânulas de aquecimento, bebedouros e comedouros infantis, corretamente dimensionados para a quantidade de animais utilizados. Após os 21 dias, as codornas foram transferidas para as gaiolas metabólicas com compartimentos de dois andares dispostas em sala de 68 m² com pé direito de aproximadamente 2,8 m. As gaiolas metabólicas eram construídas

em material metálico com dimensões de 50 x 50 x 16,5 cm (comprimento x largura x altura), totalizando 1250 cm², equipadas com bebedouro tipo *nipple* com copinho e comedouro do tipo calha, posicionados na parte frontal das gaiolas. As aves foram distribuídas em delineamento inteiramente casualizado, com seis tratamentos e dez repetições de oito aves/repetição, totalizando 480 animais em experimentação.

A avaliação das fontes lipídicas foi realizada por meio do método de coleta total de excretas quando as aves atingiram 22 dias de vida. As dietas-teste foram obtidas pela substituição de 8% da ração basal pela fonte lipídica, onde segundo Sakomura & Rostagno (2015), para esse tipo de ensaio de digestibilidade o melhor nível é de 8 a 10%. As dietas experimentais consistiram de: T1 – ração basal (Tabela 1), T2 – ração basal + 8% de inclusão de óleo de soja, T3 – ração basal + 8% de inclusão de óleo de milho convencional, T4 – ração basal + 8% de óleo de milho destilado, T5 – ração basal + 8% de gordura de aves, T6 – ração basal + 8% de sebo bovino. Os óleos de soja e milho convencionais foram utilizados na forma refinada, o óleo de milho destilado, a gordura de aves, e o sebo bovino na forma bruta. Água e ração foram fornecidas *ad libitum*.

Tabela 1. Composição percentual e calculada das rações experimentais do ensaio 1.

Ingredientes	Quantidade
Farelo de milho	49,970
Farelo de soja	36,837
Calcário	1,047
Açúcar	10,000
DL-Metionina	0,368
L-Lisina	0,234
Sal Comum	0,373
Fosfato Bicálcico	0,967
Min-Aves ¹	0,100
Vit-Aves ²	0,100
Composição nutricional calculada	
Energia metabolizável (kcal/kg)	2950,000
Proteína bruta (%)	21,500
Lisina digestível (%)	1,230
Metionina+ Cistina dig. (%)	0,940
Metionina dig. (%)	0,640
Triptofano digestível (%)	0,230
Treonina digestível (%)	0,710

Cálcio (%)	0,730
Fósforo disponível (%)	0,30
Sódio (%)	0,170
Fibra bruta (%)	2,740
Cloro (%)	0,260

1 - Suplemento mineral (Quantidade por kg de Ração): Manganês 82 mg; Ferro – 58,4 mg; Selênio - 0,35 mg. Cobre – 11,6 mg; Iodo – 1,18 mg. 2 - Suplemento vitamínico (Quantidade por kg de Ração): Vitamina A – 13.493 UI; vitamina D3 – 3.374 UI. Vitamina E – 50,5 UI; Vitamina B1 - 3,64 UI; vitamina B2 – 9,0 UI; vitamina B6 – 5,05 UI; Ac. Pantotênico - 18,1 mg. Biotina - 0,126 mg. Vitamina K3 – 2,71 mg. Ácido fólico – 1,26 mg. Ácido nicotínico- 54,9 mg. Vitamina B12 – 0,022 mg. 3 - Hidroxi butil tolueno.

2.3. Teor de ácidos graxos das fontes lipídicas

Para a identificação dos ácidos graxos dos lipídios, as amostras foram coletadas, homogeneizadas e congeladas a – 20 °C em freezer para preservação das características dos ácidos graxos voláteis. A metodologia utilizada para a esterificação dos lipídios foi a descrita por Hulan *et al.* (1989). Após a obtenção dos ésteres, estes foram analisados em cromatógrafo gasoso GC-17 A Shimadzu, dotado de detector de ionização em chama de injeção manual, coluna capilar (CARBOWAX), utilizado H₂ como gás de arraste. Os cálculos foram feitos por integração com um computador ligado ao detector, sendo extraídos a quantidade total de ácidos graxos das dietas, bem como a porcentagem de ácidos graxos saturados e insaturados, conforme a tabela 2.

Tabela 2. Análise descritiva do teor de ácidos graxos das fontes lipídicas.

Perfil de ácidos graxos	Fontes Lipídicas				
	Soja	Milho	Milho destilado	Gordura de aves	Sebo bovino
Ácidos Graxos totais (%)	90,5	90,8	93,00	87,00	85,00
Ácidos Graxos saturados (%)	15,0	12,8	14,00	35,00	38,00
Ácidos Graxos insaturados (%)	75,5	78,0	79,0	52,0	47,0

O ensaio metabólico iniciou-se após 5 dias para adaptação às dietas experimentais e com cinco dias para coleta de excretas, duas vezes por dia, às 08h00 e às 17h00. As excretas foram acondicionadas em sacos plásticos, identificadas por repetição e armazenadas em freezer a – 16°C. Ao final do período experimental foi determinada a quantidade de ração consumida, bem como a quantidade total de excretas produzidas, descongeladas e homogeneizadas.

Uma alíquota das excretas de cada repetição foi retirada e pesada, sendo em seguida colocada em estufa com ventilação forçada à temperatura de 55°C por 72 horas, a fim de se proceder a pré-secagem. Posteriormente, as amostras foram expostas ao ar para haver equilíbrio

com a temperatura e umidade ambiente. Em seguida foram pesadas, moídas e acondicionadas em recipientes para as análises laboratoriais.

Foram determinados os teores de umidade, matéria seca, matéria mineral, extrato etéreo e nitrogênio nas excretas e das rações, segundo metodologia descrita por Silva e Queiroz (2002). O cálculo do coeficiente de metabolizabilidade dos nutrientes (CM) da coleta total de excretas foi feito conforme a seguinte equação: $CM (\%) = \frac{\text{Quantidade de nutriente da ração} - \text{Quantidade de nutriente da excreta}}{\text{Quantidade de nutriente da ração}} \times 100$.

A energia bruta das dietas, das fontes lipídicas e das excretas foi obtida por meio de bomba calorimétrica (IKA® modelo PARR 6200). O valor de EMA e EMAn foi calculado utilizando as equações propostas por Matterson et al. (1965):

$$EMA \text{ da DT ou RB } \left(\frac{kcal}{kg} \right) = \frac{(EB \text{ ingerida} - EB \text{ excretada})}{Ingestão \text{ de alimento}}$$

$$EMA \text{ da fonte lipídica } \left(\frac{kcal}{kg} \right) = EMA \text{ RB} + \frac{(EMA \text{ DT} - EMA \text{ RB})}{\% \text{ de substituição}}$$

$$EMAn \text{ da DT ou RB } \left(\frac{kcal}{kg} \right) = \frac{(EB \text{ ingerida} - (EB \text{ excretada} + 8,22 \times BN))}{Ingestão \text{ de alimento}}$$

$$EMAn \text{ da fonte lipídica } \left(\frac{kcal}{kg} \right) = EMAn \text{ RB} + \frac{(EMAn \text{ DT} - EMAn \text{ RB})}{\% \text{ de substituição}}$$

Em que: DT = dieta teste; RB = ração basal; EB = energia bruta; BN = balanço de nitrogênio = N ingerido – N excretado.

O cálculo do coeficiente de metabolizabilidade da EMAn (CM) foi obtido pela razão entre EMAn e EB ingeridas e excretadas, expressas em porcentagem:

$$CM(\%) = \frac{EMAn \text{ dieta} - EMAn \text{ excreta}}{EMAn \text{ dieta} \times 100}$$

2.4. Ensaio 2. Desempenho, características de carcaça e qualidade de carne

A partir dos valores energéticos e dos coeficientes de metabolizabilidade encontrados, para cada fonte lipídica, foi realizado o segundo experimento avaliando o desempenho animal. O experimento também foi realizado em um delineamento experimental inteiramente casualizado com 5 tratamentos (Óleo de soja, óleo de milho, óleo de canola, óleo de girassol e gordura de aves) com 10 repetições em cada e 12 codornas europeias da linhagem comercial

fujikura (*Coturnix coturnix coturnix*), com 7 dias, por unidade experimental, totalizando 600 aves. As dietas foram a composta à base de milho e farelo de soja, e calculadas conforme a composição de alimentos e exigências nutricionais estabelecidas por Silva e Queiroz (2009) para as fases de 7 a 21 dias (Tabela 3) e 22 a 35 dias (Tabela 4).

Tabela 3. Composição percentual e calculada das rações experimentais do ensaio 2 para a fase de 7 – 21 dias das aves.

Ingredientes	Fontes lipídicas				
	Soja	Milho	Milho destilado	Gordura de aves	Sebo bovino
Farelo de milho	47,090	47,090	47,090	47,090	47,090
Farelo de soja	45,557	45,557	45,557	45,557	45,557
Fonte lipídica	2,912	3,235	3,156	3,154	3,217
Fosfato Bicálcico	1,360	1,360	1,360	1,360	1,360
Calcário	1,044	1,044	1,044	1,044	1,044
Inerte	0,700	0,397	0,456	0,458	0,397
DL-Metionina	0,397	0,382	0,397	0,397	0,396
Sal Comum	0,382	0,378	0,382	0,382	0,382
L-Treonina	0,218	0,218	0,218	0,218	0,218
L-Lisina	0,142	0,142	0,142	0,142	0,142
Premix Mineral ¹	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Premix Vitamínico ²	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Composição nutricional calculada					
Energia metabolizável (kcal/kg)	2900,000	2900,000	2900,000	2900,000	2900,000
Proteína bruta (%)	25,000	25,000	25,000	25,000	25,000
Lisina digestível (%)	1,370	1,370	1,370	1,370	1,370
Metionina+ Cistina dig. (%)	1,040	1,040	1,040	1,040	1,040
Metionina dig. (%)	0,709	0,709	0,709	0,709	0,709
Triptofano digestível (%)	0,230	0,230	0,230	0,230	0,230
Treonina digestível (%)	1,040	1,040	1,040	1,040	1,040
Cálcio (%)	0,850	0,850	0,850	0,850	0,850
Fósforo disponível (%)	0,380	0,380	0,380	0,380	0,380
Sódio (%)	0,170	0,170	0,170	0,170	0,170
Fibra bruta (%)	2,740	2,740	2,740	2,740	2,740
Cloro (%)	0,278	0,278	0,278	0,278	0,278

1 - Suplemento mineral (Quantidade por kg de Ração): Manganês 82 mg; Ferro – 58,4 mg; Selênio - 0,35 mg. Cobre – 11,6 mg. Iodo – 1,18 mg. 2 - Suplemento vitamínico (Quantidade por kg de Ração): vitamina A – 13.493 UI; vitamina D3 – 3.374 UI. Vitamina E – 50,5 UI. Vitamina B1 - 3,64 UI; vitamina B2 – 9,0 UI; vitamina B6 – 5,05 UI; Ac. Pantotênico - 18,1 mg; Biotina - 0,126 mg; Vitamina K3 – 2,71 mg; Ácido fólico – 1,26 mg. Ácido nicotínico- 54,9 mg. Vitamina B12 – 0,022 mg. 3 - Hidroxi butil tolueno.

Tabela 4. Composição percentual e calculada das rações experimentais do ensaio 2 para a fase de 22–35 dias das aves.

Ingredientes	Soja	Milho	Milho destilado	Gordura de aves	Sebo bovino
Farelo de milho	58,735	58,735	58,735	58,735	58,735
Farelo de soja	35,969	35,969	35,969	35,969	35,969
Óleo	1,462	1,625	1,585	1,584	1,616
Fosfato Bicálcico	1,003	1,003	1,003	1,003	1,003
Calcário	0,929	0,929	0,929	0,929	0,929
Inerte	0,710	0,538	0,578	0,579	0,547
Sal Comum	0,381	0,381	0,381	0,381	0,381
DL-Metionina	0,371	0,370	0,370	0,370	0,370
L-Lisina	0,251	0,251	0,251	0,251	0,251
Premix Mineral ¹	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Premix Vitamínico ²	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Composição nutricional calculada					
Energia metabolizável (kcal/kg)	2950,000	2950,000	2950,000	2950,000	2950,000
Proteína bruta (%)	21,500	21,500	21,500	21,500	21,500
Lisina digestível (%)	1,230	1,230	1,230	1,230	1,230
Metionina+ Cistina dig. (%)	0,940	0,940	0,940	0,940	0,940
Metionina dig. (%)	0,640	0,640	0,640	0,640	0,640
Triptofano digestível (%)	0,230	0,230	0,230	0,230	0,230
Treonina digestível (%)	0,710	0,710	0,710	0,710	0,710
Cálcio (%)	0,730	0,730	0,730	0,730	0,730
Fósforo disponível (%)	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300
Sódio (%)	0,170	0,170	0,170	0,170	0,170
Fibra bruta (%)	2,740	2,740	2,740	2,740	2,740
Cloro (%)	0,260	0,260	0,260	0,260	0,260

1 - Suplemento mineral (Quantidade por kg de Ração): Manganês 82 mg; Ferro – 58,4 mg; Selênio - 0,35 mg. Cobre – 11,6 mg. Iodo – 1,18 mg. 2 - Suplemento vitamínico (Quantidade por kg de Ração): vitamina A – 13.493 UI; vitamina D3 – 3.374 UI. Vitamina E – 50,5 UI; Vitamina B1 - 3,64 UI; vitamina B2 – 9,0 UI; vitamina B6 – 5,05 UI; Ac. Pantotênico - 18,1 mg. Biotina - 0,126 mg. Vitamina K3 – 2,71 mg. Ácido fólico – 1,26 mg. Ácido nicotínico-54,9 mg. Vitamina B12 – 0,022 mg. 3 - Hidroxi butil tolueno.

As aves foram alojadas em gaiolas de arame galvanizado, construídas em material metálico vazado e com muretas de 108 cm com as dimensões de 50 x 50 x 16,5 cm (comprimento x largura x altura), totalizando 1250 cm². As gaiolas eram dispostas sobre bancadas de alvenaria com 120 cm de altura, equipadas com bebedouro tipo *nipple* com copinho

e comedouro do tipo calha, posicionados na parte frontal das gaiolas e piso em alvenaria forrado de maravalha com 4 cm de espessura. A densidade animal por unidade experimental foi de 156 cm²/ave. Água e as rações experimentais foram fornecidas à vontade.

O manejo diário consistiu em fornecer a ração e realizar a leitura das temperaturas (máxima e mínima) e umidade relativa do ar (UR). Foram monitoradas as temperaturas e a UR duas vezes ao dia, às 8 e às 16 horas, por meio de termômetros de máxima e mínima e de bulbo seco e úmido, posicionados no centro do galpão, à altura do dorso das aves.

Utilizou-se programa de iluminação de 24 horas de luz (artificial) de 1° ao 14° dia de vida das aves (fase de cria), e posteriormente, do 15° até o 35° dia (idade de abate) foram fornecidas 23 horas de luz (natural + artificial) por intermédio de uso de um timer, visando favorecer o consumo de ração. Na iluminação artificial se utilizaram lâmpadas incandescentes de 60 Watts, sendo utilizada uma lâmpada para cada quatro gaiolas.

2.5.Avaliação do desempenho

Foi avaliado o ganho em peso g/ave/dia (GP), o consumo de ração g/ave/dia (CR), e a conversão alimentar (CA). Conforme metodologia descrita: GP: O ganho de peso médio por ave/dia foi determinado a partir das pesagens realizadas, nos 7°, 21° e 35° dias, sempre na parte da tarde. CR: o consumo médio de ração foi determinado dividindo-se a diferença entre a ração fornecida durante a fase e a sobra de ração pesada ao final da mesma, pelo número de aves da parcela. A pesagem das sobras também foi feita em balança, as médias foram totalizadas para resultar no consumo médio de ração por ave na parcela. CA: a conversão alimentar foi calculada dividindo-se o consumo médio de ração pelo ganho médio de peso das aves das parcelas estudadas.

2.6.Características de rendimento de carcaça e órgãos

Foi analisado o rendimento do lote misto, sendo avaliado o peso de carcaça, peso do peito, coxa; asas; vísceras comestíveis (coração, fígado e moela) e não comestíveis (intestino, órgãos reprodutivos das fêmeas e baço). O abate e a coleta de amostras foram realizados aos 35 dias das codornas de corte. Neste período, as aves foram submetidas a um jejum de 8 horas (somente ração) e, em seguida, selecionadas, pesadas e identificadas duas aves (um macho e uma fêmea) de cada parcela com o peso médio no intervalo de $\pm 10\%$ do peso médio da unidade experimental, totalizando 100 aves abatidas.

Estas aves foram insensibilizadas por deslocamento cervical, penduradas na nória e realizada a sangria manual por meio de corte na jugular. Após a escaldagem branda na

temperatura de 56°C por 2 minutos, as aves foram depenadas individualmente. Após depenadas, as aves foram novamente pesadas para obtenção do peso das penas, após, foram evisceradas manualmente e, em seguida, as carcaças foram colocadas em chillers para o pré-resfriamento, de onde saíram com temperatura de 8 °C. Depois do chiller, as carcaças ficaram em uma esteira de aço inoxidável com furos para escoamento do excesso de água.

As carcaças foram pesadas após retirada a cabeça, pescoço e pés em balança com capacidade de 3 kg Toledo, Modelo: 9094. Para a realização de cálculos de rendimentos, os cortes comerciais foram divididos em peito, asas, coxa, sobrecoxa, as vísceras comestíveis em: fígado, moela e coração; as vísceras não comestíveis em: intestino e baço.

Todas as vísceras foram pesadas em balança semi-analítica BL Series, Marca: shimadzu, modelo: BL 3200 H, capacidade 3200g. Para a aferição do peso da moela, foi retirado o alimento que estava no órgão, mantendo a queratina que o envolve. Já o intestino sofreu uma leve compressão para eliminar o conteúdo interior, sendo feita a pesagem do tecido limpo em balança com precisão de 0,5 gramas.

O rendimento em porcentagem de cortes principais, vísceras comestíveis e não comestíveis foram calculadas pela relação entre o peso médio do corte representativo de cada repetição e o peso de carcaça conforme a fórmula: $\text{Rendimento } x = \frac{\text{Peso da variável}}{\text{Peso da carcaça}} \times 100$.

2.7. Qualidade da carne

Para a avaliação da qualidade da carne, os músculos do peito (*pectoralis major*) das aves abatidas foram mantidos em câmara fria, por 24 horas a 4 ± 1 °C. Após, levadas a laboratório para as aferições das características de qualidade de carne.

Os parâmetros avaliados foram: o pH_{24h}, a luminosidade (L^*), o teor de vermelho/verde (a^*), o teor de amarelo/azul (b^*) da pele e da carne, perda de peso por cocção (PPC) e força de cisalhamento (FC).

A determinação do pH 24 h foi realizada baseada no trabalho de Brossi (2007) utilizando-se eletrodo de penetração de corpo de vidro em quatro pontos diferentes do músculo do peito, dois na parte superior e dois na parte inferior. O aparelho utilizado foi um potenciômetro (Oakton, pH 300, série 35618) com compensação automática de temperatura.

Para a análise da luminosidade (L^*), do teor de vermelho/verde (a^*) e do teor de amarelo/azul (b^*), foi utilizado colorímetro portátil (Minolta Chroma Meter, Modelo CR-400), onde se realizou a leitura dos parâmetros do sistema CIElab, com fonte iluminante D65, calibrado em porcelana branca padrão com $Y=93,7$, $x=0,3160$ e $y=0,3323$, no músculo do peito,

pectoralis major e na pele retirada do peito das aves (Figura 1). Foi considerado valor final a média de quatro leituras obtidas em diferentes pontos do músculo livres de lesões, na região ventral, dois na parte cranial e dois na parte central, estando o músculo e a pele sobre uma superfície opaca, sendo essa metodologia baseada em Brossi (2007).



Figura 1. Amostras da pele do peito das aves para análises colorimétricas.

Para determinar a PPC foi realizado um registro dos pesos do peito das aves em balança eletrônica de precisão (Marconi®, modelo AS 1000), antes e após a cocção. As amostras foram embaladas em sacos plásticos e cozidas em banho-maria (Thermomix BM - 18BU - Braun Biotech International), sob temperatura de 80°C por 60 minutos. Em seguida, as amostras foram resfriadas por 50 minutos a $45 \pm 2^\circ\text{C}$ para então realizar-se a pesagem final e avaliar quanto foi perdido de peso em porcentagem após a cocção conforme Froning & Uijttenboogaart (1988).

Após este procedimento, as amostras foram expostas à temperatura ambiente e cortadas em medidas de 1cm x 1cm x 2cm (altura, largura e comprimento) para avaliação da maciez da carne, realizada mediante análise de textura, o qual mensura a capacidade em quilograma-força (kgf) em que uma lâmina rompa suas fibras musculares. Estas foram colocadas com as fibras orientadas no sentido perpendicular à lâmina do texturômetro.

Foi usado o texturômetro Stable Micro Systems TAXT 2 Plus, equipado com probe blade set V Warner Bratzler, calibrado para o peso-padrão de 5 kg e padrão rastreável. A velocidade de descida e corte do dispositivo foi ajustada a 200 mm por minuto. Os dados (picos positivos máximos) foram obtidos com o programa Exponent Lite versão 5.1 (Stable micro systems).

2.8. Análise estatística

Os dados referentes ao metabolismo energético das aves foram submetidos à análise de variância (PROC MIXED) e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. O modelo estatístico adotado está representado a seguir:

$$y_i = m + t_i + e_i. (a \times b)_i$$

Onde: Y_{ijk} = variável resposta das aves, que foi os valores de EMAn ou CM(%) das diferentes fontes lipídicas. μ = efeito geral da média. a_i = efeito fixo dos tratamentos (fontes lipídicas). $y_i = m + t_i + e_i$. $(a \times b)_i$ = erro residual. Os demais dados foram analisados por meio do pacote estatístico Statistical Analysis System (SAS, 2012), para verificar as premissas estatísticas de normalidade dos resíduos utilizou-se o teste de Shapiro-Wilk e a homogeneidade das variâncias foi avaliada pelo Teste de Levene. Quando observado efeito significativo, as médias foram comparadas com uso do teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

3. Resultados e discussões

Os valores de EMAn (kcal / kg) encontrados para o óleo de soja, de milho, de milho destilado, de gordura de aves e do sebo bovino foram de 8.554, 7.701, 7.937, 7.906 e 7.776 (kcal/kg) respectivamente. Os CM foram respectivamente: 88,01%, 79,01%, 84,10%, 81,43% e 79,28%. Não houve diferença significativa ($>0,05$) entre as diferentes fontes lipídicas para EMAn (kcal/kg) e CM (%) das dietas avaliadas, conforme a tabela 5.

Tabela 5. Matéria seca (MS), energia bruta (EB), energia metabolizável corrigida para nitrogênio (EMAn/kcal/kg) e coeficiente de metabolizabilidade (CM%) de fontes lipídicas não convencionais na alimentação de codornas europeias.

Variáveis	Fontes Lipídicas					EPM	P - Valor
	Soja	Milho comum	Milho Destilado	Gordura de aves	Sebo bovino		
MS Óleo (%)	99,80	99,80	99,60	99,65	99,50	-	-
EB Óleo (kcal/kg)	9.746,00	9.437,00	9.710,00	9.809,00	9.720,00	-	-
EMAn Óleo (kcal/kg)	8.554,00	7.701,00	7.937,00	7.906,00	7.776,00	1.173	0,2446
CM EMAn Óleo (%)	88,01	79,01	84,10	81,43	79,28	1,355	0,1869

EPM: erro padrão da média.

Houve diferença significativa ($P < 0,05$) para os coeficientes de metabolizabilidade (CM%) da PB e EE entre as fontes lipídicas estudadas. A inclusão de sebo bovino teve um maior coeficiente de metabolizabilidade (84,49%) quando comparado ao tratamento contendo óleo de soja (81,28%). Com relação a CM PB (%) houve maior digestibilidade dos tratamentos contendo gordura de aves (90,94%) quando comparado ao óleo de soja na dieta (88,69%). Para os demais coeficientes não houve diferença entre os tratamentos ($P > 0,05$), conforme a tabela 6.

Tabela 6. Coeficiente de metabolizabilidade (CM%) da matéria seca (MS), do extrato etéreo (EE), proteína bruta (PB), da energia metabolizável corrigida para nitrogênio (EMAn/kcal/kg) e da matéria mineral (MM) das dietas teste com inclusão de fontes lipídicas não convencionais na alimentação de codornas europeias.

Variáveis	Fontes Lipídicas					EPM	P - valor
	Soja	Milho	Milho Destilado	Gordura de aves	Sebo bovino		
CM MS (%)	73,05	73,22	73,08	74,03	72,66	0,797	0,8100
CM EE (%)	81,28B	83,19AB	84,04AB	83,28AB	84,49A	0,756	0,0306
CM PB (%)	88,69B	90,24AB	90,29AB	90,94A	89,73AB	0,476	0,0247
EMAn da Dieta (kcal/kg)	3.402,82	3.334,51	3.353,43	3.350,99	3.340,57	1,726	0,2446
CM EMAn da Dieta (%)	77,99	76,74	77,32	76,83	76,14	0,522	0,1562
CM MM (%)	22,67	23,85	28,08	28,63	25,47	1,777	0,093

EPM: Erro padrão da média. Médias seguidas por letras diferentes na linha diferem-se pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

A MS das fontes lipídicas apresentou valores semelhantes aos encontrados nas principais tabelas de composição dos nutrientes (Rostagno et al., 2017), estando entre 99,60 a 99,80%. Os valores de EB (kcal/kg) também foram semelhantes, variando de 9437 a 9809 kcal/kg do óleo.

A EB encontrada para o óleo de milho (9437 kcal/g) foi menor em relação aos tratamentos propostos. O óleo de milho geralmente não é muito utilizado nas dietas animais, pois, os grãos de milho utilizados na composição da ração já apresentam em torno de 3,5 % de óleo, auxiliando na disponibilidade de energia, neste sentido os programas de melhoramento genético têm atuado fortemente em cultivares que apresentem como produto, o grão de milho com um teor de óleo até 6% (Schmidt et al., 2019).

Para o óleo de soja com 9746 kcal/kg EB alguns achados são semelhantes, como Rostagno et al. (2011), que encontraram valores de EB de 9851 (kcal/kg). Os valores de EMAn Óleo(kcal/kg) e CM EMAn óleo não obtiveram diferenças significativas, dessa forma as fontes de origem vegetal e animal tiveram valores energéticos semelhantes.

Com relação aos coeficientes de metabolizabilidade do extrato etéreo e da proteína bruta das dietas, observaram-se maiores para o sebo bovino e gordura de aves, respectivamente. Donaldson et al., (2017) e Reda et al., (2020) não corroboram com estes achados, relatando que devido às diferenças relacionadas a absorção reduzida no organismo animal com fontes de

origem animal a digestibilidade de fontes de origem animal poderia ser menor quando comparadas às fontes de origem vegetal.

A inclusão das fontes lipídicas alternativas nas dietas de codornas europeias na fase de 7 a 21 e 22 a 35 dias não proporcionou efeito significativo ($P>0,05$) para as variáveis de desempenho zootécnico (Tabela 7). Fato este que pode ser justificado pela exatidão no fornecimento energético das dietas, atendendo as exigências nutricionais das aves para seu crescimento, em vista que houve a avaliação prévia do conteúdo energético destas fontes e o cálculo das dietas ocorreu de forma isonutritiva para todos os tratamentos.

Tabela 7. Desempenho de 7 a 21 e 22 a 35 dias de codornas europeias alimentadas com diferentes fontes lipídicas não convencionais na dieta.

Variáveis	Fontes Lipídicas					EPM	P-Valor
	Soja	Milho	Milho destilado	Gordura de aves	Sebo bovino		
7 a 21 dias							
CR ave/dia	15,79	15,85	15,73	15,88	15,89	0,166	0,96
CA	2,58	2,44	2,49	2,53	2,69	0,078	0,17
GP ave/dia	6,17	6,52	6,34	6,30	5,93	0,203	0,34
Viabilidade (%)	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	----	----
22 a 35 dias							
CR ave/dia	23,15	22,76	23,01	22,94	23,25	0,314	0,85
CA	2,56	2,78	2,62	2,59	2,47	0,102	0,32
GP ave/dia	9,13	8,33	8,97	8,90	9,20	0,330	0,37
Viabilidade (%)	98,00	99,00	98,00	98,00	99,00	----	----

CR: Consumo de ração; CA: Conversão alimentar; GP: ganho de peso. EPM: erro padrão da média.

Gorduras e óleos tem sido cada vez mais estudadas na nutrição animal, não apenas por ser uma fonte de energia, mas por ser fonte de ácidos graxos essenciais para a constituição de algumas células, hormônios e funções fisiológicas do organismo animal (De Paula et al., 2021). E estudar os efeitos nutricionais no organismo animal é essencial para melhorias dos aspectos de saúde e desempenho.

A inclusão de óleo de milho destilado proporcionou um maior rendimento carcaça (%) ($P<0,05$) perante a dieta contendo gordura das aves. As demais variáveis relacionadas ao peso e rendimento de carcaça e cortes avaliados não tiveram diferenças significativas (Tabela 8).

Tabela 8. Peso e rendimento de carcaça e cortes de codornas europeias alimentadas com diferentes fontes lipídicas na dieta.

Variáveis	Fontes Lipídicas					EPM	P-Valor
	Soja	Milho	Milho destilado	Gordura de aves	Sebo bovino		
Carcaça (g)	171,43	173,10	177,00	179,75	173,25	2,679	0,501
Peito (g)	64,45	66,30	63,40	66,75	61,65	2,539	0,603
Coxas (g)	38,06	38,75	37,55	40,10	36,15	1,393	0,362
Asas (g)	13,86	14,05	14,50	15,40	13,70	0,610	0,290
Dorso (g)	52,36	53,05	51,50	54,35	51,50	2,147	0,871
Rendimento Carcaça (%)	78,33AB	78,79AB	81,99A	77,15B	78,49AB	1,068	0,040
Peito (%)	29,63	30,10	28,98	29,58	28,28	1,065	0,781
Coxas (%)	17,51	17,60	17,21	17,82	16,31	0,610	0,670
Asas (%)	6,37	6,39	6,66	6,84	6,29	0,274	0,581
Dorso (%)	24,09	24,08	23,56	24,15	23,63	0,903	0,984

EPM: erro padrão da média. Médias seguidas por letras diferentes na linha diferem-se pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

O peso e rendimento de vísceras e tamanho de intestino das aves, não resultou diferença entre as dietas propostas (Tabela 9).

Tabela 9. Peso e rendimento de vísceras e tamanho de intestino de codornas europeias alimentadas com diferentes fontes lipídicas na dieta.

Variáveis	Fontes Lipídicas					EPM	P-Valor
	Soja	Milho	Milho destilado	Gordura de aves	Sebo bovino		
Fígado (g)	5,06	4,91	4,45	5,38	4,79	0,327	0,36
Coração (g)	1,90	1,96	1,91	1,91	1,90	0,078	0,98
Moela (g)	4,92	4,72	4,44	5,17	4,45	0,219	0,10
Baço (g)	0,12	0,12	0,10	0,12	0,11	0,012	0,62
Intestino (g)	6,47	6,19	6,38	6,72	6,47	0,221	0,56
Peso de órgãos reprodutivos (g)	1,88	1,24	1,53	2,13	1,26	0,415	0,68
Fígado (%)	2,30	2,20	2,03	2,36	2,19	0,136	0,51
Coração (%)	0,87	0,89	0,88	0,85	0,87	0,035	0,93
Moela (%)	2,27	2,14	2,05	2,29	2,04	0,097	0,22
Baço (%)	0,05	0,05	0,04	0,05	0,05	0,005	0,76
Intestino (%)	2,96	2,80	2,93	2,96	2,95	0,089	0,66
Intestino (cm)	51,18	50,65	49,65	55,10	50,45	2,305	0,49

EPM: erro padrão da média.

Mirshekar, Dastar & Shargh (2021) também não verificaram efeito da troca do tipo de óleo, de girassol para óleo de linhaça, para o peso vivo e peso médio de coxa, peito, fígado, coração, baço e bursa de Fabricius, estando estes achados relacionados ao atendimento das exigências energéticas das aves, corroborando com esta pesquisa.

Gorduras de origem animal apresentam menor grau de insaturação, por isso geralmente apresentam menor digestibilidade no organismo animal (Reda et al., 2021). Fato que pode justificar os melhores resultados aplicados para o rendimento de carcaça das aves alimentadas com óleo de milho destilado em comparação a fonte de origem animal (gordura de aves). O que também é justificado pelo teor de ácidos graxos totais, ácidos graxos saturados e insaturados encontrados nestas fontes, que foram, respectivamente, 93,00; 14,00; 79,0 para a fonte de milho destilado e 87,00; 35,00; 52,0 para a gordura de aves, conforme verificado na tabela 2.

Avaliando a qualidade e a colorimetria da carne e da pele de codornas europeias, observou-se que houve diferença significativa para a cor A e B da pele e L, A e B da carne. Para os demais parâmetros de qualidade cárnea não houve efeitos dos tratamentos aplicados (tabela 9).

Tabela 9. Colorimetria e qualidade da carne de codornas europeias alimentadas com diferentes fontes lipídicas na dieta.

Variáveis	Fontes Lipídicas					EPM	P-Valor
	Soja	Milho	Milho destilado	Gordura de aves	Sebo bovino		
FC	0,656	0,692	0,696	0,691	0,66	0,051	0,9679
PPC (g)	5,113	5,947	5,865	6,194	6,037	0,299	0,1052
PPC (%)	9,038	10,173	9,844	10,468	10,627	0,468	0,1341
pH	5,699	5,680	5,729	5,625	5,710	0,0299	0,1423
Colorimetria da pele do peito da ave							
L	61,28	61,93	59,440	61,880	61,900	0,684	0,0428
A	13,23B	12,80B	15,57A	12,04B	12,39B	0,392	0,015
B	21,49A	21,35A	20,99A	19,770B	21,150A	0,333	0,0019
Colorimetria do músculo do peito da ave							
L	44,23A	46,72A	43,32B	46,830A	44,230B	0,269	0,001
A	12,73A	13,29AB	13,49AB	12,940B	14,530A	0,146	0,002
B	14,37B	14,38B	14,24B	15,33A	14,55B	0,121	0,003

Médias seguidas de letras diferentes na linha diferem - se pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. L: luminosidade da cor preto/branco; A: Intensidade da cor verde/vermelho; B: Intensidade da cor azul/amarelo. FC: Força de cisalhamento; PPC: Perda de peso por cozimento; CRA: Capacidade de retenção de água; pH. Potencial hidrogeniônico; EPM: Erro padrão da média.

De acordo com Pinheiro et al., (2015), o pH da carne é um dos principais fatores que afeta sua coloração, além disso, afeta a estrutura física da carne, suas propriedades de refletância da luz, bem como sua capacidade de retenção de água, maciez, perda de peso por cozimento, suculência e estabilidade microbiológica. Os valores encontrados correspondem com os valores de referência (5,6 a 5,9) preconizados pela literatura (Brossi et al., (2009); Abreu et al., 2014), indicando não haver interferência da dieta nestes quesitos.

Houve maior intensidade da cor verde/vermelho (teor de A) da pele de aves alimentadas com fontes de milho destilado na dieta. Um menor teor de intensidade da cor azul/amarelo (teor de B) foi verificado para a pele de aves alimentadas com gordura de aves na dieta. Para a luminosidade (teor de L) da carne houve maior incidência para as aves alimentadas com soja, milho e gordura de aves em detrimento a aves com milho destilado e sebo bovino na dieta. Houve maior intensidade da cor B para carne de aves alimentadas com gordura de aves quando comparado aos demais tratamentos. Para a cor A da carne houve maior incidência para os animais alimentados com as fontes de milho convencional, milho destilado e sebo bovino.

Entre os atributos sensoriais, a cor tem sido relacionada como indicador de qualidade, exercendo papel importante na aceitação dos alimentos pelos consumidores. Dessa forma, atentar-se aos parâmetros de colorimetria são importantes para incentivo de compra do consumidor no Brasil, devido ao apelo relacionado ao consumo de produtos saudáveis (Moraleco et al., 2019). A pigmentação da pele de aves de corte também é uma qualidade importante da carne de aves para consumidores na China, Estados Unidos, México e muitos outros países (Nabi et al., 2020; Rajput et al., 2013; Castaneda, 2005), devido à coloração mais intensa, estar associada a maior qualidade, teor de vitaminas e frescor dos produtos.

Sabe-se que esta característica está ligada principalmente o teor de carotenoides dos alimentos ofertados aos animais, que especificamente em aves, atuam diretamente na cor da gema dos ovos e da pele das aves (Khatun et al., 2017). Os resultados positivos para maior coloração da pele e da carne das codornas alimentadas com dietas contendo milho destilado são relacionados principalmente pela alta quantidade de xantofilas nesta fonte lipídica, devido à concentração de carotenoides advindos do milho e do processo de destilação deste insumo.

Os carotenoides são pigmentos lipossolúveis sintetizados por plantas e por microrganismos fotossintéticos, sendo obtidos pelos animais por meio da alimentação (Papadopoulos et al., 2019). As aves, assim como todos os animais, metabolizam carotenoides, mas não conseguem sintetizá-los e por isso exigem a suplementação na alimentação.

A deposição de pigmentos em tecidos específicos depende da quantidade na dieta, da taxa de deposição no tecido e da capacidade da ave em digerir, absorver e metabolizá-los (Udachon et al., 2021). Os carotenoides livres, após absorvidos com os ácidos graxos, são transportados por lipoproteínas no sangue, após os pigmentos são absorvidos no íleo com os ácidos graxos na forma de micelas. Após, são esterificados e armazenados principalmente no tecido adiposo e na pele como hidroxicarotenoides (Toomer et al., 2019). Conforme verificado na pesquisa, a fonte de milho destilado, por ter uma maior concentração destes compostos advindos do milho, proporcionou maior coloração vermelha na pele e na carne das aves.

Experimentos como o proposto na presente pesquisa, que avaliam o aproveitamento metabólico dos alimentos, são necessários e periodicamente exigidos para atualização das exigências nutricionais das aves, principalmente devido às constantes mudanças na eficiência alimentar das codornas, as quais alteram a utilização dos nutrientes da dieta. Essas mudanças ocorrem principalmente em função dos avanços que ocorrem na área do melhoramento genético, além de outros fatores intervenientes como: linhagens, idade, sexo, condições sanitárias, ambiência, instalações e manejo (Barzegar et al., 2019).

Questões regionais também podem interferir na qualidade dos ingredientes, que variam em função do clima, do solo, das condições de plantio, da cultivar utilizada e da forma de armazenamento e processamento dos alimentos (Dalla Costa et al., 2016). Além dos poucos dados da literatura, as discrepâncias observadas entre os relatos publicados, muito são provavelmente causadas pelas variações quanto às exigências nutricionais utilizadas como base para a formulação das dietas.

4. Conclusão

Foram encontrados valores de EMAn para o óleo de soja; 8554 kcal/kg, milho; 7701 kcal/kg, milho destilado; 7937 kcal/kg, gordura de aves; 7906 kcal/kg e sebo bovino; 7776 kcal/kg. Os CM foram respectivamente: 88,01% para óleo de soja, 79,01% para o óleo de milho, 84,10% para o óleo de milho destilado, 81,43% para a gordura de aves e 79,28 % para o sebo bovino para codornas europeias em fase de recria de 21 a 35 dias. A inclusão de óleo de milho destilado aumenta a coloração da pele e da carne e o rendimento de carcaça das aves na fase de 7 a 35 dias.

5. Agradecimentos

Ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), pela concessão de bolsa de doutorado-sanduíche no país.

6. Referências

ABREU, Luiza Rodrigues Alves et al. Influência do sexo e idade de abate sobre rendimento de carcaça e qualidade da carne de codornas de corte. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 15, p. 131-140, 2014.

BARZEGAR, S., WU, S. B., NOBLET, J., & SWICK, R. A. Metabolizable energy of corn, soybean meal and wheat for laying hens. **Poultry science**, v. 98, n. 11, p. 5876-5882, 2019.

BAVARESCO, C., NUNES, A. P., FORGIARINI, J., ALVES, D. A., XAVIER, E. G., LOPES, D. C. N., & ROLL, V. F. B. Morfometria intestinal e qualidade óssea de codornas japonesas alimentadas por um período prolongado com coprodutos do óleo de soja. **Archives of Veterinary Science**, v. 24, n. 1, 2019.

BRITO, C. O., JUNIOR, V. R., DEL VESCO, A. P., DE CASTRO TAVERNARI, F., CALDERANO, A. A., SILVA, C. M., ... & DE AZEVEDO, M. S. P. Metabolizable energy and nutrient digestibility of shrimp waste meal obtained from extractive fishing for broilers. **Animal Feed Science and Technology**, p. 114467, 2020.

BROSSI, Camila et al. Heat stress during the pre-slaughter on broiler chicken/Estresse termico durante o pre-abate em frangos de corte. **Ciência Rural**, v. 39, n. 4, p. 1296-1306, 2009.

CASTANEDA, M. P.; HIRSCHLER, E. M.; SAMS, A. R. Skin pigmentation evaluation in broilers fed natural and synthetic pigments. **Poultry science**, v. 84, n. 1, p. 143-147, 2005.

DALLA COSTA, F. A. et al. Enriquecimento com ácidos graxos da série ômega 3 em carne de aves e ovos. **Pubvet**, v. 11, p. 103-206, 2016.

DE PAULA, KARYNNE LUANA CHAVES et al. Sources of conjugated linoleic acid and lauric acid inoculated into the eggs of quails and its effects on immunity. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 42, n. 3Supl1, p. 1759-1772, 2021.

DONALDSON, JANINE; MADZIVA, MICHAEL TAURAI; ERLWANGER, KENNEDY HONEY. The effects of high-fat diets composed of different animal and vegetable fat sources on the health status and tissue lipid profiles of male Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*). **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 30, n. 5, p. 700, 2017.

FONSECA, S. S. et al. Efeito da adição de diferentes emulsificantes na dieta sobre o rendimento de carcaça de frangos de corte. **Revista Acadêmica Ciência Animal**, v. 16, p. 1-13, 2018.

FREITAS, EDNARDO RODRIGUES et al. Energetic value of soybean acid oil in poultry nutrition. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, p. 241-246, 2005.

FRONING, G. W.; UIJTENBOOGAART, T. G. Effect of post-mortem electrical stimulation on color, texture, pH, and cooking losses of hot and cold deboned chicken broiler breast meat. **Poultry Science**, v. 67, n. 11, p. 1536-1544, 1988.

HULAN, H. W. et al. Omega-3 fatty acid levels and general performance of commercial broilers fed practical levels of redfish meal. **Poultry Science**, v. 68, n. 1, p. 153-162, 1989.

KHATUN, J., LOH, T. C., AKIT, H., FOO, H. L., & MOHAMAD, R. Fatty acid composition, fat deposition, lipogenic gene expression and performance of broiler fed diet supplemented with different sources of oil. **Animal Science Journal**, v. 88, n. 9, p. 1406-1413, 2017.

MATTERSON, L. D.; POTTER, L. M.; STUTZ, M. W.; SINGSEN, E. P. **The metabolizable energy of feed ingredients for chickens**. Connecticut: Uniconn Press, 1965. 11 p.

MENDONÇA, KAROLINE ROCHA et al. Desempenho de frangos de corte caipira alimentados com óleo de soja degomado no período de 1 a 13 dias de idade. **Revista Brasileira de Nutrição Animal**, v. 15, n. 2, p. 1-9, 2021.

MIRSHEKAR, R.; DASTAR, B.; SHARGH, M. Shams. Supplementing flaxseed oil for long periods improved carcass quality and breast fatty acid profile in Japanese quail. **Animal**, v. 15, n. 2, p. 100104, 2021.

MORALECO, DEBORA DUARTE et al. Egg quality of laying hens fed diets with plant extracts. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 41, 2019.

MUNIZ, Jorge Cunha Lima et al. Metabolizable energy levels for meat quails from 15 to 35 days of age. **Ciência Rural**, v. 46, p. 1852-1857, 2016.

NABI, Fazul et al. Health benefits of carotenoids and potential application in poultry industry: A review. **Journal of animal physiology and animal nutrition**, v. 104, n. 6, p. 1809-1818, 2020.

NELSON, L. D.; COX, M. M. **Princípios de bioquímica de Lehninger**, 6. ed. São Paulo: Sarvier, p. 1336, 2014.

PINHEIRO, SANDRA REGINA FREITAS et al. Rendimento de carcaça e qualidade da carne de codornas de corte alimentadas com rações de diferentes níveis de proteína e suplementadas com aminoácidos essenciais. **Ciência Rural**, v. 45, p. 292-297, 2015.

RAJPUT, N. et al. The effect of dietary supplementation with the natural carotenoids curcumin and lutein on broiler pigmentation and immunity. **Poultry Science**, v. 92, n. 5, p. 1177-1185, 2013.

REDA, F. M. et al. Does the use of different oil sources in quail diets impact their productive and reproductive performance, egg quality, and blood constituents?. **Poultry Science**, v. 99, n. 7, p. 3511-3518, 2020.

REDA, Fayiz M. et al. Use of fumaric acid as a feed additive in quail's nutrition: its effect on growth rate, carcass, nutrient digestibility, digestive enzymes, blood metabolites, and intestinal microbiota. **Poultry Science**, v. 100, n. 12, p. 101493, 2021.

ROLL, A. A. P. et al. Desempenho e metabolizabilidade de dietas em codornas alimentadas com níveis crescentes de óleo ácido de soja. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 70, n. 4, p. 1282-1292, 2018.

ROSTAGNO, H. S., ET AL., **Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos: Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais** (488 p.). Departamento de Zootecnia-UFV, Viçosa, MG, BR.2017.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C.; FERREIRA, A. S.; BARRETO, S. L. T.; EUCLIDES, R. F. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3. ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2011. 252 p.

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

SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos. 2º edição. Jaboticabal: Funep, 2015. 262 p.

SANCHES, LUIS EDUARDO FERRARI; HAYASHI, CARMINO. Substituição do óleo de soja pelo óleo de vísceras de aves, em rações para alevinos de tilápia do Nilo. **Pubvet**, v. 13, p. 162, 2019.

SCHMIDT, A.; PASSOS, A. A.; REGINA, R.; SANGORI, S.; PASCOAL, L. A. F.; LIMA, G. J. M. M. Efeito do óleo, extraído da soja ou presente no grão de milho, sobre a peletização. *Revista Científica de Produção Animal*. v.21, n.2, p.63-67, 2019.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3. ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 165 p.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM. (SAS). Institute Inc. **User's Guide**. Cary, NC, USA: SAS Institute Inc. 2012.

TOOMER, Ondulla T. et al. Meat quality and sensory attributes of meat produced from broiler chickens fed a high oleic peanut diet. **Poultry science**, v. 98, n. 10, p. 5188-5197, 2019.

UDCHACHON, Suthasinee et al. Effect of marigold-derived products as pigment source on growth performance, antioxidant activity and liver enzymes of broiler chickens. **Agriculture and Natural Resources**, v. 55, n. 6, p. 925–934-925–934, 2021.

YANG, Z., PIRGOZLIEV, V. R., ROSE, S. P., WOODS, S., YANG, H. M., WANG, Z. Y., & BEDFORD, M. R. Effect of age on the relationship between metabolizable energy and digestible energy for broiler chickens. **Poultry science**, v. 99, n. 1, p. 320-330, 2020.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na produção de codornas japonesas e europeias, o rápido crescimento das aves e o avanço nas pesquisas e melhoramento genético dessa categoria animal contribuem para as mudanças e exigências nutricionais e ambientais da espécie. Dessa forma, a avaliação de fontes lipídicas na dieta, pode adequar os alimentos aos diferentes insumos utilizados, para propiciar a ave o seu melhor desempenho, mantendo a saúde animal e possibilitando o enriquecimento da gema dos ovos e da carne da ave. Neste aspecto, a fonte lipídica da dieta está entre os pontos de maior relevância nas formulações de rações avícolas por adequar seus valores energéticos, garantir aporte de ácidos graxos em seus produtos e favorecer ações de vias metabólicas do organismo animal que melhorem a saúde e a produtividade das aves.

A manipulação dietética das rações para aves tem sido realizada no intuito de melhorar a qualidade nutricional do produto animal, pois a disponibilidade de ácidos graxos encontra-se relacionados com a redução da pressão sanguínea, redução dos níveis de colesterol LDL, diminuindo a predisposição de doenças cardiovasculares em humanos, promovendo assim alimentos mais saudáveis e aceitáveis ao paladar e às exigências do mercado consumidor.

Em condições brasileiras, devido à defasagem de valores nutricionais das fontes lipídicas na literatura, esta pesquisa possibilita suporte a futuros trabalhos, principalmente que irão utilizar na formulação de ração o óleo de soja, milho, algodão, girassol, canola, gordura de aves, óleo de milho destilado e sebo bovino, sendo possível avaliar associações entre fontes vegetais e animais em diferentes proporções, buscando verificar a viabilidade econômica da produção.

A utilização de lipídios mostrou-se uma alternativa viável para utilização na produção de codornas, visando reduzir os níveis de energia das dietas oriundos de carboidratos e consequentemente os custos de produção, dependendo da região. A suplementação lipídica na ração utilizada para alimentação animal pode melhorar a digestibilidade dos nutrientes, resultando em maior energia disponível, proporcionando melhor desempenho e saúde das aves.

Como futuras avaliações estima-se que com uma análise econômico-financeira, análises de peroxidação lipídica tanto dos ovos, na carne quanto das dietas e a possibilidade de verificar desde o primeiro dia da ave até a fase de postura, estimando os efeitos contínuos dos ácidos graxos no organismo animal, avaliando o efeito na longevidade produtiva da ave.

A busca por fontes lipídicas não convencionais aliada a aditivos zootécnicos é uma vertente a ser explorada na coturnicultura em vista da escassez de informações tanto para a produção de codornas de corte quanto de postura, haja vista a possibilidade de contribuir com as tabelas nutricionais literárias disponíveis para a formulação de dietas de codornas nas condições nacionais, que ainda é escasso.