

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

RELAÇÃO DO ÁCIDO LINOLEICO E ALFA LINOLÊNICO EM  
REPRODUTORES (AS) DE CODORNAS JAPONESAS E SUA  
PROGENIE

Autora: Letícia Aline Lima da Silva  
Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Tatiana Carlesso dos Santos

MARINGÁ  
Estado do Paraná  
Fevereiro - 2021

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

RELAÇÃO DO ÁCIDO LINOLEICO E ALFA LINOLÊNICO EM  
REPRODUTORES (AS) DE CODORNAS JAPONESAS E SUA  
PROGENIE

Autora: Letícia Aline Lima da Silva  
Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Tatiana Carlesso dos Santos

Dissertação apresentada como parte das exigências para a obtenção do título de MESTRE EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá - Área de concentração Produção Animal.

MARINGÁ  
Estado do Paraná  
Fevereiro- 2021

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)  
(Biblioteca Central - UEM, Maringá - PR, Brasil)

S586r	<p data-bbox="480 1294 762 1323">Silva, Leticia Aline Lima da</p> <p data-bbox="480 1335 1313 1435">Relação do ácido linoleico e alfa linolênico em reprodutores (as) de codornas japonesas e sua progenie / Leticia Aline Lima da Silva. -- Maringá, PR, 2021. vii, 88 f.: il. color., figs., tabs.</p> <p data-bbox="480 1469 1347 1570">Orientadora: Profa. Dra. Tatiana Carlesso dos Santos. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, 2021.</p> <p data-bbox="480 1603 1414 1738">1. Codornas japonesas (<i>Coturnix coturnix japonica</i>) - Nutrição. 2. Codornas japonesas (<i>Coturnix coturnix japonica</i>)- Reprodução . 3. Ácidos graxos. I. Santos, Tatiana Carlesso dos, orient. II. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. III. Título.</p> <p data-bbox="1238 1845 1430 1874">CDD 23.ed. 636.6</p>
-------	---

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

RELAÇÃO DO ÁCIDO LINOLEICO E ALFA LINOLÊNICO EM  
REPRODUTORES (AS) DE CODORNAS JAPONESAS E SUA PROGENIE

Autora: Letícia Aline Lima da Silva  
Orientador: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Tatiana Carlesso dos Santos

TITULAÇÃO: Mestre em Zootecnia - Área de Concentração Produção Animal

APROVADO em 25 de fevereiro de 2021.

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Simara Marcia Marcato

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Alessandra Aparecida  
Silva

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Tatiana Carlesso dos Santos  
(Orientadora)

A Deus, pela força e determinação para vencer os obstáculos.  
Aos meus avós José Cosme e Jofesa Alice (in memoriam), obrigada por todos os momentos e ensinamentos. Sinto falta de vocês, mas acima de tudo a influência de vocês em tudo que faço. Sei que somos ligadas por um elo que nunca se rompe: o Amor! Sei que onde vocês estão vibram junto comigo cada passo da minha caminhada.  
A minha mãe e família por todo o apoio e carinho, sem vocês não sou nada. Dedico este trabalho, ao meu filho, Heitor Lima, grande incentivador. Luz da minha vida.

**Dedico**

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por permitir ser quem sou, conquistar novos conhecimentos e a dádiva da constante evolução.

À minha mãe Maria das Dôres, o ser especial e importante da minha vida. Tenho muito orgulho dela, exemplo de mulher guerreira e lutadora. Muito obrigada pela confiança, incentivo e por sempre acreditar nos meus sonhos!

Ao meu irmão Gabriel, que apareceu nas nossas vidas com uma missão importante, a qual tem cumprido muito bem. Obrigada pelos ouvidos, pelas risadas, dicas, enfim pelo companheirismo de sempre!

Ao meu filho Heitor Lima, que chegou no meio de uma confusão, para me mostra o amor mais sincero e puro. Que fez minha vida ter um novo sentido e se torna mais leve. E, que no meio do caos foi a minha calma, meu refúgio.

Aos meus segundos pais Maria Santos e Armando Francisco, por todo o carinho, amor, ensinamentos e dedicação comigo ao longo de todo esse tempo e por acreditarem nas minhas escolhas e por compreenderem minha ausência, mas sempre ao meu lado.

As minhas primas-irmãs Cristiane Santos, Betânia Santos, Lanna Caroline, por todas as risadas, ensinamentos, momentos juntos, por fazer parte do que eu sou hoje. Obrigada pelo amor incondicional e pela companhia incansável. Minha vida se torna mais feliz com vocês por perto.

Ao meu namorado Vitor Magalhães, quero agradecer por todos esses anos, pelos momentos em que você sempre esteve aqui. Pelos momentos de alegria, que fez questão de dividir comigo. Pela ajuda incondicional em todos os momentos, pelo apoio, pelo amor dedicado a mim.

A professora Tatiana Carlesso dos Santos, pela confiança, orientações valiosas, dedicação, ensinamentos, incentivo e me fazer crescer como ser humano, como profissional, por apoiar minhas ideias e pela amizade.

Aos pós-graduandos do meu grupo de pesquisa, Tainara Euzébio, Rodrigo Basaglia, Lenilson Fonseca, Marina Ximenes e Aires Santos, por toda ajuda, conselho, por serem minha família e amizade sem vocês essa dissertação não seria possível. E, aos estagiários Wesley Rogério, Luiz Bento e Stefanye Araújo, por toda a ajuda.

À Universidade Estadual de Maringá (UEM), pela oportunidade e apoio para a realização deste trabalho.

À Capes, pela concessão da bolsa de mestrado que viabilizou a minha pesquisa.

Aos professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, da Universidade Estadual de Maringá, pelos ensinamentos e toda a ajuda durante a minha caminhada que fez eu chegar até aqui.

Aos funcionários do FEI, Mauricio, Vicente, Denilson, Toninho, pelo apoio e pela grande ajuda e auxílio na condução dos experimentos.

Às minhas grandes amigas Dayane Albuquerque, Rita de Cássia, Aline Vieira e Marina Ximenes, pela cumplicidade, ajuda, compreensão e amizade independente da distância. Amizade eterna!

Aos meus amigos Silvio Mayke e José Prete, pelo acolhimento em Maringá, por toda a ajuda na minha adaptação, pelos momentos de alegria, risadas, ajuda. Obrigada por tudo.

Ao meu amigo José Matheus, por todo o companheirismo, por sempre está ao meu lado para escutar as lamentações, pelos conselhos, pela ajuda em tudo, pelos momentos de alegria, pela amizade, obrigada por ser minha família em Maringá.

Agradeço imensamente a todos que contribuíram direta ou indiretamente com esse trabalho e para minha formação, não só profissional como também pessoal.

## BIOGRAFIA

Letícia Aline Lima da Silva, Filha de José Lima da Silva e Maria das Dores Santos, nascida em 07 de outubro de 1995 na cidade de Condado – Pernambuco. Em 2018, concluiu o curso de Graduação em Zootecnia na Universidade Federal Rural de Pernambuco. Em março de 2019, ingressou no curso de Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração Produção Animal, na Universidade Estadual de Maringá, tendo como orientadora a Professora Doutora Tatiana Carlesso dos Santos, e, submeteu-se a banca examinadora em fevereiro de 2021.

# ÍNDICE

LISTA DE ABREVIATURAS.....	I
LISTA DE TABELAS.....	II
LISTA DE FIGURAS.....	III
RESUMO.....	IV
I INTRODUÇÃO.....	1
1. Introdução Geral.....	1
1.2. Revisão de Literatura .....	2
1.2.1 Codornas Japonesas.....	2
1.2.2 Lipídios .....	3
1.2.3 Ácidos Graxos: Poli-insaturados: ômega 3 e Ômega 6 .....	4
1.2.4 Relação de n-6:n-3.....	7
1.2.5 Fontes de Ácidos Graxos.....	9
1.2.6 Lipídios na Dieta de Aves.....	10
1.2.6.1 Formação e Deposição de Lipídios na Gema do Ovo .....	10
1.2.6.2 Composição do Ovo de Codorna.....	11
1.2.6.3 Ácidos Graxos no Ovo .....	12
1.2.6.4 O Enriquecimento de Ovos com Ômegas 3 e 6 Através da Dieta das Aves .....	14
1.2.7 Efeito dos Ácidos Graxos na Embriogênese e Progênie .....	16
1.2.8 Efeitos dos Ácidos Graxos na Fertilidade.....	19
2. Considerações Finais .....	20
3.Referências .....	20
II – OBJETIVOS GERAIS.....	30
III – RELAÇÃO DOS ÁCIDOS LINOLEICO E ALFA LINOLÊNICO E SEUS EFEITOS SOBRE OS PARÂMETROS DE DESEMPENHO PRODUTIVO, PERFIL BIOQUÍMICO SÉRICO E PESO DOS ÓRGÃOS DE REPRODUTORES DE CODORNAS JAPONESAS.....	31
1. Introdução.....	32
2. Material e Métodos.....	33
3. Resultados e Discussão.....	38
4. Conclusões.....	50
5. Referências.....	50

IV – EFEITO DA RELAÇÃO DO ÁCIDO LINOLEICO E ALFA LINOLÊNICO NO DESEMPENHO DE INCUBAÇÃO, FERTILIDADE E QUALIDADE DA PROGÊNIE DE CODORNAS JAPONESAS.....	56
1. Introdução .....	57
2. Material e Métodos .....	59
3. Resultados .....	64
4. Discussão .....	73
5. Conclusões .....	82
6. Referências .....	82
V – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	89

## LISTA DE ABREVIATURAS

AA - Ácido Araquidônico

AG I- Ácidos Graxos Insaturados

AGS - Ácidos Graxos Saturados

DHA- Ácido docosahexanoico

EPA – Ácido eicosapentaenoico

HDL- Lipoproteínas de Baixa Densidade

LA- Ácido Linoleico

LDL- Lipoproteínas de Alta Densidade

LNA- Ácido alfa- linolênico

n-3 – ômega 3

n-6 –ômega 6

PUFAs - Ácidos Graxos Poli-insaturados

UH - Unidade Haugh

VLDLy - Lipoproteína de muita baixa densidade da gema

## LISTA DE TABELAS

**Capítulo I**

<b>Tabela 1.</b> Composição dos ácidos graxos por 100 gramas de parte comestível de ovo inteiro .....	14
---	----

**Capítulo III**

<b>Tabela 1.</b> Composição das dietas experimentais para codornas em postura .....	35
---	----

<b>Tabela 2.</b> Desempenho produtivos de reprodutores (as) de codornas japonesas, qualidade de ovos e coloração de gema de ovos de codornas japonesas alimentadas com diferentes relações de LA:LNA (n=12).....	42
--	----

<b>Tabela 3.</b> Variáveis de bioquímicas séricas de matrizes e reprodutores de codornas japonesas alimentadas com diferentes relações de LA:LNA (n=10/sexo/trata) com 24 semanas de idade.....	44
---	----

<b>Tabela 4.</b> Peso vivo, dos órgãos (g) e relativos de matrizes de codornas japonesas com 28 semanas, alimentadas com diferentes relações de LA:LNA (n=10 aves/trata).....	47
---	----

<b>Tabela 5.</b> Composição corporal de codornas alimentadas com diferentes relações de LA:LNA (n=3/trata).....	50
---	----

**Capítulo IV**

<b>Tabela 1.</b> Composição das dietas experimentais para codornas em postura.....	60
--	----

<b>Tabela 2.</b> Tabela 2. Dados médios observados e estimados (valores entre parênteses) das variáveis de desempenho da incubação de ovos de codornas japonesas alimentadas com diferentes relações de LA:LNA (n=12 gaiolas).....	65
--	----

- Tabela 3.** Avaliação da qualidade de pintinhos de 1 dia oriundos de reprodutores e de matrizes de codornas japonesas alimentadas com diferentes relações de LA:LNA (n=50 pintinhos) .....67
- Tabela 4.** Composição química da gema de ovos de fêmeas alimentadas com diferentes relações de LA:LNA (n=10) e composição corporal de pintinho de um dia provenientes dos ovos (n=20).....71
- Tabela 5.** Desempenho produtivos da progênie de 1-7 dias, 1-14 dias, 15-35 dias e 1-35 dias (n=3) proveniente de reprodutores de codornas japonesas alimentadas com diferentes relações de LA:LNA.....72

## LISTA DE FIGURAS

**Capítulo I**

**Figura 1.** Estruturas dos ácidos linoleico (a) e alfa-linolênico (b).....5

**Figura 2.** Metabolismo do ácido linoleico  $\alpha$ - ácido linolênico.....6

**Capítulo III**

**Figura 1.** Gráfico do efeito quadrático da relação N-6:n-3 sobre as médias (obs) de variáveis séricas em reprodutores de codornas japonesas com 28 semanas (n=10) .....45

**Capítulo IV**

**Figura 1.** Gráficos de desempenho de incubação A e B são eclodibilidade total e férteis respectivamente e C e D mortalidade total e inicial .....66

**Figura 2.** Gráficos do efeito das relações LA:LNA e quadrático dos dias após a cópula sobre probabilidade de fertilidade de reprodutores e matrizes de codornas Japonesas, quando machos e fêmeas receberam as dietas experimentais (2A) e quando somente o macho (2B) ou somente a fêmea (2C) receberam as dietas experimentais. Não houve efeito da interação entre dias e dietas para a fertilidade.....68

**Figura 3.** Gráfico dos efeitos das relações sobre o número de PHMP em ovos férteis de reprodutores de codornas Japonesas. Figura A: Gráfico do efeito dos tratamentos sobre o número de PHMP quando ambos machos e fêmeas, ou somente as fêmeas ou somente os machos receberam as dietas experimentais .....69

## RESUMO

Os ácidos linoleicos (LA, 18:2) e linolênicos (LNA, 18:3) são ácidos graxos poli-insaturados (PUFA) e são comumente conhecidos como ômega 6 (n-6) e ômega 3 (n-3). Esses ácidos graxos possuem grande importância na qualidade da incubação e da progênie, visto que estão diretamente relacionados com a nutrição das matrizes. Uma adequada relação de n-6:n-3 melhora a fertilidade e a qualidade da progênie. Diante disso, objetivou-se avaliar o efeito da interação do ácido linoleico (18:2 n-6) e alfa linolênico (18:3 n-3) na alimentação de codornas japonesas, sobre a reprodução, produção e desempenho de incubação em dois experimentos. Utilizou-se um delineamento inteiramente ao acaso, composto por 5 dietas com 12 repetições de 6 aves cada. Os tratamentos consistiram em diferentes relações de ácidos LA e LNA (LA: LNA 1,48:1; 4,57:1; 7,63:1; 10,69:1 e 13,75:1), usando óleos de soja e de linhaça fontes de LA e LNA, respectivamente. Para o experimento I foi analisado o desempenho produtivo (consumo de ração, conversão alimentar, massa de ovo), qualidade dos ovos, perfil bioquímico do sangue, peso dos órgãos e composição da carcaça da fêmea. No experimento II foi analisado o desempenho de incubação, qualidade do pintinho, fertilidade, interação espermatozoide – ovo e o desempenho da progênie. Os dados foram analisados por regressão e consideradas significativas quando  $P < 0,05$ . As relações de n-6:n-3 não afetaram o desempenho produtivo e a qualidade dos ovos. Nas análises de bioquímica sérica, o colesterol sanguíneo das fêmeas e machos e os triglicerídeos totais nas fêmeas apresentaram o menor valor na relação 1,48 e maior teor na relação 13,57. Já o peso das aves e dos órgãos não foram influenciados pela dieta. Na composição corporal das fêmeas foram observadas diferenças nos teores de cinzas e de proteínas pois a inclusão de LA afetou a deposição desses nutrientes. No desempenho de incubação houve efeito quadrático na eclodibilidade total ( $p < 0,011$ ), dos férteis ( $p = 0,046$ ) e na mortalidade total ( $p = 0,046$ ), com melhores taxas com 10,69 de LA:LNA. Ao avaliar a qualidade dos pintinhos foi observado efeito quadrático decrescente no comprimento e linear para o peso. No desempenho de progênie de 1-7 dias foi observado maiores valores no consumo de ração e peso médio na relação de 13,45. As relações de LA:LNA influenciaram no teor de matéria mineral da composição da gema, que afetaram os teores extrato etéreo e cinzas na composição corporal do pintinho. Os maiores valores de probabilidade de fertilidade em relação aos dias após a cópula e de número de PHPM foi observado na relação de 1,48

ou de 13,75, quando apenas as fêmeas ou machos e fêmeas receberam as dietas experimentais. Conclui-se que as relações n-6:n-3 entre os óleos estudados não afetaram o desempenho produtivo e a qualidade dos ovos de matrizes de codorna japonesa, porém, com a diminuição da relação ocorreu redução nos teores de triglicerídeos e colesterol plasmático e maiores níveis de proteína e cinzas corporal, indicando que a composição foi melhorada. A mistura de óleo de soja e de linhaça para obter proporções n-6:n-3, aumentou a eclodibilidade total e férteis sendo a melhor relação 9,29. O desempenho de progênie só foi afetado até o sétimo dia para o peso das aves, após esse período não foi observado diferença.

**Palavras chaves:** ácidos graxos, eclodibilidade, progênie.

## ABSTRACT

Linoleic (LA, 18:2) and linolenic (LNA, 18:3) acids are polyunsaturated fatty acids (PUFA) and are commonly known as omega-6 (n-6) and omega-3 (n-3). These fatty acids are of great importance for hatchability and offspring quality, since they are directly related to the breeder's nutrition. Thus, an adequate ratio of n-6:n-3 improves fertility and offspring quality. This study evaluated the interaction effect of linoleic (18:2 n-6) and alpha linolenic acid (18:3 n-3) in diet of Japanese quails, on reproduction, production and hatchery performance in two experiments. An entirely randomized design was used, consisting of 5 diets with 12 replicates of 6 birds each. The treatments consisted of different ratios of LA and LNA acids (LA:LNA 13.75:1; 10.69:1; 7.63:1; 4.57:1 and 1.48:1), using soybean and flaxseed oils as sources of LA and LNA, respectively. For experiment I productive performance (feed intake, feed conversion, egg mass), egg quality, blood biochemical profile, organ weight and carcass composition of the female was analyzed. In experiment II incubation performance, chick quality, fertility, sperm-egg interaction and progeny performance were analyzed. Data were analyzed by regression and considered significant when  $P < 0.05$ . The n-6:n-3 ratios did not affect productive performance and egg quality. Blood cholesterol in females and males and total triglycerides in females increased with increasing dietary oil ratios. For birds and organ weights, no difference was observed. In body composition of females, a linear effect was observed for mineral matter content and a quadratic effect was observed for protein content. In incubation performance, there was a quadratic effect for total hatchability ( $p < 0.011$ ), fertile ( $p = 0.046$ ) and total mortality ( $p = 0.046$ ), with the best rates at 10.69 LA:LNA. For chick analyses a decreasing quadratic effect was observed for length and linear for weight. For progeny performance 1–7 days, higher values were observed for feed consumption and average weight at the 13.45 ratio. The LA:LNA ratios influenced the mineral matter content of the yolk composition, which affected the ethereal extract and ash contents in the chick body composition. The highest values of fertility probability in relation to days after copulation and PHPM number were observed at the ratio of 1.48 or 13.75, when only females or males and females received the experimental diets. It is concluded that the n-6:n-3 ratios between the oils studied did not affect the productive performance and egg quality in Japanese quail breeders, but with decreasing the ratio there was a reduction in plasma triglyceride and cholesterol contents and higher levels of

protein and body ash, indicating that the composition was improved. Mixing soybean and flaxseed oil to obtain n-6:n-3 ratios modified total and fertile hatchability. Progeny performance was affected only up to day 7 for bird weight, after which no difference was observed.

**Key words:** fatty acids, hatchability, progeny.

# I. INTRODUÇÃO

## 1.1 Introdução Geral

A ingestão de lipídios pelas matrizes de codorna apresenta grande importância, além de suprir as necessidades energéticas são utilizadas para atender as exigências de ácidos graxos essenciais e veículo das vitaminas lipossolúveis. Os ácidos graxos essenciais são importantes para o crescimento, desenvolvimento e reprodução dos animais. Porém, as aves são incapazes de sintetizar os ácidos graxos linoleicos (ômega-6) e linolênicos (ômega-3), que são considerados essenciais, por isso, devem ser fornecido na dieta para a adequada nutrição dos animais e a produção com qualidade (Souza, 2007).

O ácido linolênico (LNA) pertencente à família do ômega-3 que é precursora dos ácidos graxos de cadeia longa, como o ácido eicosapentaenoico (EPA) e o docosahexaenoico ácido (DHA). Já o ácido linoleico (LA) está na família do ômega-6 e é precursor do ácido araquidônico (AA). No metabolismo desses dois ácidos graxos são utilizadas as mesmas enzimas *elongase* e *desaturase*, tendo assim uma competição desses ácidos pelas enzimas (Baucells, 2000). As principais fontes desses ácidos são os óleos, como por exemplo, o óleo de soja que é rico em n-6 e o óleo de linhaça rico em n-3, óleos estes mais utilizados na alimentação de aves (Yehuda et al., 2002).

Esses ácidos graxos afetam a reprodução e a eclodibilidade que são segmentos bastante cruciais na produção avícola, principalmente em relação aos ovos incubáveis e a taxa de nascimento. Esses ácidos na nutrição de matrizes são alternativa para melhorar esses parâmetros, pois esses ácidos presentes na dieta vão ser depositados na gema, melhorando assim o metabolismo, permitindo alta eclodibilidade e pintinhos melhores (Cherian e Sim, 1997). Porém, a dieta das aves comerciais é baseada em milho e farelo de soja, que são esses ricos em n-6, tendo baixo teor de n-3 na composição, esse desbalanço na relação n-6:n-3 que vai influenciar negativamente sobre as taxas de reprodução dos animais (Cherian e Sim, 1997).

Na dieta de reprodutores é importante manter boa relação n-6:n-3 pois esta interfere nos processos reprodutivos. Os mecanismos do metabolismo lipídico e de transferência para o embrião durante a incubação, são influenciados pelos ácidos graxos, por suas diversas funções no organismo durante a incubação (Khatibjoo et al., 2018).

Os efeitos do ômega 3 na reprodução têm aumentado o interesse por suplementação nas dietas com diferentes fontes, efeito esse que melhora a relação n-6: n-3 na ração das aves. O uso de óleo de linhaça em associação ao óleo de soja é uma alternativa para melhorar essa relação de n-6: n-3 na dieta, tendo equilíbrio desses ácidos graxos na dieta.

Para galinhas poedeiras e matrizes de frangos de corte, já estão bem definidos valores adequados para a boa relação entre esses ácidos que abordam a questão do desbalanço encontrado em rações comerciais. Entretanto, para matrizes de codornas são escassos os trabalhos que avaliem a relação ideal e qual o efeito da ração comercial sobre as variáveis produtivas, reprodutivas e de desempenho de incubação por causa da influência dessa relação, havendo a necessidade de estudos nesta área para esclarecer os efeitos dos ácidos graxos essenciais para matrizes de codornas japonesas.

Portanto, com este estudo, objetivou-se avaliar o efeito de diferentes relações do ácido linoleico (18:2 n-6) e alfa linolênico (18:3 n-3) na alimentação de codornas japonesas com a utilização de óleo de soja e de linhaça, sobre o desempenho produtivo, reprodutivo, desempenho de incubação e o desempenho da progênie.

## **1.2 Revisão de literatura**

### **1.2.1 Codornas Japonesas**

As codornas têm obtido maior importância econômica nos últimos anos, sendo utilizadas como animais para produção de carne e ovos. Estas aves são encontradas em todos os continentes, com várias linhagens, raças e variedades que são utilizadas para diferentes fins de produção. Possuem crescimento rápido, maturidade sexual precoce, alta taxa de produção de ovos e um intervalo curto de geração (Maiorano et al., 2009).

Essas aves foram submetidas à seleção e melhoramento ao longo dos anos. No Brasil a espécie de codorna utilizada para a produção de ovos é a *Coturnix coturnix japonica*, pois possui altos índices de produtividade (80-95%) começa a sua postura próximo de 42 dias, e, é capaz de produzir em média, trezentos ovos em um ciclo produtivo de doze meses (Santos, 2003).

As codornas têm sido recomendadas como espécie modelo para trabalhos com aves, por causa dos limites orçamentais, de espaço e tempo que podem prejudicar trabalhos realizados com outras aves como, frangos e perus. Alguns desses problemas podem ser

resolvidos com a utilização da codorna como animal piloto para experimentos de alto custo envolvendo frangos. A comparação entre aves pode ser feita porque as codornas japonesas são filogeneticamente próximas aos frangos, além disso alguns estudos foram estabelecidos mostrando que os genomas das espécies são homólogos (Kayang et al., 2006; Sasazaki et al., 2006).

A reprodução dessas aves possui um período mais curto, já que incubação dos ovos dura próximo de 18 dias, com os pintos de um dia com peso médio de 7 g, correspondendo a 70% do peso do ovo. Com quatro semanas podem aumentar em 10 vezes o seu peso inicial (Albino e Barreto, 2003). Quando adultos as fêmeas são mais pesadas que os machos devido ao desenvolvimento do aparelho reprodutor e do fígado (Albino e Barreto, 2003).

### **1.2.2 Lipídios**

Os lipídios podem ser definidos como um grupo heterogêneo com compostos quimicamente diferentes entre si, insolúveis em água e solúveis em solventes orgânicos. Sendo divididos em: triacilgliceróis, fosfolipídios, colesterol, ácidos graxos entre outros. E classificados de acordo com a sua função, como: lipídios de reserva (triacilgliceróis), lipídios estruturais de membrana (fosfolipídios), sinalizadores, cofatores e pigmentos (ne).

Dentre os lipídios os triglicerídeos são os encontrados em maior abundância na natureza, sendo esse a principal fonte de energia, componente das membranas celulares e fonte de ácidos graxos, e, é composto por dois ácidos graxos ligados a uma molécula de glicerol, por meio de ligações ésteres e um grupo fosfato. Na sua digestão e absorção os ácidos graxos são liberados para a utilização (Lehninger et al., 2014).

A digestão e absorção dos lipídios ocorre através da hidrólise desses compostos, que libera cadeias de glicerol, ácidos graxos, monoacilgliceróis, fosfogliceróis, esteróis e isoprenoides, e essas moléculas menores serão absorvidas. No processo digestivo dos lipídios, eles são emulsificados pelos sais biliares e fosfolipídios para que a molécula fique menor e tenha maior superfície de contato, facilitando a ação das lipases que farão a hidrólise das cadeias, originando ácidos graxos e glicerol. Os ácidos graxos em associação com os monoglicerídeos e sais biliares dão origem as micelas que ao entrarem em contato com a mucosa intestinal liberam os monoglicerídeos dentro dos enterócitos.

Depois desse processo os ácidos graxos são reesterificados formando triacilgliceróis, que se combinam a uma proteína transportadora formando o quilomícron, que cai no sistema linfático e é transportado para o fígado e outros tecidos do corpo (Phetteplace e Watkins, 1990; Nimpf e Schneider, 1991).

A absorção dos ácidos graxos nas aves ocorre após a hidrólise dos triglicerídeos que libera os ácidos graxos. Estes são absorvidos pelo sangue e vão para o sistema porta-hepático. Os triglicerídeos e colesterol em excesso nos hepatócitos são utilizados para sintetizar as lipoproteínas de baixa densidade, e, à medida que essas lipoproteínas circulam pelos capilares extra-hepáticos, os triglicerídeos vão sendo hidrolisados pelas lipoproteínas dando origem a lipoproteína de densidade intermediária que também será transformada em lipoproteínas de baixa densidade (Furlan e Macari, 2002).

Dessa forma, os lipídios são amplamente utilizados na alimentação animal, esse nutriente fornece grandes quantidades de energia prontamente disponível (Junqueira et al., 2005). No organismo animal, possuem função de regulação do metabolismo, constituindo parte da estrutura das prostaglandinas e hormônios esteroides, produção e armazenamento de energia, sendo a principal fonte de ácidos graxos essenciais (Bernardino, 2009).

Os ácidos graxos são encontrados nas gorduras de origem animal e vegetal, sendo divididos em ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poli-insaturados. Recebendo essa classificação levando em conta os números de ligações. Os ácidos graxos saturados possuem apenas ligações simples de carbono, insaturado tem uma ou duplas ligações de carbono. Podendo ser monoinsaturados, tem apenas uma dupla ligação na cadeia de carbono e poli-insaturados possui mais de uma dupla ligação na cadeia de carbono (Lehninger et al., 2014).

### **1.2.3 Ácidos graxos poli-insaturados: ômega 3 e ômega 6**

Os ácidos graxos poli-insaturados (PUFAs) abrangem as famílias de ácidos graxos n-3 e n-6, que são considerados essenciais pois compõem uma classe de moléculas que não podem ser formadas pelo organismo. Porém, são indispensáveis para o seu funcionamento. A classificação dos ácidos graxos poli-insaturados é feita levando em consideração as duplas ligações, em que esses ácidos apresentam duas ou mais duplas ligações. O ômega 3 (n-3) e o ômega 6 (n-6) (Figura 1) apresentam a sua primeira dupla

ligação no terceiro e sexto átomo de carbono a partir do carbono metílico terminal, respectivamente, estando os nomes dos ácidos graxos relacionados com o local das duplas ligações (Cedro et al., 2010).

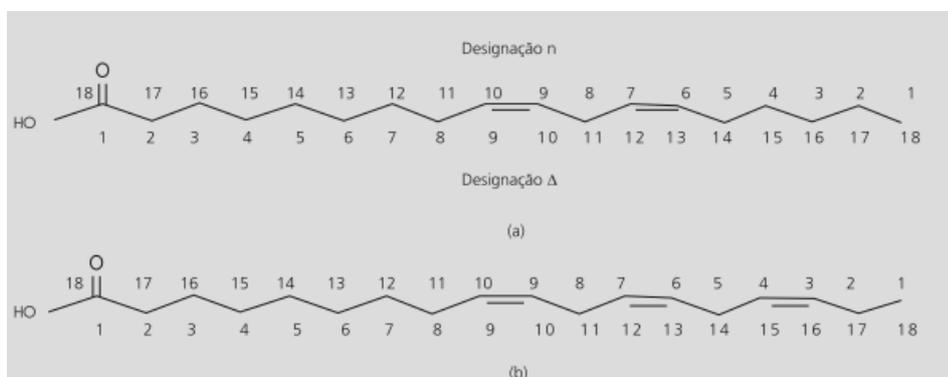


Figura 1. Estruturas dos ácidos linoleico (a) e alfa-linolênico (b) Fonte: Martin et al. (2006)

Os principais representantes do n-3 são o ácido  $\alpha$ -linolênico ou ALA (18:3n-3), o ácido eicosapentaenoico ou EPA (20:5n-3) e o ácido docosaexaenoico ou DHA (22:6n-3). Para a família do n-6 os principais são o ácido linoleico ou LA (18:2n-6) e o ácido araquidônico ou AA (20:4n-6) (Perini et al., 2010).

O n-3 e n-6 são os precursores do eicosapentaenoico (20:5n-3), docosaexaenoico (22:6n-3) e araquidônico (20:4n-6) respectivamente, e esses são sintetizados no retículo endoplasmático liso, principalmente no fígado, por sucessivas reações de dessaturações (oxidação com formação de duplas ligações) e alongamentos (aumento da cadeia carbônica com adição de dois átomos de carbono). As reações de dessaturações são catalisadas principalmente por duas enzimas a delta 6 ( $\Delta 6$ ) e delta 5 ( $\Delta 5$ ) dessaturase. A  $\Delta 6$  dessaturase é a enzima que regula a biossíntese dos ácidos graxos poli-insaturados. Sua atividade depende da competição entre substratos e de um feedback para regulação, que será mediada por ambos os produtos intermediários e finais (Cabré e Gassul, 1996).

A metabolização do  $\alpha$  ácido linolênico ocorre pela sua dessaturação (inserção de ligações duplas na cadeia acil), pelas enzimas  $\Delta 5$  e  $\Delta 6$ , e pela sua elongação através da enzima elongase. O primeiro passo é a conversão do  $\alpha$ - ácido linolênico (18:3n-3) em ácido estearidônico (18:4n-3) pela ação da  $\Delta 6$  dessaturase, sendo em seguida elongado a ácido eicosatetraenoico (20:4n-3), que vai ser convertido em ácido eicosapentaenoico (20:5n-3), ou EPA, via  $\Delta 5$  dessaturase (Figura 2). O EPA pode seguir duas vias, uma é ser metabolizado a ácido docosaexaenoico (22:6n-3), DHA, ou então dar origem a eicosanoides através de ciclooxigenases (COXs) ou lipooxigenases (LOXs) (Sprecher, 2000).

A segunda via é a de transformação do EPA em DHA que ocorre através a adição de dois carbonos no EPA, via elongase, formando o ácido docosapentaenoico (22:5n-3). Esse sofre ações da elongase quando ocorre a adição de mais dois carbonos formando o ácido tetracosapentaenoico (24:5n-3). Após essas duas elongações ocorre a dessaturação catalisada pela  $\Delta 6$  dessaturase, cujo produto formado é o ácido tetracosahexaenoico (24:6n-3), em seguida ocorre a remoção de dois carbonos por um processo de  $\beta$ -oxidação, originando o ácido docosa-hexaenoico (22:6n-3) (Sprecher, 2000) (Figura 2).

Enzima	Ácidos graxos $\omega$ -3	Enzima
	Alfa-Linolênico 18:3	Linoléico 18:2
$\Delta 6$ -dessaturase	↓	↓
	Octadecatetraenoico 18:4	Gama-Linolênico 18:3
Elongase	↓	↓
	Eicosatetraenoico 20:4	Dihomo-gama-linoléico (Precursor da série PG1) 20:3
$\Delta 5$ -dessaturase	↓	↓
	Eicosapentaenoico (Precursor das series PG3 e LT5) 20:5	Araquidônico (Precursor das series PG2 e LT4) 20:4
Elongase	↓	↓
	Docosapentaenoico 22:5	Adrenico 22:4
Elongase	↓	↓
	Tetracosapentaenoico 24:5	Tetracosatetraenoico 24:4
$\Delta 6$ -dessaturase	↓	↓
	Tetrahexaenoico 24:6	Tetracosapentaenoico 24:5
Beta oxidação parcial	↓	↓
	Docosahexaenoico 22:6	Docosapentaenoico 22:5

Figura 2. Metabolismo do  $\alpha$ - ácido linolênico. Fonte: Adaptado de Franco, (2007).

A metabolização do ácido linoleico (18:2 n-6) utiliza as mesmas enzimas envolvidas no  $\alpha$ - ácido linolênico. Ocorre a conversão do ácido linoleico (18:2) em ácido  $\gamma$ - linolênico (18:3n-6) pela ação da  $\Delta 6$  dessaturase, em seguindo sofre a ação da elongase que vai a dihomogama-linolênico (20:3n-6), que é convertido em ácido araquidônico (AA) (20:4n-6), via  $\Delta 5$  dessaturase. O AA ainda pode sofrer mais duas ações da elongase e se tornar outros ácidos graxos (ácido docosatetraenoico 22:4n-6 e ácido tetracosatetraenoico 24:4 n-6), os produtos formados sofrem a ação da  $\Delta 6$  originando o ácido tetracosapentaenoico (24:5), que ao ocorrer a  $\beta$  oxidação peroxissomal forma o ácido docosapentaenoico (22:5) (Sprecher, 2000) (Figura 2).

Dentre as funções desses ácidos, o DHA ajuda no funcionamento e desenvolvimento da retina e cérebro, sendo predominante na maioria das membranas celulares (Wurtman, 2008). A deficiência de n-3 diminuiu a concentração de DHA nos tecidos cérebro e retina, tendo influências sobre as funções dos mesmos (Adibhatla e Hatcher, 2008).

A produção de prostaglandina está associada ao EPA e o AA. A prostaglandina tem função de regular e proteger o organismo de efeitos, como inflamação, agregação plaquetária e diminuição das respostas imunes (Luu et al., 2005). O EPA e o AA produzem os eicosanoides que são mediadores inflamatórios, e o AA é o principal substrato para a síntese dos eicosanoides (Calder, 2006). O AA também possui funções sobre o crescimento fetal (Inis, 2007), no controle da pressão sanguínea e no controle da agregação plaquetária (Wurtman, 2008).

#### **1.2.4 Relação de n-6: n-3**

No metabolismo dos ácidos linoleico e linolênico (n-6:n-3), ambos vão utilizar as mesmas enzimas *elongase* e *desaturase*, ocorrendo uma competição pela utilização dessas enzimas no organismo. A taxa de conversão do  $\alpha$  linolênico é muito baixa em humanos e nas aves e ocorre a diminuição à medida que a quantidade de ácido linoleico aumenta. O ácido graxo alfa linolênico possui baixo efeito biológico, e necessita ser convertido a EPA e DHA, pois são incorporados mais facilmente nos lipídios das membranas celulares (Cherian, 2008).

Apesar de haver competição entre as enzimas de *dessaturação* e *alongamento*, é possível observar que os ácidos graxos da família n-3 possuem maior afinidade, podendo assim ser fornecido em menor quantidade que os da família n-6 para produzir a mesma quantidade de produto. Essa relação entre as famílias de ômega 3 e 6 podem ser manipuladas pela alimentação animal, levando em consideração os ingredientes contidos na ração. Um desbalanço entre esses ácidos pode diminuir a atuação dos mesmos no organismo (Emken et al., 1994). Nas rações comerciais para aves não são encontradas boas relações, pois em sua composição aproximadamente 50% é composto de n-6, enquanto 3-3,5 % é de n-3, esse desbalanço ocorre por causa do maior teor de n-6 encontrados no milho e óleo de soja (Rostagno, 2017).

Além do desbalanço entre os ácidos, a ingestão insuficiente de ômega 3 desencadeia o processo de substituição pelos ácidos palmitoleico e oleico, que são *dessaturados* e

alongados, formando ácidos eicosatrienoicos (Sardesai, 1992). Com esse desequilíbrio no organismo é observado prejuízo em ovos comerciais incubados que apresentam baixa concentração de n-3, refletindo muitas vezes na baixa fertilidade de algumas aves (Cherian, 2008).

Esta relação é algo de extrema importância a ser considerado na alimentação animal, visto que a gordura enriquecida com ácidos graxos ômega 3 em maior quantidade que o ômega 6 representa um alimento mais saudável pela funcionalidade do ácido linolênico no organismo. Entretanto, o aumento do nível total de ácidos graxos poli-insaturados representa risco a qualidade de produtos processados por causa da maior fluidez da gordura, que permite maior suscetibilidade a oxidação da gordura, dessa forma, é importante que o enriquecimento do ômega 3 não seja acompanhada do aumento de ômega 6 (Gòmez, 2003).

O balanço adequado na proporção n-6:n-3 na dieta é essencial para o metabolismo do organismo, visto que os ácidos n-6 e n-3 são metabolicamente diferentes, apresentando funções fisiológicas opostas (pró e anti-inflamatória, respectivamente), por esses fatores o equilíbrio nutricional é importante para se obter a homeostasia e o desenvolvimento normal do organismo (Mendonça, 2013). Algumas recomendações para humanos dessa relação são ácidos graxos ômega 6/ômega 3, de 5:1 até 10:1 (Gòmez, 2003).

Segundo Araújo et al. (2017), o óleo de soja possui a cada 100 gramas um percentual 55,016 % de n-6 em sua composição, e 5,199 % de n-3, obtendo a relação de 10,58 de n-6:n-3. Já no óleo de linhaça é composto de 14,98% n-6, enquanto 50,128% composto de n-3 obtendo a relação n-6:n-3 de 0,299. Sendo assim, dietas com altos teores de óleo de soja apresentam alta relação de n-6:n-3 na dieta.

Antes da industrialização na alimentação humana a relação de n-6:n-3 seriam próximo de 1:1 a 2:1, pelo alto consumo de vegetais e alimentos de origem marinha, com a industrialização houve queda no consumo desses alimentos e aumento no consumo de óleo refinados de espécies oleaginosas com altos teores de n-6, resultando em aumento na relação n-6:n-3 para 10:1 a 20:1 e, por isso, a busca por alimentos para diminuir essa relação vem crescendo nos últimos anos e como peixe é uma fonte cara de n-3 o enriquecimento de produtos avícolas é uma alternativa barata para diminuir essa relação (Simopoulos, 2004; Simopoulos, 2002).

### **1.2.5 Fontes de ácidos graxos**

As principais fontes de ácido linoleico são as sementes de plantas oleaginosas como soja, milho, girassol e as castanhas, oleaginosas essas que são utilizadas na produção de óleos. No entanto, o ácido  $\alpha$ - ácido linolênico é encontrado principalmente em peixes de águas frias e profundas (óleos de peixes) e algumas oleaginosas como o óleo de linhaça (Youdim et al, 2000).

O óleo de soja é caracterizado por apresentar em sua composição alta concentração de ácidos graxos poli-insaturados sendo 38,72 % de ácido linoleico (C18:2) e 11,47 % de ácido linolênico (C18:3) (Missão, 2006). Rostagno (2017), descreveu a composição do óleo de soja possuindo 9333 Mcal/kg de energia metabolizável, 52,6 % de ácido linoleico (C18:2) e 6,94 % de ácido linolênico (C18:3).

O óleo de soja é muito utilizado na nutrição animal por seu valor energético. Pesquisas comprovam que esse óleo está associado ao aumento do peso do ovo, por causa dos níveis elevados de ácido linoleico. Esse ácido promove o aumento das concentrações de estrógeno e, assim estimula a síntese proteica no oviduto, ocasionando maior deposição de proteína no albúmen, resultando em um ovo mais pesado (Costa et al., 2008).

Güçlü et al. (2008), ao utilizarem codornas japonesas com 12 semanas de idade e adicionar na dieta a inclusão de 4% de diferentes fontes de lipídio, sendo seis de óleo vegetal (girassol, gergelim, algodão, oliva, avelã, milho e soja) e uma fonte de origem animal (peixe), observaram aumento do teor de omega-3 na gema do ovo das aves que foram suplementadas com o óleo de peixe e óleo de soja, outro efeito observado do óleo de soja foi o aumento na concentração de lipídeo sérico dos animais.

O óleo de linhaça apresenta em sua composição alto teor de ácidos graxos ômega-3 (C18:3 – alfa linolênico) e apresenta relação de 1:4 de n6/n3, sendo considerada baixa, ideal para balancear a razão da dieta total. A utilização do óleo de linhaça na dieta de poedeiras promove enriquecimento nos ovos, pois aumenta a concentração de ácido linolênico, com a incorporação de pequenas quantidades de EPA e DHA e reduz a relação n6:n3, que irá beneficiar o animal e o indivíduo que consome esse ovo (Kalua et al., 2006; Oliveira et al., 2010; Santos et al., 2016; Santillo et al., 2016).

Em virtude da alta concentração de ácido alfa linolênico o óleo de linhaça possui alto valor, por causa de sua composição há crescente interesse no uso de sementes de linhaça para aves com o intuito de produzir ovos enriquecidos com ácido graxo da família ômega 3, além dos benefícios que essa fonte lipídica proporciona para o organismo das aves.

Apesar do seu alto custo, tem sido utilizado em substituição aos óleos marinhos que possuem maior valor de mercado (Schumann et al., 2000; Leeson e Summers, 2001).

## **1.2.6 Lipídios na dieta de aves**

### **1.2.6.1 Formação e deposição de lipídios na gema do ovo**

Os lipídios da gema do ovo são sintetizados no fígado e transportados pela corrente sanguínea e lipoproteína de densidade muito baixa, para os folículos em desenvolvimento, sendo depositado via endocitose mediada por receptor (Phetteplace e Watkins, 1990; Nimpf e Schneider, 1991).

Na gema os principais lipídios são as lipoproteínas que representam, aproximadamente 95% dos lipídios da gema, quando presente no oocisto em desenvolvimento são transformados em fosfovítina, lipovítina e as vitelogeninas que se complexam com fosfolipídios e colesterol. As aves utilizam lipoproteína de muito baixa densidade (VLDL) e a especial gema-marcado (VLDLy), que tem propriedades estruturais e bioquímicas únicas para transportar triglicérides e fosfolipídios do fígado para o ovário (Walzem et al., 1999).

O fígado é o principal órgão responsável pela lipogênese nas aves, a cerca de 95% da síntese de ácidos graxos ocorre neste órgão (Harry et al., 1992), sintetiza os lipídios, pois na maturidade sexual ocorre a elevação de estrogênio, sintetizando assim triglicérides e diversas apolipoproteínas, como apoB100, VLDL (very low density lipoprotein) e vitelogenina (Palermo Neto et al., 2005). As lipoproteínas utilizadas para a formação da gema são menores em tamanho do que as VLDL e são chamadas de VLDLy (Walzem et al., 1999).

Os triglicérides VLDLy possuem pequeno tamanho e são capazes de atravessar a lâmina basal granulosa do folículo ovariano e se unir ao receptor de apolipoproteína-B na oolema, sendo absorvida intacta para formar a gema. As estruturas presentes nos folículos e tamanho das VLDLy possibilitam a alteração da gordura dietética pelo fígado antes desses lipídios serem incorporado na gema dos ovos, porém, esta modificação hepática não ocorre totalmente, possibilitando assim que a composição de lipídio da dieta reflita na composição de lipídios da gema, principalmente as concentrações de ácidos graxos (Noble et al., 1996).

A combinação entre as estruturas do folículo ovariano e a VLDL<sub>y</sub> que ocorre no fígado é o que possibilita manipular através da dieta a modificação da gordura que será depositada na gema no ovo. Assim, a composição lipídica da gema e da dieta são semelhantes, a dieta oferecida às aves e os níveis plasmáticos de lipoproteínas plasmáticas possuem relação direta com a manipulação do perfil de ácidos graxos da gema dos ovos (Ribeiro et al., 2007).

Os lipídios que circulam no plasma são provenientes do aporte intestinal, da síntese hepática e da mobilização de gordura estocada na carcaça. A concentração no sangue dos diferentes lipídios sofre interferência de diversos fatores como: espécie, idade, sexo, estágio reprodutivo, presença de doenças e principalmente da quantidade de ácidos graxos presente na dieta. Para promover uma nutrição adequada para o embrião, a ave em idade reprodutiva aumenta a produção de colesterol hepático (Oliveira, 2018).

### **1.2.6.2 Composição do ovo de codorna**

O ovo de codorna é composto por 8% de casca, 32%, gema e 60% de albúmen e os principais componentes são água 75%, lipídios 12 %, proteína 12 % e em menores concentrações carboidratos, minerais e vitaminas (Genchev, 2012). A gema e albúmen apresentam composições diferentes, enquanto as proteínas são distribuídas nos dois componentes, os lipídios estão presentes quase exclusivamente na gema (Oliveira et al., 2010). O albúmen possui em sua composição aproximadamente 88% de água e 12% de sólidos totais, dos quais 11% são proteína e o restante são minerais e carboidratos. Já na composição da gema essas proporções mudam sendo 50% de água, 16% de proteína e 34% de lipídios (colesterol, triglicerídeos e fosfolipídios) (Sarcinelli et al., 2007). Apesar das diferenças entre os compartimentos do ovo a composição pode ser modificada de acordo com a alimentação da ave

O ovo e a carne de codorna possuem valores nutricionais semelhantes ao ovo de galinha e a carne de frango. Possuindo aproximadamente 12% a mais de proteína no ovo comparado com o de galinha e a carne com 1% a mais de proteína. Apresenta também um teor mais baixo de colesterol no ovo que o de galinha. O peso médio do ovo de codorna é próximo de 10 a 11 gramas, e equivale a 1/5 do peso do ovo de galinha, na sua composição possui carboidratos 4,01 g, cinzas 1,06 g, proteína bruta 12,7 g, extrato etéreo 9,89 g, umidade 72,25 g e o seu teor energético equivale a 156,50 kcal. Os valores de

proteína, carboidrato, gordura e energia foram maiores na gema do ovo de codorna que o comparados com ovos inteiros de galinhas (ovos brancos) (Tunsaringkarn et al., 2013)

### **1.2.6.3 Ácidos graxos no ovo**

A modificação do perfil lipídico da ração das poedeiras altera o perfil lipídico do ovo, principalmente da gema, já que os lipídios presentes nas rações vão ser digeridos e absorvidos e enviados para a gema, tendo assim a mesma composição (Al-Daraji et al., 2010). Essas modificações dos lipídios, estão mais focadas na composição de ácidos graxos da gema, com isso, o ovo vai se tornar uma opção para suplementação de ácidos graxos insaturados (Al-Daraji et al., 2010).

Os lipídios, os componentes mais abundantes da gema, e representam aproximadamente 60% do peso total da gema com base na matéria seca os constituintes as lipoproteínas de baixa LDLs (Low Density Lipoprotein) e alta densidade HDLs (High Density Lipoprotein), triglicerídeos, fosfolipídios, colesterol livre e outros de menor quantidade (Jacobsen et al., 2013). Os triglicerídeos compõem a cerca de 65-68% e os fosfolipídios 29-32% dos lipídios da gema. Os ácidos graxos são os principais componentes dos triglicerídeos e fosfolipídios, correspondendo aproximadamente 4 g do peso do ovo de galinhas (Jacobsen et al., 2013).

O nível de inclusão e a qualidade da fonte lipídica são os principais fatores que podem afetar o valor nutricional dos ovos. Galinhas alimentadas apenas com óleo de soja produzem ovos com maiores quantidades de ácidos graxos n-6. Ao mesmo tempo que galinhas alimentadas com apenas óleo de linhaça apresentam ovos com altos teores de ácidos graxos n-3 (Oliveira et al., 2011). Segundo Tunsaringkarn et al. (2013) os ovos de codornas possuem alta concentração de lipídios, tendo 1,8 vezes mais ácidos graxos insaturados (AGI) comparados aos saturados (AGS). Com relação a proporção encontrada em 100g da gema, 7,41 g foi de ácido graxo saturado 13,32 g ácido graxo insaturado dividido em ácido graxo monoinsaturados 9,64 g e ácido graxo poli-insaturados 3,68 g. Dentre os poli-insaturados, o perfil de ácido graxo essenciais na gema do ovo foi 2,58 g ácido linoleico, 0,50 g ácido docosahexaenoico e 0,44 g de ácido araquidônico.

O aumento de ômega 3 na dieta não indica que haverá aumento dos valores de EPA e DHA na mesma proporção, o que aumenta é a concentração de  $\alpha$ -linolênico que será

utilizado para sintetizar o EPA e DHA. Utilizando 10 a 30% em níveis de inclusão de óleo de linhaça na dieta de galinhas foi avaliado por Caston et al. (1994) que obtiveram aumento no teor de ácido  $\alpha$ -linolênico em 44 vezes na gema do ovo, entretanto, não houve aumento na taxa de deposição de EPA (ácido eicosapentaenoico) e DHA (ácido docosahexaenoico), que permaneceram baixos mesmo com níveis de inclusão de linhaça acima de 15%. Outro fator a ser considerado é a taxa de deposição de ácidos graxos varia com a idade e com a linhagem das galinhas (Scheideler et al., 1994).

Ovos de galinhas alimentadas com rações com relações balanceadas de PUFA, com relação de n-6:n-3 de 1:1 fornecem na composição dos ovos mais de 600 mg de n-3 (Ahmad et al.,2012). Na tabela 1 são apresentados os dados da composição de ácido graxos nos ovos de codornas e galinha, podendo ser observado que os ovos de codorna mesmo sem ser enriquecido apresentam valores maiores de ácidos graxos quando comparados com o ovo de galinha. Apresentando alta concentração de ácidos graxos poli-insaturados (2,70), tendo maior concentração de linolênico 2,20 nos ovos de codorna. Outros trabalhos corroboram com essa afirmação mostrando que os ovos de codornas possuem maior conteúdo de DHA (1,72%) quando comparados com os ovos de galinhas (0,56%) e em relação de n-6:n-3 as codornas apresentam menor relação 5:6 e as galinhas 14:2 (Bertechini, 2016).

Genchev (2012) ao avaliar o perfil lipídico da gema de codornas japonesas observou que o teor de PUFA é a cerca de 2,5 vezes maior na fração fosfolipídica que na fração de triglicerídeos, sendo 44,3% de ácidos graxos saturados e 55,7% de ácidos graxos insaturados. Na fração fosfolipídica foi encontrado de ácidos graxos saturados, 29,77% para ácido palmítico, 14,53% para esteárico, de ácidos graxos monoinsaturados 3,79% para palmitoleico, e 28,9% para oleico já para os ácidos graxos poli-insaturados foram encontrados 15,59% de ácido linoleico e araquidônico com 7,42%. Bressan e Rosa (2002), demonstraram que o teor de colesterol de ovos de codorna é similar ao de ovos de galinha, 10,90mg/g e 10 mg/g para codornas e galinhas, respectivamente.

Tabela 1. Composição dos ácidos graxos por 100 gramas de parte comestível de ovo inteiro.

Ácidos Graxos	Ovo de Codorna	Ovo de Galinha
Ácidos Graxos Saturados (g)	8,90	2,60
Ácidos Graxos Insaturados (g)	12,10	3,60
Ácidos Graxos Poli-insaturados (g)	2,70	1,20

Mirístico (14:0) (g)	0,13	0,02
Palmítico (16:0) (g)	6,39	1,87
Esteárico (18:0) (g)	2,31	0,69
Araquídico (20:0) (g)	0,01	-
Behênico (22:0) (g)	0,03	0,01
Lignocérico (24:0) (g)	-	0,01
Miristoleico (14:1) (g)	0,03	-
Palmitoleico (16:1) (g)	1,07	0,23
Oleico (18:1) (g)	11,01	3,33
Gadoleico (20:1) (g)	0,03	0,01
Linoleico (18:2 n-6) (g)	2,20	0,88
Alfa-Linolênico (18:3 n-3) (g)	0,10	0,02
Araquidônico (20:4) (g)	0,44	0,14
Clupadônico (22:5) (g)	-	0,05
Docosahexanoico (22:6) (g)	-	0,04
Elaídico (18:1t) (g)	0,04	-
Trans-octadecadienoico (18:2t) (g)	0,07	-

Adaptado de Tabela brasileira de composição de alimentos (2011).

#### **1.2.6.4 O enriquecimento de ovos com ômega 3 e 6 através da dieta das aves**

A manipulação da dieta das aves é uma das maneiras mais eficientes para enriquecer os ovos com ácidos graxos da série ômega 3 e ômega 6, sabe-se que com enriquecimento é possível alterar a composição e a proporção dos ácidos graxos da gema, porém, não é possível modificar o percentual lipídico dos ovos (Souza-Soares e Siewerdt, 2005). Para o enriquecimento dos ovos com ômega 3 a fonte de origem vegetal mais utilizada é a semente de linhaça. Por possuir boa estabilidade e alto conteúdo de ômega 3, dentre outros valores nutritivos, como energia e proteína (Jacobsen et al., 2013).

Quando utilizados os óleos separados, os ovos são enriquecidos apenas com o ácido graxo predominante naquele óleo, como observado por Oliveira et al. (2010) que ao fornecer dieta rica em óleo de soja para galinhas, elas produziram ovos com maiores

quantidades de ácidos graxos poli-insaturados n-6, enquanto galinhas alimentadas com óleo de linhaça apresentaram ovos com maiores quantidades de ácidos graxos poli-insaturados n-3. Esses resultados comprovam que a qualidade nutricional dos ovos pode ser modificada dependendo da quantidade e fonte lipídica adicionada nas dietas, sendo assim fonte viável para produzir alimentos mais saudáveis, com maior valor agregado e ovos melhores para nutrir o embrião (Araújo, 2017).

A relação n-6: n-3 é outra característica importante na determinação de boa relação do ovo na alimentação humana, considerando os efeitos benéficos dos ácidos graxos poli-insaturados. Porém, essa relação também é importante para o desenvolvimento embrionário, já que esses ácidos graxos também são utilizados na nutrição do embrião. Assim, a utilização do óleo de linhaça é uma opção de enriquecimento dos ovos em n-3, diminuindo a relação e nutrindo melhor o embrião (Petrović et al., 2012).

A modificação da relação n6: n3 ocorre através da manipulação da dieta, como demonstrado por Lewis et al. (2000), que ao fornecerem dietas com 10 a 20 % de semente de linhaça para galinhas poedeiras, obtiveram ovos com 216 a 527 mg de ácido linolênico, valores superiores dos ovos comuns que contêm 28 mg de ácido linolênico. Os teores de DHA aumentaram de 51 mg para 81 a 87 mg nas galinhas que receberam dietas com semente de linhaça e a relação de n6: n3 diminuiu de 13 para 2,6.

Cherian (2008), ao utilizar 1,75% de óleo de peixe + 1,75% de graxa amarela (baixo teor de n-3) e 3,5% de óleo de peixe (alto n-3), avaliou o teor de n-6 nos ovos e comparou com o teor encontrados em ovos comerciais. Foi observado que em ovos comerciais o teor de n-6 (principalmente o AA) foi de 0,03 g, já os ovos das galinhas que receberam a dieta com baixo e alto valor de n-3 foram, respectivamente, de 0,09 g e 0,07 g, mostrando a importância da suplementação de n-3 para que ocorra a distribuição adequada dos ácidos graxos na gema do ovo.

### **1.2.7 Efeito dos ácidos graxos na embriogênese e progênie**

Os lipídios da gema desempenham papel crucial como fonte de energia e nutrientes essenciais no desenvolvimento embrionário das aves. Mudanças na composição dos ácidos graxos na gema podem ter efeitos benéficos ou colaterais para a sobrevivência do embrião (Donaldson e Fites, 1970).

Um ovo médio tem aproximadamente 5,5 - 6 g de lipídios totais e está presente como lipoproteínas na gema. Os lipídios totais possuem a cerca de 65 % de triacilglicerol e 28% de fosfolipídios. Durante o período de incubação mais de 88% de triacilgliceróis e 95% de fosfolipídios são absorvidos pelo embrião em crescimento. A rápida aceitação dos diferentes componentes lipídicos pelo embrião começa a partir da segunda semana de incubação e continua até que a gema residual seja completamente absorvida (Nobel e Cocchi, 1990; Speake et al., 1998). Entre os diferentes lipídios tomadas pelo embrião de pintos, o triacilglicerol serve como fonte de energia, enquanto fosfolipídios servem como precursores estruturais essenciais para bicamadas de lipídios de membrana (Speake et al., 1998).

Além da utilização do lipídio para a beta oxidação de ácidos graxos, estes também são utilizados por tecidos embrionários específicos, enquanto as outras frações lipídicas são utilizadas para diversas funções como a biogênese da membrana, sinal de transdução e a síntese de hormônios esteroides que envolvem uma rede complexa de composição, mecanismos de transporte, captação específica de tecido e metabolismo. Esses processos têm impacto na composição lipídica dos tecidos nos diferentes estágios específicos. Com isso existe certos tipos de tecidos que possuem um perfil lipídico quando embrião e outro quando pinto (Nobel e Cocchi, 1990).

No início da incubação nem todos os ácidos graxos são detectados, isso ocorre principalmente com o DHA que é dificilmente detectável no triacilglicerol da gema inicial, mas ao analisar o triacilglicerol em pintos de galinhas no 12º dia de incubação os ácidos graxos constituíam 20% do peso total. Esse ácido é encontrado principalmente no cérebro e retina. Além disso, há considerável evidências de que 22:6 n-3 desempenha papel importante no desenvolvimento funcional do tecido do sistema neural e que deficiências no fornecimento deste ácido graxo, danificam o cérebro e retina durante a vida embrionária e isto pode resultar em uma série de deficiências comportamentais e visuais (Neuringer et al., 1998).

No processo de incubação ocorrem diversas mudanças na composição dos ácidos graxos da gema, porque mais de 90 % da energia que deriva do embrião é originária da oxidação dos lipídios da gema. Outra característica é a intensidade de transferência de lipídios da gema do embrião durante a segunda metade do período de incubação. Como consequência, variedades de enzimas estão envolvidas no metabolismo dos lipídios que possuem atividades muito elevadas nos tecidos do embrião nesta fase (Nobel e Cocchi, 1990). Por isso, é tão importante a composição de ácidos graxos da gema e as

transformações que acontecem na sua composição para diversos momentos do desenvolvimento dos pintos (Cherian e Sim, 1992).

Cherian e Sim (1991) observaram que a composição dos ácidos graxos presentes no tecido do embrião e subsequente do pintinho refletiram a composição de ácido graxos da gema do ovo. Buyse et al. (2014) ao utilizarem DHA e EPA na dieta com relação de 1:1, 1:2 e 2:1 (sendo a relação de n-6: n-3 na proporção de 11 a 5,4), observaram que a gema, tecidos embrionários e descendentes apresentavam a mesma proporção presente na dieta. Isso ocorre porque as suplementações lipídicas maternas são adicionadas na gema na mesma quantidade, principalmente os ácidos graxos, esses ovos enriquecidos ao serem incubados transferiam os ácidos graxos para o embrião através da gema residual, resultando em altas concentração de EPA e DHA no fígado de pintinhos após a eclosão.

Os AA e o DHA são importantes durante o processo de incubação, mas também são importantes no período pós-incubação. Vai ajudar na rápida proliferação de células, e um intenso acúmulo de tecido, após a incubação, além de atuar na maturação dos órgãos linfoides (Cherian e Sim, 1992). A maior quantidade de lipídio utilizado para o desenvolvimento do embrião ocorre durante a última semana de incubação, sendo que grande proporção é utilizada pelo pinto até o quinto dia após o nascimento. Os pintos obtêm esses lipídios através da gema pela via lipoproteica (Noble e Cocchi, 1990; Latour et al., 1995).

A manipulação da relação de n-3 para n-6 em dietas de matrizes melhora o perfil de ácido graxo na gema, melhorando a incorporação de n-3 e n-6 nos tecidos embrionários. O n-3 presente na gema tem papel importante na modulação do metabolismo de progênie de lipídios e eicosanoides, são preferencialmente retirados dos lipídios do saco vitelino e são incorporados em fosfolipídios da membrana celular do embrião em desenvolvimento durante embriogênese e crescimento pós-nascimento (Koppenol, Delezei et al., 2014; Koppenol et al., 2015).

Ao avaliar a transferência do n-3 em ovos enriquecidos durante a incubação, foi observado aumento significativos na incorporação de EPA e DHA no tecido hepático e cerebral dos pintinhos. Isso sugere que o embrião em desenvolvimento sintetiza esses ácidos a partir do precursor  $\alpha$ - ácido linolênico presente na gema do ovo, os PUFA n-3 de cadeia longa apresentam funções no sistema imunológico, desenvolvimento do sistema nervoso central e metabolismo lipídico (Cherian e Sim, 1993) Pintos nascidos de fêmea cuja dieta é rica em n-3, obtêm alteração na dessaturase hepática da atividade enzimática, afetando o metabolismo dos ácidos graxos de cadeia longa (Cherian e Sim, 2001). Além

disso, aumentam a retenção de n-3 em diversos tecidos da progênie (Ajuyahh et al., 2003) e com isso apresentam mudanças nas respostas imunes e na síntese de eicosanoides derivados do n-3 (Hall et al., 2007), esses resultados mostram que o n-3 da gema tem importante papel na modulação dos lipídios e metabolismo do eicosanoides na progênie (Cherian, 2008).

Os ácidos graxos que são incorporados na gema são essenciais para o início do desenvolvimento da progênie. Na incubação de ovos de matrizes pesadas, cuja duração leva 21 dias, o terço final é o período mais intenso do metabolismo lipídico e rápido crescimento embrionário (Freeman e Vince, 1974). Estima-se que mais de 90% da necessidade total de energia para o desenvolvimento embrionário é derivada da oxidação dos ácidos graxos dos lipídios da gema (Freeman e Vince, 1974). E, mais de 80% dos lipídios da gema são absorvidos pelo embrião em desenvolvimento, servindo como fonte de energia e ácido graxo essencial (Noble e Cocchi, 1990). Além dessas funções, os lipídios também contribuem para fosfolipídios estruturais embrionários através do fornecimento de ácidos graxos poli-insaturados de cadeia longa (> 20C) (PUFA), como ácido araquidônico, ácido eicosapentaenoico e ácido docosahexaenoico. Após o nascimento do pintinho ocorre a absorção do complexo residual da gema na cavidade abdominal e o metabolismo do lipídio da gema continuam e são suficientes para a manutenção do pintinho por aproximadamente dez dias após o nascimento (Romanoff, 1960).

A composição dos ácidos graxos do embrião e do pintinho reflete o perfil de ácido graxo da gema (Cherian e Sim, 1991). Tecidos como o cardíaco, hepático, sistema imune e tecido cerebral de pintinhos em crescimento nascidos de ovos enriquecidos com n-3 possuem níveis mais elevados desses ácidos até 42 dias para frango de corte (Cherian, 2007). Mas, para que ocorra essa melhoria nos níveis é preciso que os níveis de n-6 sejam mais baixo, para que ocorra maior absorção do n-3 já que eles competem pelas mesmas enzimas (Koppenol et al., 2014).

Um dos motivos que pode influenciar na baixa eclodibilidade é a redução na transferência de lipídios da gema para o embrião, essa transferência incompleta impede o acesso aos nutrientes pelo embrião (Tullet, 1990). Menge et al. (1974), demonstraram que a deficiência de ácidos graxos essenciais na alimentação de galinhas resultou em uma progênie que eclodiu tardiamente de crescimento mais lento do que a progênie de galinhas cuja dieta não era deficiente em ácidos graxos essenciais.

Ao incluir 3% de óleo de peixe ou linhaça em comparação com o óleo de girassol, para reprodutoras de codornas japonesas foi observado um aumento na concentração de n-3. Esse aumento de n-3 teve efeito sobre o tamanho do ovo, aumento da eclodibilidade e fertilidade e a diminuição da mortalidade embrionária precoce (AlDaraji et al., 2010).

### **1.2.8 Efeitos dos ácidos graxos na fertilidade**

Um dos fatores que afetam a interação espermatozoide: óvulo é a capacidade do espermatozoide conseguir entrar e ser armazenado nos túbulos de armazenamento de espermatozoides na mucosa da vagina fêmeas. O armazenamento dos espermatozoides depende da topografia da superfície do espermatozoide e alterações dos carboidratos e frações fosfolipídicas da membrana plasmática dos espermatozoides, diminuindo a capacidade de sobreviver a seleção e o armazenamento, reduzindo a fertilidade (Froman e Rangel, 1989; Donoghue et al., 1995).

Com isso, as dietas modificam a capacidade de fertilização dos espermatozoides, visto que os lipídios afetam a estrutura da membrana do espermatozoide e a peroxidação. Isso ocorre pelas alteração de fosfolipídios específicos, ácidos graxos ou a relação de n-6: n3 (Blesbois et al., 1997). Ao alimentar reprodutores de frangos com óleo de peixe foi observado que os ácidos graxos poli-insaturados n-3 foram transferidos com sucesso para os espermatozoides (Cerolini et al., 2006). Andrade et al. (2004) e Zaniboni et al. (2006) utilizaram óleo de peixe na dieta de perus e foi observado aumento dos ácidos graxos n-3, isso resultou na redução da proporção de n-6/n-3 no espermatozoide melhorando a viabilidade e a fertilidade, além disso efeitos positivos sobre a eclodibilidade e viabilidade do embrião. A comparação no uso de óleo de milho e óleo de salmão evidenciaram melhor taxa de fertilidade e redução da relação n-6: n-3 em galos alimentados com dieta com óleo de salmão (Blesbois et al., 1997).

Dietas de reprodutores com suplementação de ácidos graxos, alteram significativamente o processo de fertilização dos espermatozoides frescos, pois esses ácidos melhoram a motilidade e vitalidade dos espermatozoides. Além disso, melhorar a estrutura da membrana, a fluidez ou a suscetibilidade à peroxidação dos espermatozoides podem ser danificadas alterando fosfolipídios específicos (Blesbois et al., 1997).

Al-Daraji et al. (2010) observaram que a fertilidade e a eclodibilidade das codornas melhoraram ao incluir 3% de óleo de peixe ou óleo de linhaça em comparação com o óleo

de girassol. Esse efeito pode estar relacionado à proporção n-6: n-3 mais estreita em óleos de peixes e óleo de linhaça do que no óleo de girassol. No entanto, nos estudos realizados, o efeito da fonte de ácido graxo foi determinado independentemente da proporção n-6: n-3.

## 2. Considerações Finais

Devido à escassez de trabalhos para matrizes de codornas se faz necessária a condução de mais pesquisas para evidenciar o impacto que a suplementação de n-3 na dieta para balancear a relação n-6: n-3 e seus efeitos sobre a composição da gema, incubação, eclodibilidade, fertilidade e efeitos sobre a progênie. Com destaque maior para codornas porque há poucos trabalhos na literatura, mesmo sendo uma área que vem crescendo a sua produção no Brasil. Desta forma, a inclusão de óleos vegetais como fontes de ômega 3 na ração de codornas japonesas, pode ser boa alternativa para ofertar ao mercado consumidor ovos fortificados com n-3 e melhoras nos parâmetros de reprodução que é ponto importante da produção.

## 3. Referências

- ADIBHATLA, R.M.; HATCHER, J.F. 2008. Altered lipid metabolism in brain injury and disorders. **Subcellular Biochemistry**, p. 241-268.
- AHMAD, S.; YOUSAF, M.; SABRI, M.A.; KAMRAN, Z. 2012. Response of laying hens to omega-3 fatty acids for performance and egg quality. **Avian Biology Research**, v. 5, n. 1, p. 1-10.
- ALBINO, L.F.T; BARRETO, S.L.T. 2003. Codornas: criação de codornas para produção de ovos e carne. Viçosa: Aprenda Fácil, 289p.
- AL-DARGI, H.J.; AL-MASHADA, H.A.; AL-HAYANI, W.K.; MIRZA, H.A.; AL-HASSANI, A.S. 2010. Effect of dietary supplementation with different oils on productive and reproductive performance of quail. **International Journal of Poultry Science**, v. 9, n. 5, p. 429-435.
- ANDRADE, P.M.M.; CARMO, M.G.T. 2006. Ácidos graxos n-3: um link entre eicosanoides, inflamação e imunidade. **Revista de Metabolismo e Nutrição**, v. 8, n. 3, p.135-143.

- ARAÚJO, R.G.A.C. 2017. **Perfil de ácidos graxos e energia metabolizável aparente de diferentes fontes lipídicas para galinhas poedeiras**. 2017. 56 f. Dissertação (Mestrado) -, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, São Paulo.
- BERNARDINO, V.M.P. 2009. Influência dos lipídios da dieta sobre o desenvolvimento ósseo de frangos de corte. **Nutritime**, v. 6, n. 3, p. 960-966.
- BERTECHINI, A.G. 2016 Mitos e verdades sobre os ovos de codornas. In: **Congresso de Produção e Comercialização de Ovos**, APA.
- BLESBOIS, E.; DOUARD, V.; GERMAIN, M.; BONIFACE, P.; PELLET, F. 2004. Effects of n-3 polyunsaturated dietary supplementation on the reproductive capacity of male turkeys. **Theriogenology**, v. 61, n. 2-3, p. 537-549.
- BLESBOIS, E.; LESSIRE, M.; GRASSEAU, I.; HALLOUIS, J.M.; HERMIER, D. 1997. Effect of dietary fat on the fatty acid composition and fertilizing ability of fowl semen. **Biology Reproductive**, v. 56, p.1216-1220.
- BRESSAN, M.C.; ROSA, F.C. 2002. Processamento e industrialização de ovos de codorna. In: **Simpósio Internacional de Coturnicultura**, 01, Lavras. Lavras:UFLA. p.85-96.
- BURDGE, G.C.; JONES, A.E.; WOOTTON, S.A. 2002. Eicosapentaenoic and docosapentaenoic acids are the principal products of  $\alpha$ -linolenic acid metabolism in young men. **British Journal of Nutrition**, v. 88, n. 4, p. 355-363.
- BAUCELLS, M.D.; CRESPO, N.; BARROETA, A.C.; LÓPEZ-FERRER, S.; GRASHORN, M.A. 2000. Incorporation of different polyunsaturated fatty acids into eggs. **Poultry Science**, v. 79, n. 1, p. 51-59.
- BERTIPAGLIA, L.A.; SAKAMOTO, M.I.; BERTIPAGLIA, L.M.A.; MELO, GM.P. 2016. Lipid sources in diets for egg-laying Japanese quail: performance and egg quality. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 38, n. 3, p. 281-284.
- CABRÉ, E; GASSULL, M.A. 1996. Polyunsaturated fatty acid deficiency in liver diseases: pathophysiological and clinical significance. **Nutrition**, v. 12, n. 7-8, p. 542-548.
- CALDER, P.C. 2006. N-3 Polyunsaturated fatty acids, inflammation, and inflammatory diseases. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 83, n. 6, p. 1505-1519.
- CASTON, L.J.; SQUIRES, E.J.; LEESON, S. 1994. Hen performance, egg quality, and the sensory evaluation of eggs from SCWL hens fed dietary flax. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 74, n. 2, p. 347-353.

- CEDRO, T.M.M.; CALIXTO, L.F.L.; GASPAR, A.; HORA, A.S. 2010. Teores de ácidos graxos em ovos comerciais convencionais e modificados com ômega-3. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 8, p. 1733-1739.
- CEROLINI, S.; ZANIBONI, L.; MALDJIAN, A.; GLIOZZI, T. 2006. Effect of docosahexaenoic acid and  $\alpha$ -tocopherol enrichment in chicken sperm on semen quality, sperm lipid composition and susceptibility to peroxidation. **Theriogenology**, v. 66, n. 4, p. 877-886.
- CHERIAN, G. 2008. Egg quality and yolk polyunsaturated fatty acid status in relation to broiler breeder hen age and dietary n-3 oils. **Poultry Science**, v. 87, n. 6, p. 1131-1137.
- CHERIAN, G. 2007. Metabolic and Cardiovascular Diseases in Poultry: role of dietary lipids. **Poultry Science**, v. 86, n. 5, p. 1012-1016.
- CHERIAN, G.; SIM, J. 2001. Maternal dietary  $\alpha$ -linolenic acid (18: 3n-3) alters n-3 polyunsaturated fatty acid metabolism and liver enzyme activity in hatched chicks. **Poultry Science**, v. 80, n. 7, p. 901-905.
- CHERIAN, G.; GOPALAKRISHNAN, N.; AKIBA, Y.; SIM, J. 1997. Effect of maternal dietary n-3 fatty acids on the accretion of long-chain polyunsaturated fatty acids in the tissues of developing chick embryo. **Neonatology**, v. 72, n. 3, p. 165-174.
- CHERIAN, G.; SIM, J. 1993. Net transfer and incorporation of yolk n-3 fatty acids into developing chick embryos. **Poultry Science**, v. 72, n. 1, p. 98-105.
- CHERIAN, G.; SIM, J. 1992. Preferential accumulation of n-3 fatty acids in the brain of chicks from eggs enriched with n-3 fatty acids. **Poultry Science**, v. 71, n. 10, p. 1658-1668.
- CHERIAN, G.; SIM, J.S. 1991. Effect of feeding full fat flax and canola seeds to laying hens on the fatty acid composition of eggs, embryos, and newly hatched chicks. **Poultry Science**, v. 70, n. 4, p. 917-922.
- COSTA, F.G.P.; SOUZA, J.G.; SILVA, J.H.V.; RABELLO, C.B.V.; GOULART, C.C.; LIMA NETO, R.C. 2008. Influência do óleo de linhaça sobre o desempenho e a qualidade dos ovos de poedeiras semipesadas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 5, p. 861-868.
- DONALDSON, W.E.; FITES, B.L. 1970. Embryo Mortality in Quail Induced by Cyclopropene Fatty Acids: reduction by maternal diets high in unsaturated fatty acids. **The Journal of Nutrition**, v. 100, n. 6, p. 605-610.

- DONOGHUE, A.M.; BAKST, M.R.; HOLSBERGER, D.R.; DONOGHUE, D.J. 1995. Effect of semen storage on the number of spermatozoa in the perivitelline layer of laid turkey eggs. **Journal of Reproduction, Fertility and Development**, v. 105, p.221–225.
- EMKEN, E.A.; ADLOF, R.O.; GULLEY, R.M. 1994. Dietary linoleic acid influences desaturation and acylation of deuterium-labeled linoleic and linolenic acids in young adult males. **Biochimica et Biophysica Acta (Bba) - Lipids And Lipid Metabolism**, v. 1213, n. 3, p. 277-288. h.
- FRANCO, E.Z. 2007. **Efeito do ácido linoleico conjugado na dieta de matrizes de corte e sua progênie**. 55 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- FREEMAN, B.M.; VINCE, M.A. 1974. **Developments of the Avian Embryo: a behavioural and physiological study**. London: Springer Netherlands, 1974. 362 p.
- FROMAN, D.P.; ENGEL JR, H.N. 1989. Alteration of the spermatozoal glycocalyx and its effect on duration of fertility in the fowl (*Gallus domesticus*). **Biology Reproduction**, v. 40, p. 615–621.
- FURLAN, R.L.; MACARI, M. **Lipídeos: digestão e absorção**. In: MACARI, M. Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 2002.
- GENCHEV, A. 2012. Quality and composition of japanese quail eggs (*Coturnix japonica*). **Trakia Journal of Sciences** v.10, n.2, p.11.
- GÓMEZ, M.E.L.D.B. 2003. **Modulação da composição de ácidos graxos poliinsaturados ômega 3 de ovos e tecidos de galinhas poedeiras, através da dieta. I. Estabilidade oxidativa**. 149 f. Tese (Doutorado) Universidade de São Paulo, São Paulo.
- GÜÇLÜ, B.K.; UYANĐK, F.; İŞCAN, 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**, v. 38, n. 2, p. 91-100.
- HALL, J.A.; JHA, S.; SKINNER, M.M.; CHERIAN, G. 2007. Maternal dietary n-3 fatty acids alter immune cell fatty acid composition and leukotriene production in growing chicks. **Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids**, v. 76, n. 1, p. 19-28.
- JACOBSEN, C.; NIELSEN, N.S.; HORN, A.F.; SØRENSEN, A.M. 2013. **Food Enrichment with Omega-3 Fatty Acids**. Sawston: Woodhead Publishing, 464f.

- JUNQUEIRA, O.M.; ANDREOTTI, M.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**, v. 34, n. 6, p. 2335-2339.
- KALUA, C.M.; BEDGOOD, D.R.; BISHOP, A.G.; PRENZLER, P.D. 2006. Discrimination of Storage Conditions and Freshness in Virgin Olive Oil. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 54, n. 19, p. 7144-7151.
- KAYANG, B.B.; FILLON, V.; INOUE-MURAYAMA, M.; MIWA, M.; LEROUX, S.; FÈVE, K.; MONVOISIN, J.; PITEL, F.; VIGNOLES, M.; MOUILHAYRAT, C. 2006. Integrated maps in quail (*Coturnix japonica*) confirm the high degree of synteny conservation with chicken (*Gallus gallus*) despite 35 million years of divergence. **BioMed Central Genomics**, v. 7, n. 1, p. 1-18.
- KHATIBJOO, A.; KERMANSHAHI, H.; GOLIAN, A.; ZAGHARI, M. 2018. The effect of n-6/n-3 fatty acid ratios on broiler breeder performance, hatchability, fatty acid profile and reproduction. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 102, n. 4, p. 986-998.
- KOPPENOL, A.; BUYSE, J.; EVERAERT, N.; WILLEMS, E.; WANG, Y.; FRANSSSENS, L.; DELEZIE, E. 2015a. Transition of maternal dietary n-3 fatty acids from the yolk to the liver of broiler breeder progeny via the residual yolk sac. **Poultry Science**, v. 94, n. 1, p. 43-52.
- KOPPENOL, A.; DELEZIE, E.; WANG, Y.; FRANSSSENS, L.; WILLEMS, E.; AMPE, B.; BUYSE, J.; EVERAERT, N. 2015b. Effects of maternal dietary EPA and DHA supplementation and breeder age on embryonic and post-hatch performance of broiler offspring. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 99, p. 36-47.
- KOPPENOL, A.; BUYSE, J.; EVERAERT, N.; WILLEMS, E.; WANG, Y.; FRANSSSENS, L.; DELEZIE, E. 2014. Transition of maternal dietary n-3 fatty acids from the yolk to the liver of broiler breeder progeny via the residual yolk sac. **Poultry Science**, v. 94, n. 1, p. 43-52.
- LATOUR, M.A.; PEEBLES, E.D.; BOYLE, C.R.; BRAKE, J.D.; KELLOGG, T.F. 1995. Changes in serum lipid, lipoprotein and corticosterone concentrations during neonatal chick development. **Neonatology**, v. 67, n. 5, p. 381-386.
- LEESON, S.; SUMMERS, J.D. 2001. **Scott's nutrition of the chicken**. 4. ed. Canadá: University Books. 608 p.

- LEHNINGER, A. L.; NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de Bioquímica**. 6.ed. São Paulo: Sarvier, 2014.
- LEWIS, N.M.; SEBURG, S.; FLANAGAN, N.L. 2000. Enriched eggs as a source of n-3 polyunsaturated fatty acids for humans. **Poultry Science**, v. 79, n. 7, p. 971-974.
- LUU, N.T.; MADDEN, J.; CALDER, P.C.; GRIMBLE, R.F.; SHEARMAN, C.P.; CHAN, T.; DASTUR, N.; HOWELL, W.M.; RAINGER, G.E.; NASH, G.B. 2007. Dietary supplementation with fish oil modifies the ability of human monocytes to induce an inflammatory response. **The Journal of Nutrition**, v. 137, n. 12, p. 2769-2774.
- MAIORANO, G.; ELMINOWSKA-WENDA, G.; MIKA, A.; RUTKOWSKI, A.; BEDNARCZYK, M. 2009 Effects of selection for yolk cholesterol on growth and meat quality in Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*). **Italian Journal of Animal Science**, v. 8, n. 3, p. 457-466. <http://dx.doi.org/10.4081/ijas.2009.457>
- MARTIN, C.A.; ALMEIDA, V.V.; RUIZ, M.R.; VISENTAINER, J.E.L.; MATSHUSHITA, M.; SOUZA, N.E.; VISENTAINER, J.V. 2006. Ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 e ômega-6: importância e ocorrência em alimentos. **Revista de Nutrição**, v. 19, n. 6,
- MENDONÇA, M.O. 2013. **Desempenho zootécnico e qualidade de ovos de codornas japonesas alimentadas com rações contendo diferentes fontes de ômega 3**. 156 f. Tese (Doutorado), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- MISSÃO, M.R. 2006. SOJA: origem, classificação, utilização e uma visão abrangente do mercado. Maringá Management: **Revista de Ciências Empresariais**, Paraná, p.7-15.
- MURAKAMI, A.E.; FURLAN, A.C. 2002. Pesquisas na nutrição e alimentação de codornas em postura no Brasil. In: **SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE COTURNICULTURA**. 1.. 2002. Lavras. MG. Anais... Lavras: Universidade Federal de Lavras. p.113-120.
- NEURINGER, M.; ANDERSON, G.J; CONNOR, W.E. 1988. The essentiality of n-3 fatty acids for the development and function of the retina and brain. **Annual Review of Nutrition**, v. 8, n. 1, p. 517-541.
- NIMPF, J.; SCHNEIDER, W.J. 1991. Receptor-mediated lipoprotein transport in laying hens. **The Journal of Nutrition**, v. 121, n. 9, p. 1471-1474.
- NOBLE, R.C.; SPEAKE, B.K.; MCCARTNEY, R.; FOGGIN, C.M.; DEEMING, D.C. 1996. Yolk lipids and their fatty acids in the wild and captive ostrich (*Struthio*

- camelus). **Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology**, v. 113, n. 4, p. 753-756.
- NOBLE, R.C.; COCCHI, M. 1990. Lipid metabolism and the neonatal chicken. **Progress in Lipid Research**, v. 29, n. 2, p. 107-140.
- OLIVEIRA, J.F.G. 2018. **Diferentes relações ômega-6/ômega-3 na dieta de galinhas poedeiras**. 60 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, São Paulo.
- OLIVEIRA, D.D.; BAIÃO, N.C.; CANÇADO, S.V.; OLIVEIRA, B.L.; LANA, Â.M.Q.; FIGUEIREDO, T.C. 2011. Effects of the use of soybean oil and animal fat in the diet of laying hens on production performance and egg quality. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 5, p. 995-1001.
- OLIVEIRA, D.D.; BAIÃO, N.C.; CANÇADO, S.V.; GRIMALDI, R.; SOUZA, M.R.; LARA, L.J.C.; LANA, A.M.Q. 2010 Effects of lipid sources in the diet of laying hens on the fatty acid profiles of egg yolks. **Poultry Science**, v. 89, n. 11, p. 2484-2490.
- PALERMO NETO, J.; SPINOSA, H.S.; GORNIK, S.L. 2005. **Farmacologia aplicada à avicultura: boas práticas no manejo de medicamentos**. São Paulo: Roca, 2005. 366 p.
- PETROVIĆ, M.; GAČIĆ, M.; KARAČIĆ, V.; GOTTSTEIN, Ž.; MAZIJA, H; MEDIĆ, H. 2012. Enrichment of eggs in n-3 polyunsaturated fatty acids by feeding hens with different amount of linseed oil in diet. **Food Chemistry**, v. 135, n. 3, p. 1563-1568.
- PHETTEPLACE, H.W.; WATKINS, B.A. 1990. Lipid measurements in chickens fed different combinations of chicken fat and menhaden oil. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 38, n. 9, p. 1848-1853.
- PERINI, J. A. L.; STEVANATO, F. B.; SARGI, S. C.; VISENTAINER, J. E. L.; DALALIO, M. M. O.; MATSHUSHITA, M.; SOUZA, N. E.; VISENTAINER, J. V. 2010. Ácidos graxos poli-insaturados n-3 e n-6: metabolismo em mamíferos e resposta imune. **Revista de Nutrição**, v. 23, n. 6, p. 1075-1086, dez. 2010.
- RIBEIRO, B.R.C.; LARA, L.J.C.; BAIÃO, N.C.; LOPEZ, C.A.A.; FIUZA, M.A.; CANÇADO, S.V.; SILVA, G.M.M. 2007. Efeito do nível de ácido linoleico na ração de matrizes pesadas sobre o peso, composição e eclosão dos ovos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 59, n. 3, p. 789-796.

- ROLL, A.A.P. 2012. **Óleo de canola e selênio orgânico para codornas de duplo propósito**. 95 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Zootecnia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.
- ROMANOFF, A.L. 1960. **The avian embryo. in structural and functional development**. Macmilann, New York.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L.; GOMES, P.C.; OLIVEIRA, R.; LOPES, D.C.; EUCLIDES, R.F. 2017. **Composição de alimentos e exigências nutricionais** (3 ed. Vol. 1). Viçosa: Universidade Federal de Viçosa.
- SANTILLO, A.; CAROPRESE, M.; MARINO, R.; SEVI, A.; ALBENZIO, M. 2016. Quality of buffalo milk as affected by dietary protein level and flaxseed supplementation. **Journal of Dairy Science**, v. 99, n. 10, p. 7725-7732.
- SANTOS, N.W.; YOSHIMURA, E.H.; MACHADO, E.; PINTRO, P.T.M.; MONTANHER, P.F.; VISENTAINER, J.V.; SANTOS, G.T.; ZEOULA, L.M. 2016. Antioxidant effects of a propolis extract and vitamin E in blood and milk of dairy cows fed diet containing flaxseed oil. **Livestock Science**, v. 191, p. 132-138.
- SANTOS, A., 2003: Panorama atual e perspectivas da coturnicultura no Brasil. **Relatório Técnico**, UFRJ.
- SASAZAKI, S.; HINENOYA, T.; LIN, B.; FUJIWARA, A.; MANNEN, H. 2006. A comparative map of macrochromosomes between chicken and Japanese quail based on orthologous genes. **Animal Genetics**, v. 37, n. 4, p. 316-320.
- SARCINELLI, M.F.; VENTURINI, K.S.; SILVA, L.C. 2007. Características dos ovos. Programa Institucional de Extensão (**Boletim Técnico**) - Pró-reitoria de Extensão, UFES.
- SARDESAI, V.M. 1992. The Essential Fatty Acids. **Nutrition in Clinical Practice**, v. 7, n. 4, p. 179-186.
- SCHEIDELER SE, FRONING G, CUPPETT S. 1994. Effect of dietary flaxseed and fish oil on egg components, sensory analysis and oxidation products. **Poult Science** v.1, p. 73- 118.
- 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**, v. 41, n. 4, p. 465-472.

- SILVA, J.H.V, Costa FGP. **Tabela para codornas japonesas e europeias**. 2ed. Jaboticabal, SP: FUNEP, 2009. 110p.
- SIMOPOULOS, A.P. 2004. Omega-6/Omega-3 Essential Fatty Acid Ratio and Chronic Diseases. **Food Reviews International**, v. 20, n. 1, p. 77-90.
- SIMOPOULOS, A.P. 2002. Omega-3 fatty acids in wild plants, nuts and seeds. **Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition**, v. 11, p. 163-173.
- SOUZA-SOARES, L.A.; SIEWERDT, F. 2005. Aves e ovos (**Boletim Técnico**). Pelotas: Universidade Federal de Pelotas. 138 p.
- SPEAKE, B.K.; MURRAY, A.M.B.; NOBLE, R.C. 1998. Transport and transformations of yolk lipids during development of the avian embryo. **Progress in Lipid Research**, v. 37, n. 1, p. 1-32.
- SPRECHER, H. 2000. Metabolism of highly unsaturated n-3 and n-6 fatty acids. **Biochimica et Biophysica Acta (Bba) - Molecular and Cell Biology of Lipids**, v. 1486, n. 2-3, p. 219-231.
- TABELA BRASILEIRA DE COMPOSIÇÃO DE ALIMENTOS / NEPA 2011– UNICAMP. 4. ed.- Campinas: NEPA- UNICAMP.
- TULLETT, S.G. 1990. Science and the Art of Incubation. **Poultry Science**, v. 69, n. 1, p. 1-15.
- TUNSARINGKARN T, TUNGJAROENCHAI W, SIRIWONG W.2013 Nutrient benefits of quail (*Coturnix japonica*) eggs. **Journal of Scientific and Research Publications**. v.3, n.5.
- WALZEM, RL.; HANSEN, R.J.; WILLIAMS, D.L.; HAMILTON, R.L. 1999. Estrogen induction of VLDL assembly in egg-laying hens. **The Journal of Nutrition**, v. 129, n. 2, p. 467-472.
- WURTMAN, R.J. 2008. Synapse formation and cognitive brain development: effect of docosahexaenoic acid and other dietary constituents. **Metabolism**, v. 57, p. 6-10.
- YEHUDA, S.; RABINOVITZ, S.; CARASSO, R.; IMOSTOFSKY, D. 2002. The role of polyunsaturated fatty acids in restoring the aging neuronal membrane. **Neurobiology of Aging**, v. 23, n. 5, p. 843-853.
- YOUDIM, K.A.; MARTIN, A.; JOSEPH, J.A. 2000. Essential fatty acids and the brain: possible health implications. **International Journal of Developmental Neuroscience**, v. 18, n. 4-5, p. 383-399.

ZANIBONI, L.; RIZZI, R.; CEROLINI, S. 2006. Combined effect of DHA and  $\alpha$ -tocopherol enrichment on sperm quality and fertility in the turkey. **Theriogenology**, v. 65, p. 1813–1827.

## **II. OBJETIVOS GERAIS**

Estudar o efeito da interação do ácido linoleico (18:2 n-6) e alfa linolênico (18:3 n-3) na alimentação de codornas japonesas, sobre a reprodução, produção e desempenho de incubação

### **2.1 Objetivo Específicos**

- Avaliar o desempenho produtivo, qualidade interna e externa do ovo e perfil bioquímico sérico durante o ciclo produtivos de matrizes e reprodutores de codornas japonesas.
- Estudar o desempenho reprodutivo, qualidade de pintinho e fertilidade em codornas japonesas.
- Identificar o perfil lipídico da gema do ovo, a composição corporal do pintinho e da fêmea e a morfometria visceral das matrizes.

### III. RELAÇÃO DOS ÁCIDOS LINOLEICO E ALFA LINOLÊNICO SOBRE O DESEMPENHO PRODUTIVO, O PERFIL BIOQUÍMICO SÉRICO E O PESO DOS ÓRGÃOS DE REPRODUTORES DE CODORNAS JAPONESAS

**Resumo:** Os ácidos linoleicos (LA, 18:2) e linolênico (LNA, 18:3) são ácidos graxos poli-insaturados (PUFA) conhecidos como ômega 6 (n-6) e ômega 3 (n-3), tidos como essenciais na alimentação humana e animal. As relações para produção de ovos férteis em reprodutores para codornas japonesas são pouco estudadas. Desta forma, objetivou-se avaliar os efeitos das relações de LA:LNA sobre o desempenho produtivo, qualidade de ovos, perfil bioquímico sérico, composição corporal e o peso dos órgãos de codornas japonesas. Foi utilizado um delineamento inteiramente ao acaso, os animais foram distribuídos em cinco tratamentos que consistiram em diferentes relações de LA:LNA (1,48:1; 4,57:1; 7,63:1; 10,69:1 e 13,75:1), obtidas usando os óleos de soja (LA) e de linhaça (LNA) nas rações. Foram avaliados o desempenho produtivo e a qualidade de ovos em 3 ciclos de 28 dias. Ao final do experimento, foram analisados o perfil bioquímico, o peso dos órgãos genitais e a composição corporal das reprodutoras. Os dados foram submetidos à ANOVA e regressão ( $P < 0,05$ ). O desempenho produtivo e a qualidade dos ovos não apresentaram efeito das relações LA:LNA. O colesterol sanguíneo das fêmeas e machos e os triglicerídeos totais nas fêmeas apresentaram efeito quadrático. Os reprodutores que receberam maior quantidade de óleo de linhaça (LA:LNA 1,48) na dieta apresentaram os melhores valores para essas variáveis. Já o peso das aves e dos órgãos não foram influenciados pelas relações. Foram observadas diferenças nos teores de cinzas e proteínas corporais, pois a inclusão de LA aumenta a deposição desses nutrientes. Conclui-se que as relações LA:LNA não afetaram o desempenho produtivo e a qualidade dos ovos, mas com base nos resultados de composição corporal, de triglicerídeos e colesterol séricos, a relação LA:LNA de 1,48:1 apresentou efeito benéfico no metabolismo das aves, sendo indicado para reprodutores de codornas japonesas.

**Palavras chaves:** Ácidos graxos, ácido linoleico, ácido alfa linolênico, n-6: n-3

**Abstract :** Linoleic (LA, 18:2) and linolenic (LNA, 18:3) acids are polyunsaturated fatty acids (PUFA) known as omega-6 (n-6) and omega-3 (n-3), considered essential in human and animal nutrition. The relations of these acids with fertile egg production in breeders for Japanese quails are little studied. Thus, we aimed to evaluate the effects of LA:LNA ratios on productive performance, egg quality, serum biochemical profile, body composition and organ weight of Japanese quails. Then an entirely randomized design was used and the animals were distributed in five treatments, which consisted of different ratios of LA:LNA (1.48:1; 4.57:1; 7.63:1; 10.69:1 and 13.75:1), obtained using soybean (LA) and flaxseed (LNA) oils in feed. Production performance and egg quality were evaluated in three 28-day cycles. At the end of the experiment, the biochemical profile, the genital organs weight and the body composition of breeders were analyzed. Data were submitted to ANOVA and regression ( $P < 0.05$ ). The productive performance and egg quality, showed no effect of LA:LNA ratios. Blood cholesterol in females and males and

total triglycerides in females showed a quadratic effect. The breeders that received the highest amount of linseed oil (LA:LNA 1.48) in diet showed the best values for these variables. Bird and organ weights were not influenced by the ratios. Differences were observed in the contents of body ash and protein, because the LA inclusion increases the deposition of these nutrients. It is concluded that the LA:LNA ratios did not affect the productive performance and egg quality, but based on the results of body composition, serum triglycerides and cholesterol, the LA:LNA ratio of 1.48:1 showed a beneficial effect on the metabolism of birds, being indicated for Japanese quail breeders.

**Keywords:** fatty acids, linoleic acid, alpha linolenic acid, n-6: n-3

## 1. Introdução

Os ácidos graxos possuem diversas funções no organismo, sendo divididos em essenciais e não essenciais. Os ácidos graxos essenciais são os que as aves não conseguem sintetizar sendo eles o ácido graxo linoleico (ômega-6) e linolênico (ômega-3), que são importantes para o crescimento e desenvolvimento do animal, tanto na fase adulta como na fase embrionária.

Para esses ácidos graxos serem utilizados na fase embrionária eles precisam ser incorporados nas gemas dos ovos, isso só é possível quando são utilizados ingredientes na dieta das matrizes que possuam níveis adequados de ácidos graxos poli-insaturados (PUFAS) de cadeia longa da série n-3 e da série n-6. Dessa forma, a constituição química do lipídio presente na gema do ovo está intimamente relacionada aos nutrientes da dieta da fêmea (Santana, 2018).

Os ácidos graxos presentes na gema têm a função de modular o metabolismo lipídico da progênie, em que os n-3 são retirados do saco vitelínico e incorporados em fosfolípidios da membrana celular durante o desenvolvimento embrionário e pós-nascimento, além da atuação no n-3 e n-6 no desenvolvimento do sistema imune (Koppenol et al., 2015)

As fontes de óleos e gorduras contendo ácidos graxos essenciais têm sido utilizados na dieta de aves por seus altos níveis de PUFAS, sendo uma possibilidade para melhorar a qualidade dos ovos quando adicionados na ração de aves. Dentre os óleos ricos em ômega 3 utilizados na alimentação animal, encontram-se os óleos de linhaça, de canola e de peixe. Os óleos ricos em ômega 6 mais utilizados são os óleos de soja, de milho e de colza (Bourre, 2005).

O ácido alfa-linolênico é precursor dos ácidos eicosapentaenoico (EPA) e docosahexaenoico (DHA) que são necessários para o desenvolvimento normal do sistema nervoso central, principalmente o cérebro e elemento da retina, além de ser crucial no início do estágio de desenvolvimento do feto. Já o ácido linoleico é precursor do ácido

araquidônico, que tem por função principal no organismo a biossíntese de prostaglandinas, tromboxanos e leucotrienos (Innis, 2008).

Em galinhas poedeiras vários trabalhos foram realizados descrevendo diferentes fontes de n-3 para a obtenção de adequada relação de n-6:n-3 na dieta para melhorar o seu desempenho, além de fornecer melhorias ao ovo (Gonzalez-Esquerre e Leeson, 2000; Gadkowski et al., 2011; Fraeye et al., 2012).

A incorporação desses ácidos graxos na gema do ovo foi observada ao utilizar 5% de óleo de linhaça na dieta de codornas, proporcionando a concentração média de 3,07% n-3 nos lipídios do ovo, sendo que 1,93% de alfa linolênico e 0,20% de DHA (Silva et al., 2009).

Outro aspecto importante da relação n-6: n-3 é a produção de ovos férteis para melhores resultados nas taxas de fertilidade, eclodibilidade, além da melhora na qualidade do pintinho em codornas. Para codornas na fase de postura existe a exigência de ácido linoleico que é de 1,046% (Rostagno et al., 2017), porém, para os outros ácidos graxos e a relação de n-6:n-3, não possuem as exigências e nem para matrizes de codornas. Particularmente, em matrizes de codornas há escassez de trabalhos publicados, demonstrando a necessidade de mais pesquisas envolvendo esta espécie. Diante disto, objetivou-se avaliar os efeitos da relação de LA: LNA sobre o desempenho produtivo, a qualidade de ovos, o perfil bioquímico sérico, composição corporal e peso dos órgãos em reprodutores machos e fêmeas de codornas japonesas.

## **2. Material e Métodos**

Todos os procedimentos experimentais foram aprovados pelo Comitê de Ética no Uso de Animais em Experimentação da Universidade Estadual de Maringá, PR, (número 5544170220).

### **2.1 Animais, instalação e manejo**

Foram utilizadas 360 codornas japonesas, com 15 semanas de idade, com produção média de 90% de ovos, peso médio da fêmea 160g e peso médio dos machos 125g. As aves foram selecionadas pela idade, lote, produção de ovos e peso médio segundo a metodologia descrita por Sakomura e Rostagno (2016). Foi utilizado o galpão de postura convencional, dotado de gaiolas de arame galvanizado (25 x 39 cm), com bebedouros do tipo *nipple* e comedouros do tipo calha. O alimento e a água foram fornecidos *ad libitum* e o programa de luz adotado foi de 17 horas de luz (natural + artificial) durante todo o

período experimental. O período experimental teve duração de 84 dias, divididos em 3 ciclos de 28 dias cada.

A temperatura e umidade relativa do ar foram medidas diariamente durante todo o período experimental, por meio de termohigrômetro, registrando as médias das temperaturas máxima (35,63°C) e mínima (21,2°C), assim como as umidades relativas máxima (70,8%) e mínima (38,6%).

## **2.2 Delineamento e dietas experimentais**

O delineamento utilizado foi inteiramente ao acaso, com 5 tratamentos (dietas) e 12 repetições (gaiolas) de 6 aves cada (4 fêmeas + 2 machos), e cada gaiola foi considerada uma unidade experimental. O desempenho produtivo foi calculado como lote misto, pois na gaiola possuíam machos e fêmeas. Os tratamentos consistiram em rações experimentais com diferentes relações LA:LNA, obtidas utilizando combinações de óleos vegetais ricos em ácido linolênico (óleo de linhaça) e linoleico (óleo de soja), como segue: Ração Basal, apresentando relação de 1,48:1 LA:LNA; Relação de 4,57:1 LA:LNA; Relação de 7,63:1 LA:LNA; Relação de 10,69:1 LA:LNA; Relação de 13,75:1 LA:LNA. As rações foram formuladas à base de milho e farelo de soja (Tabela 1) para atender as exigências nutricionais de codornas em período de postura (Rostagno et al., 2017).

Tabela 1. Composição das dietas experimentais para codornas em postura.

Ingredientes	Relação de LA:LNA				
	1,48:1	4,57:1	7,63:1	10,69:1	13,75:1
Milho Grão	57,445	57,445	57,445	57,445	57,445
Farelo de Soja (45%)	30,806	30,806	30,806	30,806	30,806
Calcário	6,729	6,729	6,729	6,729	6,729
Fosfato Bicálcico	1,167	1,167	1,167	1,167	1,167
Óleo de Soja	0,000	1,105	1,391	1,524	1,600
Óleo de Linhaça	1,600	0,495	0,209	0,076	0,000
Sal Comum	0,301	0,301	0,301	0,301	0,301
L-Lisina	0,260	0,260	0,260	0,260	0,260
DL- Metionina	0,436	0,436	0,436	0,436	0,436
Suplemento Vit. e Mineral <sup>1</sup>	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400
Inerte	0,853	0,853	0,853	0,853	0,853
<b>Composição Calculada</b>					
Energia Metabolizável (Mcal/kg)	2.810	2.810	2.810	2.810	2.810
Proteína (%)	19,00	19,00	19,00	19,00	19,00
Extrato Etéreo (%)					
Cálcio (%)	2,99	2,99	2,99	2,99	2,99
Fósforo Disponível (%)	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31
Extrato Etéreo (%)	4,21	4,21	4,21	4,21	4,21
Lisina Digestível	1,149	1,149	1,149	1,149	1,149
Metionina + Cistina digestível	0,942	0,942	0,942	0,942	0,942
Treonina digestível	0,701	0,701	0,701	0,701	0,701
Triptofano digestível	0,242	0,242	0,242	0,242	0,242
Isoleucina digestível	0,747	0,747	0,747	0,747	0,747
Cloro (%)	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24
Sódio (%)	0,147	0,147	0,147	0,147	0,147
BED (mEq/kg)	150,05	150,05	150,05	150,05	150,05

<sup>1</sup>Quantidade por kg de ração – Vitamina A 10.000 UI; Vitamina D3: 2.000 UI; Vitamina E: 25 mg; Vitamina K3: 3 mg; Vitamina B1: 2,5 mg; Vitamina B2: 6 mg; Vitamina B6: 5 mg; Vitamina B12: 20 mg; Pantotenato de cálcio: 12 mg; Niacina: 24 mg; Ácido Fólico: 1 mg; Biotina: 0,2 mg; Colina: 300 mg; Zinco: 52mg; Ferro: 52mg; Manganês: 60 mg; Cobre: 24 mg; Iodo: 1 mg; Cobalto: 0,2 mg; Se: 0,252 mg; Etoxim: 0,1 mg. Banox 1mg. DL 99% metionina.

### 2.3 Desempenho produtivo e qualidade dos ovos

Após a seleção das aves, elas passaram pelo período de adaptação à dieta por 7 dias, o período experimental foi de 84 dias, sendo dividido em 03 ciclos de 28 dias cada. As aves

foram pesadas no início e ao final do experimento. Em cada ciclo produtivo foram avaliados o consumo diário de ração (CDR, g/ave), massa de ovos (MO/g) e conversão alimentar (CA, g/g e g/dúzia). Para correção do consumo e conversão alimentar, as aves mortas foram pesadas, assim como as sobras de ração, conforme metodologia descrita por Sakomura e Rostagno (2016).

Nos últimos três dias de cada período, três ovos foram selecionados por unidade experimental com base no peso médio, totalizando 36 ovos por tratamento, para avaliar as seguintes variáveis: peso médio dos ovos (g), gravidade específica (g/ml), Índice de Gema (%) (IG), Unidade Haugh (%) (UH), % casca, % gema, % albúmen, peso de casca por superfície de área (g), espessura da casca (mm) e coloração da gema. Antes do início das análises todos os ovos foram identificados de acordo com o tratamento e suas respectivas repetições.

A gravidade específica foi obtida emergindo todos os ovos em solução salina com densidades variando de 1,060 a 1,090 g/cm<sup>3</sup>, com intervalo de 0,05, de acordo com a metodologia de Hamilton (1982), obtendo a densidade através da flutuação na respectiva solução. Para as análises de qualidade interna, os ovos foram pesados individualmente em balança semianalítica ( $\pm 0,0001$ g) e forma individualmente quebrados em superfície plana de vidro para determinação da altura de albúmen, gema e mensuração do diâmetro da gema. Na determinação da altura da gema e albúmen (mm) foi utilizado um paquímetro digital ( $\pm 0,05$  mm) acoplado a um tripé metálico. O diâmetro da gema (mm) foi medido com o auxílio de um paquímetro digital e representado pela média de duas mensurações transversais da gema e albúmen.

Posteriormente, com esses dados foram obtidos a unidade Haugh:  $UH = 100 \log (H + 7,57 - 1,7 W^{0,37})$ , em que H é a altura do albúmen (mm) e W é o peso do ovo (g) e o índice de gema, obtido por:  $IG = (\text{altura de gema (mm)} / \text{diâmetro de gema (mm)}) \times 100$ . Para a coloração da gema foi avaliada pelo método de índices de Luminosidade (L\*), intensidade de vermelho/verde (a\*) e amarelo/azul (b\*), com o apoio de um colorímetro (Konica Minolta Sensing Americas Inc., Chroma Meter CR-400, New 124 Jersey, EUA).

As cascas foram lavadas e colocadas para secar em estufa de ventilação forçada a 65°C por 72 horas, em seguida foram pesadas em balança de precisão digital e realizada a mensuração para determinação da espessura da casca com o auxílio de micrômetro digital (Mitutoyo Co, Modelo &00s, Kawasaki, JP), as medidas de espessura foram realizadas em quatro pontos distintos na região equatorial.

## 2.4 Coleta de amostras de sangue e peso de vísceras

Ao final do período experimental foram selecionadas aleatoriamente 10 aves/tratamento de diferentes unidades experimentais. As aves foram pesadas e foi colhido todo o volume sanguíneo possível por venopunção e posteriormente centrifugado para obter o soro. As amostras de soro (n=10/sexo/dieta) foram submetidas à determinação das concentrações de albumina (Alb), colesterol total e triglicérides. Foram utilizados kits comerciais (inserir nome comercial dos kits), seguindo os procedimentos operacionais padrões descritos nos mesmos.

As mesmas fêmeas utilizadas na coleta de sangue (n=10) foram sacrificadas por deslocamento cervical após perda da consciência por hipovolemia. O fígado, coração, baço e os órgãos genitais (ovário e oviduto) foram isolados e pesados (balança digital semianalítica com precisão de 0,01g). Com base no peso vivo foi determinado o peso relativo das vísceras coletadas, conforme segue:

$$\text{Peso relativo do órgão: } 100 \times (\text{Peso do órgão} \div \text{Peso da ave viva (g)})$$

Dos órgãos genitais foram obtidos o diâmetro dos folículos ovarianos (paquímetro digital) e o comprimento do oviduto (fita métrica) em mm.

## 2.5 Análise de Composição Corporal

A determinação da composição corporal foi realizada em três aves por tratamento selecionadas de acordo com o peso médio final  $\pm 5\%$ . As aves foram anestesiadas com anestésico inalatório (Isoflurano 3%) e após inconsciência e perda de reflexos foram sacrificadas por deslocamento cervical e em seguida congeladas (com penas, vísceras, pés e cabeça). Após descongeladas, as aves foram pesadas, pré-moídas em moinho industrial e homogeneizadas. Em seguida foram secas em estufa de circulação forçada de ar a 55°C por 72h e moídas novamente.

As metodologias utilizadas seguiram orientações da AOAC (2005) e foi determinado os teores de matéria seca (925-09), matéria mineral (923-03), proteína bruta (920-87) e extrato etéreo (920-85) das carcaças.

## 2.6 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância utilizando o programa Statistical Analysis System (SAS, 2010) e consideradas significativas quando  $P < 0,05$ . A análise de regressão foi utilizada para determinar a relação LA:LNA ótima, por intermédio do procedimento GLM.

$\hat{Y} = \beta_0 + \beta_1 x_i + \beta_2 x_i^2 + \varepsilon_i$ , no qual:

$\hat{Y}$ , representa os valores observados da variável dependente;

$\beta_0, \beta_1, \beta_2$ , são os parâmetros a serem estimados;

$x_i, x_i^2$  representam os valores das variáveis independentes;

$\varepsilon_i$ , são os erros experimentais relacionados com os valores observados  $y$ , que, em geral, são considerados independentes e normalmente distribuídos com média zero e variância constante.

### **3. Resultados e Discussão**

#### **3.1 Desempenho Produtivo**

As relações LA:LNA utilizadas não apresentaram efeito ( $p > 0,05$ ) sobre a taxa de postura, consumo de ração diário, conversão alimentar (g/g e g/dúzia) e massa de ovos (Tabela 2). Durante todo o período experimental (15-27 semanas), a taxa de postura se manteve acima de 90% em todos os tratamentos, não sendo influenciada pelas dietas. Esses resultados corroboram os resultados observados por Khatibjoo et al. (2018), que ao avaliarem relações de 4; 6; 8 e 16:1 de n-6:n-3 para matrizes de frango de corte Ross não observaram diferença para a postura de ovos, entre 30 e 32 semanas. Já com 33 e 35 semanas os autores observaram efeito das relações e da idade, com redução na produção de ovos.

Em matrizes de codornas japonesas, diferentes fontes de óleo fornecidos desde o início da postura podem afetar a postura e a massa de ovos. Segundo Al-Daraji et al. (2010b) a utilização de 3% de óleo de linhaça e peixe para codornas japonesas com 7-20 semanas de idade resultou em taxas superiores de postura, massa de ovos e conversão alimentar que o óleo de milho e girassol. As relações utilizadas por este autor foram de 251,23:1 (girassol), 0,21:1 (linhaça), 42,94:1 (milho) e 0,08:1 (peixe) e as rações não foram isoenergéticas. Diferente das dietas experimentais neste trabalho, em que foi utilizado 1,6% de óleo e todas as dietas foram isoenergéticas, não afetando esses parâmetros.

No presente trabalho não foi observada diferença para o desempenho produtivo nas aves com 15-27 semanas, isso pode ter ocorrido devido concentração de óleo utilizado ser superior ao do presente trabalho por Al-Daraji et al. (2010b).

A conversão alimentar foi semelhante entre os tratamentos avaliados (Tabela 2). Do mesmo modo, trabalhos realizados com galinhas poedeiras e codornas, utilizando óleo de soja, linhaça e a mistura dos dois óleos; também não apresentaram diferenças para a conversão alimentar (Souza, 2007; Mendonça, 2013).

O consumo de ração não foi influenciado pelas relações LA: LNA (Tabela 2), porque as rações são isoenergéticas, visto que o consumo é controlado pelo nível energético, as rações e as do presente trabalho não possuíam diferenças, não tendo efeitos sobre o consumo. Al-Daraji et al. (2010b) relataram que dietas com 3% de óleos de girassol, de linhaça ou de milho na alimentação de reprodutores de codornas, também não influenciaram o consumo de ração.

Apesar de possuir diferenças de energia metabolizável dos óleos, os utilizados no presente trabalho para a obtenção das relações de LA:LNA, os valores de EM foram os mesmos. Com isso, esses óleos e a mistura deles não afetaram o consumo e nem a palatabilidade da ração. Já que valores de inclusão de até 4% de óleo pode afetar a palatabilidade da ração (Costa et al., 2008), mas, como foram utilizados valores abaixo, esse fator não foi considerado neste trabalho.

Os óleos vegetais empregados nas rações experimentais possuem em sua composição alto teor de PUFAS que, por sua vez, são muito susceptíveis à oxidação. Essa oxidação lipídica é a principal causa da perda de qualidade do alimento ou da ração, esse processo afeta a cor, sabor, textura, aroma e produz compostos tóxicos, ocorrendo a redução do valor nutritivo do alimento (Scott et al., 1982). Provavelmente, no presente estudo a ocorrência da oxidação lipídica e dos ácidos graxos na ração foi evitada pela utilização de antioxidante na ração e aos cuidados de produção e armazenamento durante o experimento. Desta forma, a palatabilidade da ração não foi afetada pelas relações LA: LNA utilizadas neste trabalho.

### **3.2 Qualidade de ovos e coloração da gema**

As diferentes relações de LA:LNA não tiveram efeito sobre os resultados de peso dos ovos (g), porcentagem de gema, casca e albúmen, espessura da casca (mm), gravidade específica, unidade Haugh, índice de gema e coloração da gema estão apresentados na Tabela 2. Os valores médios dessas variáveis foram 10,51 (peso do ovo), 7,55 (% de casca), 30,80 (% de gema), 61,65 (% de albúmen), 0,21 (EC), 1067,03 (GE), 87,70 (UH) e 0,47 (IG).

A incorporação de ômega 6 e 3 na ração dos reprodutores de codornas japonesas não resultou em efeito significativo sobre os parâmetros de qualidade externa e interna dos ovos. Em matrizes de frangos de corte alimentadas com relações de LA: LNA (2:1, 4:1, 6:1, 8:1 e 10:1) essas relações não influenciaram a qualidade interna e externa do ovo (Radwan et al., 2012).

O peso do ovo não foi afetado com a diminuição do ácido LA na dieta. No entanto, sabe-se que o peso do ovo pode ser influenciado pelo teor de ácido linoleico junto com as proteínas e os aminoácidos da dieta (Lesson e Summers, 1997). E, no presente trabalho como as rações mantiveram a energia metabolizável, proteína bruta, minerais e aminoácidos, a diminuição do LA não foi suficiente para diminuir o peso médio dos ovos, visto que os outros nutrientes se mantiveram iguais.

Para reprodutoras de codornas japonesas de 8 a 16 semanas alimentadas com 1,5% de óleos de milho, linhaça, amendoim, girassol e de soja. Foi observado que os óleos de amendoim e soja apresentaram o maior peso do ovo, pela diferença na taxa de conversão alimentar e o consumo diário que afetaram diretamente o peso dos ovos (Reda et al., 2020). No presente trabalho não foi observada diferença no peso do ovo, isso pode ter ocorrido por causa do consumo de ração e conversão alimentar não serem afetados.

De forma semelhante foi observado por Santos (2005), que ao alimentar poedeiras comerciais com dietas sem inclusão de óleo, tendo como fonte exclusivamente o ácido linoleico e alfa linoleico oriundos do milho e o farelo de soja, não apresentaram diminuição no peso dos ovos, a modificação no peso dos ovos depende da fonte e da quantidade do teor de óleo inserido na dieta.

O peso e espessura da casca não foram afetados pelas diferentes relações, uma hipótese é que o teor de lipídios não foi elevado, a ponto de se ligar ao cálcio e a outros minerais, formando sabões que impedem a absorção desses nutrientes (Burgalli et al., 1999). No presente trabalho a mesma quantidade de óleo foi fornecido para todos os tratamentos, não afetando o teor de lipídeos. O foco foi a modificação do perfil de ácido graxos pelas mudanças nas proporções entre óleo de soja e de linhaça.

A modificação na porcentagem de albúmen na dieta ocorre quando possui alto teor de gordura diminuindo a velocidade intestinal, dessa forma ocorre melhorar na absorção dos nutrientes na formação de proteínas do albúmen (Keshavarz e Nakajima, 1995). As porcentagens de gorduras na dieta foram as mesmas, já que se utilizaram 1,6% de óleo em cada relação e elas foram bioenergéticas, não modificando a velocidade intestinal, para que ocorresse maior deposição de proteína. E, para galinhas poedeiras até 2% de óleo de linhaça não foram suficientes para modificar a porcentagem de gema (Souza, 2007).

Para a porcentagem de gema e índice de gema, não foi observado diferença significativa, pode ter ocorrido devido ao metabolismo lipídico de deposição na gema não ter aumentado, pois a quantidade de lipídio presente na dieta foi constante, apesar de

terem sido utilizados diferentes tipos de óleos nas rações, não foi o bastante para modificar o metabolismo lipídico.

Na análise de coloração da gema não foi observada diferença entre os tratamentos. O teor de óleo de linhaça utilizado não foi suficiente para modificar a coloração da gema. Isto acontece, pois segundo Faitarone (2010), a diferença na coloração da gema se dá com a utilização de 5% de óleo de linhaça. Sendo que no presente trabalho a maior concentração de óleo de linhaça foi de 1,6%, não afetando a pigmentação da gema.

A inclusão de óleos vegetais ricos em ácidos linoleico e linolênico em dietas para codornas permite maior eficiência econômica sem causar efeitos adversos ao desempenho produtivo, além de garantir melhora nas características fisiológicas das aves (El-Yamany et al., 2008).

Desta forma, todas as relações utilizadas foram adequadas para a qualidade dos ovos em geral e para o desempenho produtivo de reprodutores de codornas japonesas.

Tabela 2. Desempenho produtivo de reprodutores (as) de codornas japonesas, e qualidade de ovos e coloração de gema de ovos de codornas japonesas alimentadas com diferentes relações de LA:LNA (n=12)

Variável	Relações LA:LNA					Média	CV (%)	EPM	P Valor	
	1,48	4,57	7,63	10,69	13,75				L	Q
<i>Desempenho Produtivo</i>										
Postura (%)	90,93	90,29	91,10	91,23	90,84	90,88	0,40	0,163	0,706	0,937
CRD (g/ave)	24,30	23,86	23,49	24,30	24,15	24,02	1,44	0,155	0,896	0,134
MO (g)	9,53	9,45	9,52	9,52	9,62	9,53	0,64	0,027	0,582	0,604
CA (g/g)	2,56	2,54	2,48	2,56	2,52	2,53	1,32	0,015	0,640	0,548
CA (g/dúzia)	322,29	317,44	311,07	318,97	317,68	317,48	1,28	1,815	0,597	0,212
<i>Qualidade de ovos</i>										
Peso ovo (g)	10,46	10,52	10,57	10,40	10,61	10,51	0,80	0,027	0,688	0,899
Casca (%)	7,65	7,50	7,65	7,45	7,52	7,55	1,20	0,042	0,201	0,775
Gema (%)	31,12	30,36	30,90	31,34	30,28	30,80	1,51	0,201	0,477	0,552
Albúmen (%)	61,24	62,16	61,45	61,21	62,83	61,65	0,79	0,254	0,334	0,624
EC (µm)	0,207	0,209	0,210	0,210	0,210	0,209	0,00	0,022	0,543	0,744
GE (g/L)	1067,32	1066,48	1068,08	1066,42	1066,88	1067,03	0,06	0,302	0,603	0,758
UH	87,46	88,06	87,52	87,62	87,83	87,70	0,28	0,115	0,815	0,925
IG	0,46	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	1,17	0,015	0,570	0,379
<i>Coloração da Gema</i>										
Luminosidade	53,07	53,20	52,83	52,82	53,22	53,03	0,36	0,081	0,966	0,658
Vermelho/verde	-1,62	-1,78	-1,86	-1,79	-1,77	-1,76	4,98	0,028	0,279	0,136
Amarelo/azul	32,79	32,92	32,29	31,65	32,81	32,49	1,62	0,234	0,581	0,441

### **3.3 Bioquímica sérica**

Para o teor de colesterol total foi observado efeito quadrático tendo o ponto ótimo em 5,52 e 6,62, assim como os triglicerídeos séricos das fêmeas com ponto ótimo em 5,93. A diferença no ponto ótimo de colesterol da fêmea e macho ocorre, pois, as fêmeas precisam de colesterol para a formação do ovo, tendo maior necessidade que o macho (Figura 1).

Os ácidos graxos de cadeia longa e média utilizados em altas concentrações nas dietas de codornas japonesas interferem nas concentrações séricas de triglicerídeos e colesterol total. Sendo responsáveis pela diminuição das concentrações sanguíneas de colesterol e triglicerídeos, independentemente do tamanho da cadeia o metabolismo é afetado (Saeidi et al., 2016).

Essa redução nos teores de colesterol e triglicerídeos ocorre quando se utiliza altos teores de LA, os n-3 PUFA's (EPA e DHA) possuem maior afinidade pelas rotas utilizadas pelos triglicerídeos, ocasionando diminuição lipídica no plasma sanguíneo com o aumento das concentrações de LA. Resultados similares foram observados por Radwan et al. (2012), que ao utilizarem matrizes de frango de corte Dandarawi, recebendo rações com relações LA:LNA de 2:1, 4:1, 8:1 e 10:1, observaram que os menores valores de colesterol e triglicerídeos foram encontrados na relação de 4:1 e os maiores na relação 10:1. Estes resultados estão relacionados ao aumento de n-3 na dieta inibir a síntese lipídica e reduzir os níveis sanguíneos de colesterol e triglicerídeos (Clarke, 2000; Sanz et al., 2000; Crespo e Esteve-Garcia, 2003)

Os níveis de colesterol para a relação LA:LNA, depois do ponto ótimo apresentou redução nos níveis de colesterol. Isso mostra que a taxa de inclusão de óleo de linhaça foi suficiente para diminuir o teor de colesterol das aves. Essa redução no teor de colesterol ocorre pela presença de ômega-3 na dieta, visto que esse ácido graxo inibe a atividade das enzimas responsáveis pela síntese de colesterol no fígado. Dentre as enzimas estão a 7 alfa-hidroxilase e beta-hidroximetilglutaril-CoA. A primeira enzima é utilizada para converter o colesterol em ácidos biliares, já a segunda é utilizada na fabricação de colesterol pelo processo de transformação do mevalonato em esqualeno (Lehninger et al., 2014).

Tabela 3. Variáveis bioquímicas séricas de matrizes e reprodutores de codornas japonesas alimentadas com diferentes relações de LA:LNA (n=10/sexo/trata) com 24 semanas de idade.

Variável	Relações de LA:LNA					Média	CV (%)	EPM	P Valor	
	1,48	4,57	7,63	10,69	13,75				L	Q
<i>Fêmeas reprodutoras</i>										
Colesterol (mg/dL)	417,33	265,56	304,80	263,00	635,10	377,16	41,68	70,30	0,012	<0,001
Albumina (mg/dL)	148,44	149,33	152,22	173,00	152,29	155,05	6,56	4,55	0,231	0,287
Triglicerídeos (mg/dL)	1353	1759	0,817	1583	2552	1612	39,28	0,28	0,016	0,001
<i>Machos reprodutores</i>										
Colesterol (mg/dL)	329,99	265,10	333,50	319,00	605,20	370,56	36,16	59,93	<0,001	<0,001
Albumina (mg/dL)	135,40	150,00	132,60	138,80	155,60	148,48	6,92	4,41	0,270	0,370
Equações de regressão								R <sup>2</sup>	Ponto mx/min	
Colesterol fêmea			$\hat{y} = 0,5589 - 0,09803 \text{ LA:LNA} + 0,0074 \text{ LA:LNA}^2$					0,86	6,62	
Triglicerídeos Fêmea			$\hat{y} = 1,9064 - 0,2563 \text{ LA:LNA} + 0,0216 \text{ LA:LNA}^2$					0,52	5,93	
Colesterol macho			$\hat{y} = 0,4059 - 0,0522 \text{ LA:LNA} + 0,00472 \text{ LA:LNA}^2$					0,66	5,52	

L – Regressão linear, Q – Regressão quadrática

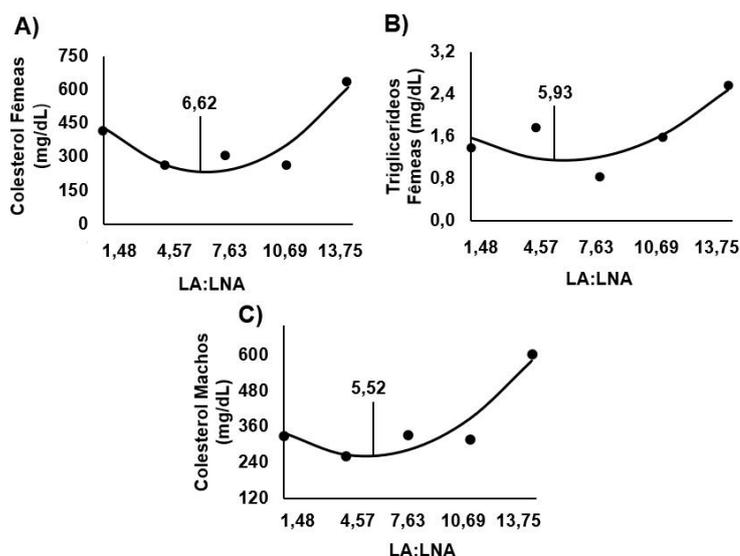


Figura 1. Gráfico do efeito quadrático da relação LA:LANA (n-6:n-3) sobre as médias (obs) de variáveis séricas em reprodutores de codornas japonesas com 28 semanas (n=10). A) Colesterol Fêmeas; B) Triglicerídeos Fêmeas; C) Colesterol Machos.

A diminuição dos níveis de colesterol encontrados no presente estudo, em função da redução da relação LA:LNA, é consistente com o observado em poedeiras ou codornas alimentadas com dietas contendo fontes lipídicas ricas em ácidos graxos insaturados (ômega-3) (Al-Daraji et al., 2010; Al-Fadhlee, 2011). Esse efeito ocorre porque os ácidos graxos ômega 3 e 6 possuem efeitos hipocolesterolêmicos e com isso reduzem os níveis de lipoproteínas de baixa densidade (LDL), modificando a composição das membranas celulares e das lipoproteínas. Além disso, os teores altos de n-3 podem induzir ao aumento das excreções biliares e fecais do colesterol, reduzindo a síntese das lipoproteínas de muita baixa densidade (VLDL) no fígado, diminuindo a quantidade de colesterol no sangue das aves (British Nutrition Foundations, 1994).

Os valores de triglicerídeos podem ser afetados pela dieta, principalmente os valores de ácidos graxos, pois os triglicerídeos são sintetizados na mucosa intestinal e no fígado a partir da digestão e absorção de ácidos graxos (Hochleithner, 1994). A utilização de ácido graxos ômega-3 na dieta reduz os níveis de lipoproteína de densidade muito baixa (VLDL) no sangue, tendo assim um efeito na redução da concentração de circulação da lipoproteína de baixa densidade (LDL) e na taxa de síntese de triglicerídeos no fígado (Crespo e Esteve-Garcia, 2003).

### 3.4 Peso relativo dos órgãos das aves

Os dados para peso de fígado, coração, baço, ovário e oviduto das fêmeas que foram utilizadas para obtenção de sangue ao final do experimento estão representados na Tabela 4. Não houve diferenças entre os tratamentos ( $P>0,05$ ). Porém, observa-se diferença no peso vivo ( $P>0,010$ ) com o aumento da inclusão de óleo de linhaça.

Foi observado efeito linear decrescente com o aumento das concentrações, isso pode ter ocorrido, pois o aumento de PUFA's encontrados no óleo de linhaça diminuiu o ganho de massa gorda e aumentou da massa magra. Trabalhos com ratos evidenciam que o aumento de n-3 possui controle mais efetivo dos receptores de ativação de proliferação de peroxissomos sobre os genes que estão envolvidos no metabolismo das gorduras (Madsen et al., 2010).

Em relação ao peso relativo dos órgãos, nenhum efeito significativo foi observado entre os diferentes tratamentos. Resultados condizentes com o de El Katcha et al. (2014), que em diferentes relações de n-3:n-6 (1:1, 1:3, 1:5,1:7; 1:9, 1:11) para frangos de corte não obtiveram diferenças no peso relativo dos órgãos.

Mesmo com todas as funções no sistema imune realizados pelo n-3 e n-6, os valores do peso relativo do órgão do sistema imune não sofreram modificações. Tendo valores muito próximos entre si. Resultados contrários encontrados por Wang et al. (2002), sugerem que galinhas alimentadas com PUFA's resultam em aumento do peso do baço, isso pode ter ocorrido pela alta concentração de óleo que foi de 5% de óleo de girassol, linhaça e peixe. Os resultados encontrados neste trabalho podem ter acontecido pelas baixas concentrações de óleo de linhaça (1,6%) utilizado no presente trabalho, quando comparados com os dados de Wang et al. (2002), sendo assim, as concentrações utilizadas não foram suficientes para elevar os pesos dos órgãos.

Para o peso relativo dos órgãos genitais (ovário e oviduto) e folículos (peso e diâmetro), nos tratamentos não foi observada diferença significativa para esses parâmetros, mostrando que o teor de linhaça não foi suficiente para modificar essas variáveis. O peso do ovo e as variáveis de qualidade de ovo também não foram influenciados pelos tratamentos, corroborando que todas as relações atenderam as necessidades das aves para a produção de ovos férteis.

Tabela 4. Peso vivo, dos órgãos (g) e relativos de matrizes de codornas japonesas com 28 semanas, alimentadas com diferentes relações de LA:LNA (n=10 aves/trata).

Variável	Relações de LA:LNA					Média	CV (%)	EPM	P Valor	
	1,48	4,57	7,63	10,69	13,75				L	Q
Peso vivo (g)	176,97	168,85	163,68	169,21	169,10	169,56	0,02	2,12	0,082	0,239
Fígado (%)	2,86	3,34	3,29	2,91	3,35	3,51	7,73	0,11	0,155	0,572
Coração (%)	0,80	0,85	0,76	0,80	0,81	0,8	3,99	0,01	0,796	0,872
Baço (%)	0,05	0,07	0,06	0,07	0,06	0,06	13,50	0,004	0,735	0,247
Ovário (%)	3,66	3,73	3,89	3,79	3,56	3,73	3,37	0,06	0,883	0,353
Oviduto (%)	4,35	4,32	4,61	3,74	4,02	4,21	8,17	0,15	0,106	0,505
<i>Peso folículo ovariano (%)</i>										
F1	2,02	2,22	2,11	2,02	1,84	2,042	6,84	0,06	0,149	0,147
F2	1,22	0,98	1,21	1,08	1,09	1,116	8,97	0,05	0,738	0,875
F3	0,50	0,46	0,6	0,54	0,43	0,506	13,23	0,03	0,793	0,259
F4	0,13	0,12	0,2	0,13	0,12	0,14	24,22	0,02	0,811	0,175
<i>Diâmetro Folículo (mm)</i>										
F1	13,14	12,57	13,29	13,43	13,28	13,14	2,56	0,15	0,628	0,917
F2	9,14	8,43	9,86	10,29	8,71	9,29	8,38	0,35	0,688	0,364
F3	5,14	4,71	3,57	6,86	4,28	4,91	25,12	0,55	0,851	0,955
F4	2,42	1,85	3,29	2,29	2,29	2,43	21,75	0,24	0,925	0,483
Comp. oviduto (cm)	23,77	21,93	24,27	22,85	24,25	23,33	4,24	0,44	0,162	0,390

L – Regressão linear, Q – Regressão quadrática

### 3.5 Composição corporal

As relações de LA: LNA apresentaram efeito linear decrescente sobre a MM% e quadrático para PB% (Tabela 5), mostrando que o teor de lipídio afeta inversamente os teores de matéria mineral e proteína bruta. O desempenho, ligado a composição corporal é fundamental para subsidiar o maior entendimento dos aspectos nutricionais, para que se possa obter respostas sobre como esses nutrientes estão inter-relacionados e como esses se comportam em relação à deposição no corpo (Toledo, 2015).

Tabela 5 Composição corporal de codornas alimentadas com diferentes relações de LA:LNA (n=3/trata).

Variável	Relação de LA:LNA					Média	CV (%)	EPM	P Valor	
	1,48	4,57	7,63	10,69	13,75				L	Q
MS (%)	27,47	28,08	28,20	28,31	27,29	27,87	0,008	0,332	0,138	0,470
MM (%)	9,91	8,85	9,01	8,54	8,48	8,96	5,475	0,246	0,002	0,261
PB (%)	66,89	64,14	61,40	64,86	56,80	62,81	6,007	1,679	0,050	0,007
EE (%)	15,25	18,46	20,54	17,96	20,54	18,55	11,394	0,935	0,733	0,611
Equações de regressão								R <sup>2</sup>	Max/Mín	
MM (%)	$\hat{y} = 8,3177 + 0,0882 \text{ LA:LNA}$							0,76	-	
PB (%)	$\hat{y} = 18,3864 - 0,1627 \text{ LA:LNA} + 0,0155 \text{ LA:LNA}^2$							0,61	5,34	

L – Regressão linear, Q – Regressão quadrática

Um dos pontos principais para promover melhorias no desempenho produtivo da ave é a adequada deposição de proteína e gordura (Neme, 2006). No presente estudo foi observado a variação de 10% no teor de proteína, sendo que a menor porcentagem de PB foi observada no ponto 5,34 e a maior composição proteica corporal foi na relação que possuía apenas óleo de linhaça, isso pode ter ocorrido porque a linhaça tem propriedade de redução da deposição de gordura.

O óleo de linhaça por ser rico em ômega-3 diminuiu o teor de gordura por causa da alta capacidade de oxidação dos ácidos. E, a principal forma de deposição desses ácidos será nos fosfolipídios de membranas, diferentes dos saturados que são depositados como triglicerídeos em tecidos (Pannampalam et al., 2001). Além disso, com o aumento da relação n-3:n-6 na dieta de ratos foi observado aumento de peroxissomos e mitocôndrias, que são oriundos da beta-oxidação do LA. O aumento dessas organelas ocasionará o aumento da carnitina aciltransferase I reduzindo os teores de lipídios no corpo e o aumento da massa magra nos animais (Moussavi et al., 2010).

A redução de MM observado nesse estudo, em função do aumento na relação de LA:LNA, estão de acordo com os resultados observados por Laurin et al. (1985), em que a inclusão crescente de óleo de milho, que apresenta alta concentração de PUFAS, para frango de corte de diferentes idades proporcionou redução no teor de MM. Isso ocorre devido ao aumento das concentrações de PUFAS prejudicar a absorção e/ou deposição dos minerais, eles formam sabões com minerais no lúmen intestinal (Duarte et al., 2013).

No presente trabalho a modificação nos teores de PB e MM ocorreram pelas modificação das relações LA:LNA, modificando a deposição desses nutrientes. Bruxel (2016) não encontrou diferença para EE, MM e PB trabalhando com codornas de postura, aos 42 dias de idade. Porém, o autor utilizou em seu trabalho rações contendo diferentes concentrações de energia metabolizável, obtidas por meio de diferentes inclusões de óleo de soja e lisina digestível.

#### **4. Conclusões**

A relação de LA:LNA de 1,48 na dieta de reprodutores de codorna japonesa não afetou negativamente o desempenho produtivo, a qualidade dos ovos e o peso dos órgãos (fígado, coração, baço e órgãos genitais) e apresentou melhores níveis de colesterol e de triglicerídeos séricos e de teores de proteínas e cinzas corporais. Desta forma, podendo ser indicado para compor a dieta a relação de 1,48 para reprodutores de codornas.

#### **5. Referências**

Al-Daraji HJ, Al-Hassani AS, Al-Mashadani HÁ, Al-Hayani WK, Mirza HA. Effect of dietary supplementation with sources of omega-3 and omega-6 fatty acids on certain blood characteristics of laying quail. *International Journal of Poultry Science* 2010a; 9:689-694.

Al-Daraji HJ, Al-Mashadani HÁ, Al-Hayani WK, Mirza HÁ, Al-Hassani AS. Effect of Dietary Supplementation with Different Oils on Productive and Reproductive Performance of Quail. *Journal of Poultry Science* 2010b; 9:429-435.

Al-Fadhlee MKM. Effect of sources and percentage of different oil contain omega-3 on productive performance of layer hens and egg quality. Ph.D. Thesis, Department of Animal Science, College of Agriculture, University of Baghdad, Iraque. 2011.

Badary OA, Abdel-Naim AB, Abdel-Wahab MH, Hamada FM. The influence of thymoquinone on doxorubicin-induced hyperlipidemic nephropathy in rats. *Toxicology* 2000; 143:219-226.

Balevi T, Coskun B. Effects of some dietary oils on performance and fatty acid composition of eggs in layers *Revue Médicine Vétérinaire* 2000; 151:847-854.

Bourre JM. Omega-3, animal feeding, nutritional value, and derived products where to find omega-3 fatty acids and how feeding animals with diet enriched in omega-3 fatty acids to increase nutritional value of derived products for human: what is actually useful? *The Journal of Nutrition, Health & Aging* 2005; 9(4):232-242.

Brugalli I, Rutz F, Roll VFB. Interação entre níveis de gordura e de proteína da dieta sobre a qualidade da casca e desempenho de poedeiras durante o verão. *Revista Brasileira de Agrociência* 1999; 4(3):158-60.

Bruxel TMO. Exigência de energia metabolizável e lisina digestível para codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*). [Tese]. Maringá (PR): Universidade Estadual de Maringá; 2016.

Clarke S. Polyunsaturated fatty acid regulation of gene transcription: a mechanism to improve energy balance and insulin resistance. *British Journal of Nutrition* 2000; 83(1):59-66.

Costa FGP, Souza C, Goulart CC, Lima Neto RC, Costa JS, Pereira WE. Desempenho e qualidade dos ovos de poedeiras semi-pesadas alimentadas com dietas contendo óleos de soja e canola. *Revista Brasileira de Zootecnia* 2008; 37(8):1412-1418.

Crespo N, Esteve-Garcia E. Dietary fatty acid profile modifies abdominal fat deposition in broiler chicken. *Poultry Science* 2001; 80:71-78.

Duarte KF, Junqueira OM, Borges LL, Rodrigues E, Filardi RS, Praes MFFM, Laurentiz AC, Domingues CHF. Performance, Carcass Traits, and Body Composition of Broilers Fed Different Linseed Oil Levels between 21 and 56 Days of Age. *Brazilian Journal of Poultry Science* 2013; 15(4):55-60.

El-Dakhakhny M, Mady NI, Halim MA. *Nigella sativa* L. oil protects against induced hepatotoxicity and improves serum lipid profile in rats. *Arzneimittelforschung* 2000; 50:832-836.

El-Katcha MI, El-Kholy ME, Soltan MA, El-Gayar AH. Effect of Dietary Omega-3 to Omega-6 Ratio on Growth Performance, Immune Response, Carcass Traits and Meat Fatty Acids Profile of Broiler Chickens. *Poultry Science Journal* 2004; 2:71-94

El-Yamany AT, El-Allawy HMH, Abd El-Samee LD, Elghamry AA. 2008. Evaluation of using different levels and sources of oil in growing Japanese quail diets. *American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture* 2008; 3(4):577-582.

Faitarone ABG. Fornecimento de fontes lipídicas na dieta de poedeiras e seus efeitos sobre o desempenho, qualidade dos ovos, perfil de ácidos graxos e colesterol na gema. [Tese]. Botucatu (SP): Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia de Botucatu; 2010.

Fraeye I, Bruneel C, Lemahieu C, Buyse J, Muylaert K, Foubert I. Dietary enrichment of eggs with omega-3 fatty acids: a review. *Food Research International* 2012; 48:961–969.

Geier MS, Torok VA, Allison GE, Ophel-Keller K, Gibson RA, Munday C, Hughes RJ. Dietary omega-3 polyunsaturated fatty acid does not influence the intestinal microbial communities of broiler chickens. *Poultry Science* 2009; 88:2399-2405.

Gładkowski W, Kielbowicz G, Chojnacka A, Gil M, Trziszka T, Dobrzanski Z, Wawrzenczyk C. Fatty acid composition of egg yolk phospholipid fractions following feed supplementation of Lohmann Brown hens with humic-fat preparations. *Food Chemistry* 2011; 126(3):1013–1018.

Gonzalez-Esquerra R, Leeson S. Effect of feeding hens regular or deodorized menhaden oil on production parameters, yolk fatty acid profile, and sensory quality of eggs. *Poultry Science* 2000; 79:1597–1602.

Güçlü BK, Uyandı F, İşcan KM. 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* 2008; 38(2):91-100.

Hochleithner M. Biochemistries In: Ritchie BW, Harrison GJ, Harrison LR. Avian medicine: principles and application. Lake Worth: Wingers Publishing, p. 176-198; 1994.

Innis SM. Dietary omega 3 fatty acids and the developing brain. Brain Research 2008; 1237:35–43.

KalsumU, Soetanto H, Achman U, Sjöfjan O. Influence of a Probiotic containing Lactobacillus fermentum on the laying performance and egg quality of Japanese quails. Internacional Journal Poultry Science 2012; 11: 311-315.

Keshavarz, K.; Nakajima, S. The effect of dietary manipulation of energy, protein and fat during the growing and laying period on early egg weight and egg components. Poultry Science 1995; 74:50-61.

Khatibjoo A, Kermanshahi H, Golian A, Zaghari M. The effect of n-6/n-3 fatty acid ratios on broiler breeder performance, hatchability, fatty acid profile and reproduction. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition 2018; 102(4):986-998.

Laurin DE, Touchburn SP, Chavez ER, Chan CW. Effect of Dietary Fat Supplementation on the Carcass Composition of Three Genetic Lines of Broilers. Poultry Science 1985; 64:2131-2135.

Leeson S, Summers JD. Comercial poultry nutrition 2. Ed. Guelphy: University Books, p 350; 1997.

Madsen L, Petersen RK, Kristiansen K. Regulation of adipocyte differentiation and funcyion by polyunsaturated fatty acids. Biochimica et Biophysica Acta 2010; 1740: 266-286.

Mendonça MO. Desempenho zootécnico e qualidade de ovos de codornas japonesas alimentadas com rações contendo diferentes fontes de ômega 3. [Tese]. Viçosa (MG): Universidade Federal de Viçosa; 2013.

Mi EK, Ma EKS, Ah EG. 2014. Effect of dietary omega-3 to omega-6 ratio on growth performance, immune response, carcass traits and meat fatty acids profile of broiler chickens. Poultry Science Journal 2014; 2:71–94.

Moussavi N, Gavino V, Receveur O. Could the quality of dietary fat, and not just its quantity, be related to risk of obesity? *Obesity* 2010; 16 (1): 51-61.

Neme R, Sakomura NK, Fukayama EH, Freitas ER, Fialho FB, Resende KT, Fernandes JBK. Curva de crescimento e deposição dos componentes corporais em aves de postura de diferentes linhagens. *Revista Brasileira de Zootecnia* 2006; 35(3):1091-1100.

Neto EP. Enriquecimento do ovo: utilização de óleos de peixes e alga marinha como fonte de ácidos graxos poliinsaturados ômega -3 em rações de galinhas. [Dissertação] São Paulo (SP): Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo; 2006.

Ponnampalam EM, Sinclair AJ, Egan AR, Blakeley SJ, Li D, Leury BJ. Effect of dietary modification of muscle long chain n-3 fatty acid on plasma insulin and lipid metabolites, carcass traits, and fat deposition in lambs. *Journal of Animal Science* 2001; 79:895-903.

Radwan NL, Abd El-Samad MH, Nada SA. Effects of different dietary ratios of linoleic acid to  $\alpha$ -linolenic acid on productive performance, immunity of laying hens and egg yolk fatty acid composition. *Egyptian Poultry Science* 2012; 32(1):163-188.

Reda FM, El-Kholy MS, Abd El-Hack ME, Taha AE, Othman SI, Allam AA, Alagawany M. Does the use of different oil sources in quail diets impact their productive and reproductive performance, egg quality, and blood constituents? *Poultry Science* 2020; 99:3511–3518.

Rostagno HS, Albino LFT, Donzele JL, Gomes PC, Oliveira R, Lopes DC, Euclides RF. *Composição de alimentos e exigências nutricionais* (3ed. Vol. 1). Viçosa: Universidade Federal de Viçosa; 2017.

Saeidi E, Shokrollahi B, Karimi KE, Amiri-Andi M. Effects of medium-chain fatty acids on performance, carcass characteristics, blood biochemical parameters and immune response in Japanese quail. *British Poultry Science* 2016; 57:358-363.

Santana LC. Desempenho zootécnico e qualidade de ovos de codornas japonesas alimentadas com rações contendo microalga *Schizochytrium sp.* [Dissertação] Minas Gerais (MG): Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais; 2018.

Santos MSV. Avaliação do desempenho e qualidade dos ovos de poedeiras comerciais, submetidas às dietas suplementadas com diferentes óleos vegetais. [Tese] Fortaleza (CE): Universidade Federal do Ceará; 2005.

Sanz M, Lopez- Bote CJ, Menoyo D, Bautista JM. Abdominal fat deposition and fatty acid synthesis are lower and  $\beta$  oxidation is higher in broiler chickens fed diets containing unsaturated rather the saturated fat. *Journal Nutrition* 2000; 130:3034-3037.

Scott ML, Nesheim MC, Young RJ. Proteins and amino acids. In: Scott ML. *Nutrition of the chicken*. 3 ed. Ithaca: M.L. Scott. p. 58; 1982

Silva WA, Elias AHN, Aricetti JA, Sakamoto MI, Murakami AE, Gomes STM, Visentainer JV, Souza NE, Matsushita M. Quail egg yolk (*Coturnix coturnix japonica*) enriched with omega-3 fatty acids. *LWT- Food Science and Technology* 2009; 42:660–663.

Souza JG. Desempenho zootécnico e qualidade dos ovos de poedeiras comerciais submetidas a dietas com óleo de linhaça. [Tese] João Pessoa (PB): Universidade Federal da Paraíba; 2007.

Toledo TS. Composição corporal de matrizes de corte avícolas submetidas a diferentes horários de arraçoamento. [Dissertação]. Santa Maria (RS): Universidade Federal de Santa Maria; 2015.

Tunsaringkarn T, Tungjaroenchai W, Siritwong W. 2013 Nutrient Benefits of Quail (*Coturnix japonica*) Eggs. *Journal of Scientific and Research Publications* 2013; 3(5).

Wang YW, Ajuyah AO, Sunwoo HH, Cherian G, Sim JS. Maternal dietary n-3 fatty acids alter the spleen fatty acid composition and bovine serum albumin-induced wing web swelling in broilers. *Poultry Science* 2002; 81:1722–1727.

#### **IV - EFEITO DA RELAÇÃO DO ÁCIDO LINOLEICO E ALFA LINOLÊNICO NO DESEMPENHO DE INCUBAÇÃO, FERTILIDADE E QUALIDADE DA PROGÊNIE DE CODORNAS JAPONESAS**

**Resumo:** A qualidade da incubação e da progênie está relacionada com a nutrição das matrizes e a adequada relação de n-6:n-3 melhora a fertilidade e a qualidade da progênie. Em reprodutores de codornas essa relação não está bem estabelecida, desta forma, objetivou-se avaliar os efeitos de diferentes relações de n-6:n-3 sobre o desempenho de incubação e qualidade e desempenho da progênie em dietas fornecidas para os reprodutores machos e fêmeas de codornas japonesas. Utilizou-se um delineamento inteiramente ao acaso, com 5 dietas com relações de óleos vegetais ricos em ácido linolênico LNA (óleo de linhaça) e linoleico LA (óleo de soja) (LA:LNA 13,75:1; 10,69:1; 7,63:1; 4,57:1 e 1,48:1) e 12 repetições de 6 aves cada. No desempenho de incubação houve efeito quadrático na eclodibilidade total ( $p < 0,011$ ), na eclodibilidade dos férteis ( $p < 0,046$ ) e na mortalidade total ( $p < 0,046$ ). Não houve efeito para a fertilidade. Para as análises de pintinhos, foi observado efeito linear decrescente no comprimento e efeito linear crescente para peso do fígado e peso no pinto de um e sete dias. Para o desempenho de progênie foi observado diferença no consumo de ração e peso médio, com maiores valores para a relação de 13,45 de 1-7 dias. As relações de LA:LNA influenciaram a composição da gema, com maior teor de cinzas e para o pintinho de um dia no teor de cinzas e extrato etéreo 2,88 e 19,44, respectivamente, sugerindo que a composição da gema afetou a composição corporal do pintinho. A duração da fertilidade e o número de pontos de hidrólise na membrana perivitelínica (PHMP) causados pelos espermatozoides foram avaliadas em 06 casais/dieta e em 12 dias de ovos consecutivos após a cópula. Os maiores valores de probabilidade de fertilidade em relação aos dias após a cópula e de número de PHPM foram observados na relação de 1,48 ou de 13,75 quando apenas as fêmeas ou quando ambos os reprodutores receberam as dietas experimentais. Os resultados sugerem efeito benéfico no oviduto na manutenção da sobrevivência dos espermatozoides quando a dieta possui a relação LA:LNA menor. O desempenho de progênie só foi afetado até o sétimo dia para o peso das aves, após esse período não foi observado diferença. Concluiu-se que a produção de ovos férteis pelos reprodutores de codornas japonesas é mais eficiente em relações de LA:LNA menores e, portanto, diferentes daquelas praticadas em dietas baseadas somente em óleo de soja.

**Palavras chaves:** eclodibilidade, fertilidade, ômega 3, ômega 6

**Abstract:** Hatchery and offspring quality is related to the nutrition of the breeders and an adequate ratio of n-6:n-3 improves fertility and offspring quality. In broiler breeders this relationship is not well established, thus the effects of different n-6:n-3 ratios on incubation performance and offspring quality and performance were analyzed in diets fed to male and female broiler breeders of Japanese quails. Then an entirely randomized design was used, with 5 diets with ratios of vegetable oils rich in linolenic acid LNA (linseed oil) and linoleic acid LA (soybean oil) (LA:LNA 13.75:1; 10.69:1; 7.63:1; 4.57:1

and 1.48:1) and 12 replicates of 6 birds each. In incubation performance, there was a quadratic effect on total hatchability ( $p < 0.011$ ), fertile hatchability ( $p < 0.046$ ) and total mortality ( $p < 0.046$ ). There was no effect for fertility. For chick analyses, a decreasing linear effect was observed for length and increasing linear effect for liver weight and weight in the one- and 7-day-old chick. For progeny performance, from 1 to 7 days a difference was observed in feed intake and average weight, with higher values for 13.45:ratio. LA:LNA ratios influenced yolk composition, with higher ash content and for one day-old chick in ash and ether extract content 2.88 and 19.44, respectively, suggesting that the yolk composition affected chick body composition. The fertility duration and the number of hydrolysis points on the perivitelline membrane (PHMP) caused by spermatozoa were evaluated in 06 couple per diet and in eggs during 12 consecutive days after copulation. The highest values of fertility probability in relation to days after copulation and number of PHMP were observed at the ratio of 1.48 or 13.75 when only females or when both breeders received the experimental diets. The results suggest a beneficial effect on the oviduct in maintaining sperm survival when diet has a lower LA:LNA ratio. Progeny performance was affected only up to day 7 for bird weight, after this period no difference was observed. It was concluded that fertile eggs production by Japanese quail breeders is more efficient at lower LA:LNA ratios and therefore different from those on diets based on soybean oil only.

**Keywords:** hatchability, fertility, omega 3, omega 6

## 1. Introdução

A reprodução e a eclodibilidade são partes cruciais da produção avícola, especialmente a taxa de ovos incubados férteis e o desempenho produtivo das fêmeas e machos. Em codornas esses índices possuem importância relevante, uma vez que apresentam um período de incubação menor (18 dias) do que as galinhas (21 dias). O peso inicial tanto de codornas como galinhas possui correlação com o desempenho até 42 dias, quando as aves já são consideradas maduras (Cunha et al., 2017). Uma das formas de melhorar as condições metabólicas durante esse período é pela programação materna, que consiste em alteração na dieta visando modificações na formação e composição do ovo. Os nutrientes presentes no ovo afetam a formação do embrião que vai utilizar o conteúdo do vitelo (gema) e o líquido amniótico antes da eclosão no seu desenvolvimento (Ferket, 2012).

Dentro desta estratégia de modificar dieta materna, um dos pontos importantes é a utilização dos ácidos graxos, principalmente os ômega -3 e -6. Estes ácidos graxos possuem grande impacto no metabolismo da ave, na deposição de gordura abdominal, na eclodibilidade, no perfil dos ácidos graxos da gema do ovo e no metabolismo lipídico do pintinho (Cherian e Sim, 1997). Estudos anteriores em matrizes pesadas relataram que a composição do tecido embrionário e do pintinho refletem no perfil dos ácidos graxos da

gema (Cherian e Sim, 1991). Esse perfil foi transferido para o embrião em desenvolvimento através do vitelo e elevadas concentrações de EPA e DHA foram relatadas no fígado da progênie (Koppenol et al., 2014). Segundo o mesmo autor este fato é importante, pois durante a incubação os lipídios da gema fornecem ao embrião os ácidos graxos que serão utilizados para energia, síntese de fosfolipídios de membranas e síntese de eicosanoides.

Em codornas, ao utilizar óleo de soja, canoa e chia em proporção de 1:1, 4:1 e 10:1, Castro et al. (2020) não recomendou apenas uma relação e sim uma relação para cada variável reprodutiva avaliada, não chegando a uma conclusão efetiva da melhor relação para taxas de eclodibilidade, fertilidade e desempenho de progênie para codornas japonesas. Dessa forma, torna-se importante conhecer os mecanismos envolvidos no metabolismo lipídico, na transferência dos ácidos graxos durante a incubação e como esses fatores podem ser influenciados pela proporção de n-3 e n-6 na dieta e a relação n-6:n-3, tanto para matrizes quanto para reprodutores (Khatibjoo et al., 2018).

Os principais ingredientes utilizados na alimentação de aves são soja e milho que apresentam em sua composição baixas concentrações desses ácidos graxos. O milho possui 1,91% (n-6) e 0,03% (n-3) e a soja 0,67% (n-6) e 0,09 (n-3). E, como fonte de energia o principal produto utilizado é o óleo de soja que possuem em sua composição altos teores de n-6 (52,6 %) e baixas concentrações de n-3 (6,94 %), ocorrendo desbalanços oriundos das altas relações de n-6:n-3. Assim, uma das formas mais utilizadas atualmente, visando a melhoria das relações é a utilização de óleos vegetais ricos em n-3, como óleo de linhaça que possuem em sua composição 62,1 de n-3 e 14,8 de n-6 (Rostagno et al., 2017).

No entanto, determinar qual é a relação adequada desses ácidos na dieta é um grande desafio. A manipulação desses ácidos na alimentação das aves é a principal ferramenta para melhorar o perfil de ácidos graxos na gema do ovo, garantindo a transferência de n-3 e n-6 da gema para os tecidos embrionários e para a progênie, além de melhorar as variáveis de incubação (Khatibjoo et al., 2018). Em matrizes de frango de corte essas relações já estão bem definidas, porém, para matrizes de codornas os trabalhos ainda são escassos. Desta forma, objetivou-se avaliar os efeitos de diferentes relações de n-6:n-3 sobre o desempenho de incubação, a qualidade de pintinho e o desempenho da progênie de reprodutores de codornas japonesas.

## **2. Material e Métodos**

Todos os procedimentos experimentais foram aprovados pelo Comitê de Ética no Uso de Animais em Experimentação da Universidade Estadual de Maringá, PR, (nº 5544170220).

### **2.1 Animais, instalação e manejo**

Foram utilizadas 360 codornas japonesas, com 15 semanas de idade, com produção média de ovos 90% e peso médio de fêmea 160g e peso médio dos machos 125g. As aves foram selecionadas pela idade, lote, produção de ovos e peso médio segundo a metodologia descrita por Sakomura e Rostagno (2016). Foi utilizado o galpão de postura convencional, com gaiolas de arame galvanizado (25 × 39 cm), com bebedouros do tipo *nipple* e comedouros do tipo calha. O alimento e a água foram fornecidos *ad libitum* e o programa de luz adotado foi de 17 horas de luz (natural + artificial) durante todo o período experimental. O período experimental teve duração de 84 dias divididos, em 3 ciclos de 28 dias. A temperatura e umidade foram medidos diariamente durante todo o período experimental, por meio de termohigrômetro, com temperatura e, de 35,63°C e 21,20°C, e umidade 70,8% e 38,6 %, máximas e mínimas, respectivamente.

### **2.2 Delineamento e dietas experimentais**

O delineamento utilizado foi inteiramente ao acaso, com 5 tratamentos (dietas) com 12 repetições (gaiolas) de 6 aves cada (4 fêmeas+2 machos) e cada gaiola foi considerada como uma unidade experimental. As dietas experimentais utilizadas tiveram uma relação de óleos vegetais ricos em ácido linolênico (óleo de linhaça) e linoleico (óleo de soja), sendo elas: Tratamento 1 – Ração Basal relação 13,75:1 LA:LNA; Tratamento 2 – Ração Basal + relação de 10,69:1 LA:LNA; Tratamento 3 - Ração Basal + relação de 7,63:1 LA:LNA; Tratamento 4 – Ração Basal + relação de 4,57:1 LA:LNA; Tratamento 5 – Ração Basal + relação de 1,48:1 LA:LNA. As dietas foram formuladas (à base de milho e farelo de soja) para atender as exigências nutricionais de codornas em período de postura, de acordo com as tabelas brasileiras (Rostagno et al., 2017). Foi utilizado o método de diluição para as rações, com uma dieta contendo 1,6 % de óleo de linhaça (1,48) e a outra com 1,6 % de óleo de soja (13,75), e essas rações foram usadas para a obtenção das outras relações. A composição das rações experimentais se encontra na tabela 1.

Tabela 1. Composição das dietas experimentais para codornas em postura.

Ingredientes	Relação de LA:LNA				
	1,48:1	4,57:1	7,63:1	10,69:1	13,75:1
Milho Grão	57,445	57,445	57,445	57,445	57,445
Farelo de Soja (45%)	30,806	30,806	30,806	30,806	30,806
Calcário	6,729	6,729	6,729	6,729	6,729
Fosfato Bicálcico	1,167	1,167	1,167	1,167	1,167
Óleo de Soja	0,000	1,105	1,391	1,524	1,600
Óleo de Linhaça	1,600	0,495	0,209	0,076	0,000
Sal Comum	0,301	0,301	0,301	0,301	0,301
L-Lisina	0,260	0,260	0,260	0,260	0,260
DL- Metionina	0,436	0,436	0,436	0,436	0,436
Suplemento Vitamínico e Mineral <sup>1</sup>	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400
Inerte	0,853	0,853	0,853	0,853	0,853
<b>Composição Calculada</b>					
Energia Metabolizável (Mcal/kg)	2,810	2,810	2,810	2,810	2,810
Proteína (%)	19,00	19,00	19,00	19,00	19,00
Cálcio (%)	2,99	2,99	2,99	2,99	2,99
Fósforo Disponível (%)	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31
Extrato Etéreo (%)	4,21	4,21	4,21	4,21	4,21
Lisina Digestível	1,149	1,149	1,149	1,149	1,149
Metionina + Cistina digestível	0,942	0,942	0,942	0,942	0,942
Sódio (%)	0,147	0,147	0,147	0,147	0,147

<sup>1</sup>Quantidade por kg do produto – Vitamina A 2.500.000 UI; Vitamina D3: 500.000 UI; Vitamina E: 6.250 mg; Vitamina K3: 750 mg; Vitamina B1: 625 mg; Vitamina B2: 1.500 mg; Vitamina B6: 1.250 mg; Vitamina B12: 5.000 mg; Pantotenato de cálcio: 3.000 mg; Niacina: 6.000 mg; Ácido Fólico: 250 mg; Biotina: 50 mg; Colina: 75 g; Zinco: 13 g; Ferro: 13 g; Manganês: 15 g; Cobre: 3.000 mg; Iodo: 250 mg; Cobalto: 50 mg; Se: 63 mg; Etoxim: 25 mg. Banox 1mg por kg de ração.

### 2.3 Desempenho de incubação

Após 8 semanas de consumo da dieta, os ovos foram coletados durante 4 dias, identificados e armazenados em sala refrigerada (20°C) e em seguida incubados em incubadora vertical (Petersime, modelo Labo 13) a 37,4°C e 60% de umidade, com viragem automática. Decorridas 348h de incubação (14,5 dias), os ovos foram transferidos para a câmara de eclosão (Petersime, modelo Labo 9), a 37,0°C e 70% de umidade, na câmara de eclosão os ovos ficaram por mais 3 três até a eclosão.

Após a eclosão, os ovos eclodidos e não eclodidos foram contabilizados para análises das variáveis de eclodibilidade, fertilidade, mortalidade de ovos férteis e ovos não férteis. Ao final da eclosão os ovos que não eclodiram foram abertos e determinados a percentagem de fertilidade total e mortalidade. A mortalidade foi dividida em total que foi analisada por meio do embriodiagnóstico e por período (inicial + média: 0-11 d e tardia: 12 d até eclosão + ovos de casca bicadas não eclodidos).

Para a determinação das variáveis foram utilizadas as seguintes equações:

$$\text{Eclodibilidade}_{\text{total}} (\%) = (\text{pintinhos eclodidos } (n) / \text{total de ovos incubados } (n)) \times 100;$$

$$\text{Eclodibilidade}_{\text{ovos férteis}} (\%) = (\text{pintinhos eclodidos } (n) / \text{ovos férteis } (n)) \times 100;$$

$$\text{Fertilidade } (\%) = (\text{ovos férteis } (n) / \text{ovos totais } (n)) \times 100;$$

$$\text{Mortalidade}_{\text{total}} (\%) = (\text{pintinhos não eclodidos}_{\text{total}} (n) / \text{ovos férteis } (n)) \times 100;$$

$$\text{Mortalidade}_{\text{inicial}} (\%) = (\text{total de pintinhos não eclodidos}_{\text{inicial}} (n) / \text{mortalidade}_{\text{total}} (n)) \times 100.$$

$$\text{Mortalidade}_{\text{tardia}} (\%) = (\text{total de pintinhos não eclodidos}_{\text{tardia}} (n) / \text{mortalidade}_{\text{total}} (n)) \times 100.$$

## 2.4 Qualidade do pintinho

A qualidade dos pintinhos eclodidos (n = 50 pintinhos/dietas experimentais) foram analisadas utilizando a metodologia Escore Pasgar<sup>®</sup> que analisa reflexo, umbigo, pernas, bico e barriga, que confere uma pontuação para ave pela qualidade das características. O pintinho inicia a avaliação com 10 pontos e perde um ponto a cada característica considerada ruim. Foram mensurados o peso individual de cada pintinho com o auxílio de uma balança semianalítica e o tamanho de cada ave, que foi medido da falange média até o bico sobre uma régua.

## 2.6 Composição bromatológica das gemas e pintinhos

A composição química corporal foi determinada em pintinhos de 1 dia (n=3 pools de 20 pintinhos) e de pool de gema (n=10). Os pintinhos foram anestesiados com anestésico inalatório (Isoflurano 3%), após inconsciência e perda de reflexos estes foram sacrificados por deslocamento cervical e em seguidas congeladas (com penas, vísceras, pés e cabeça). As gemas foram separadas da clara e congeladas. Após descongelamento, as aves foram pesadas, pré-moídas em moinho industrial e homogeneizadas. Em seguidas foram secas em estufa de circulação de ar forçada a 55°C por 72h e moídas novamente e

conduzidas ao Laboratório de Nutrição Animal (LANA) do Departamento de Zootecnia para análises de composição química.

As metodologias utilizadas para análises foram descritas detalhadamente por Silva e Queiroz (2006). Para a determinação da matéria seca, após a pré-secagem das amostras, a amostra foi pesada e seca em estufa a 105°C por 24h, posteriormente essas amostras foram levadas na mufla a 600°C, e por incineração foi obtida o valor de cinzas. A proteína bruta foi obtida usando o método de determinação do nitrogênio Kjeldahl (proteína bruta = nitrogênio x 6,25). Para a análise do extrato etéreo da amostra foi realizada a extração com éter de petróleo em aparelho Goldfish.

### **2.7 Avaliação da interação espermatozoide: ovo e duração da fertilidade**

Para avaliar a interação da dieta e do sexo da ave sobre a fertilidade dos ovos, 180 codornas (n=90 F; n=90 M) de 20 semanas de idade foram distribuídas num delineamento inteiramente ao acaso, em arranjo fatorial, sendo 5 dietas e 3 efeitos de sexo, com 6 repetições (casais) por tratamento. As dietas experimentais foram às citadas anteriormente e as coletas foram realizadas após 20 dias de consumo das dietas.

Foram observadas três situações para avaliar o efeito da dieta sobre o sexo, sendo elas: 1. Machos e fêmeas recebendo as dietas experimentais (n=6); 2. Somente as fêmeas recebendo dieta experimental e os machos controle (n=6) e 3. Somente os machos recebendo dieta experimental e a fêmea dieta controle (n=6). A dieta controle foi calculada para atender as exigências nutricionais de codornas de postura e corresponde a LA:LNA de 13,75.

As fêmeas foram separadas do macho por um período de 20 dias, para garantir que não houvesse células espermáticas vivas no oviduto, após esse período, o macho e a fêmea permaneciam na mesma gaiola por um período de 24h, após esse tempo eram separados novamente. Após a separação os ovos eram coletados e identificados diariamente por 13 dias consecutivos, armazenados a 4°C e analisados. Para a determinação da fertilidade os ovos foram quebrados e foi observado a morfologia do disco germinativo para ser considerados férteis ou inférteis.

A avaliação da interação espermatozoide-ovo foi feita pela contagem de pontos de hidrólise na membrana perivitelínica do ovo (PHMP), que foram feitas pelo espermatozoide sobre o disco germinativo. Essa avaliação foi feita pela metodologia proposta por Bakst et al. (2014), em que um disco de papel filtro (Unifil) é colocado sobre o disco germinativo da gema após remoção do albúmen e recortado juntamente com a

membrana perivitelínica. O disco+membrana foi lavado com solução de NaCl 1%, para a retirada do vitelo, em seguida foi disposto em uma lâmina histológica, fixados com solução aquosa de formol (10% v/v) durante 1 minuto, lavados com água destilada e corados com ácido periódico de Schiff (PAS). O conjunto foi lavado novamente, seco a temperatura ambiente e analisados em microscópio ótico de luz. Todos os PHMP encontrados na área (25,79 mm<sup>2</sup>) foram contados.

## **2.8 Desempenho de progênie**

Para a avaliação do desempenho da progênie, foram obtidos pintinhos sob as mesmas condições de dieta das matrizes e de incubação descritos previamente. 300 pintos foram distribuídos em delineamento inteiramente ao acaso baseado na dieta dos reprodutores com 3 repetições de 20 aves. As codornas foram alojadas em galpão de cria e recria, em boxes com palha de arroz e inicialmente foram utilizados bebedouros tubulares infantis e comedouros tipo bandejas para a ração. Aos 7 dias de idade foram substituídos por comedouros tubulares e bebedouro pendular. Durante os primeiros dias receberam aquecimento com campânulas e lâmpadas infravermelho e a temperatura foi acompanhada durante todo o experimento. As rações experimentais formuladas seguindo as exigências nutricionais recomendados por Rostagno et al. (2017), com duas fases iniciais (1-14 dias) e crescimento (15-35 dias).

As aves foram pesadas semanalmente, assim como os baldes e comedouros. Os dados foram analisados para determinar o consumo médio de ração/ave, o ganho de peso, conversão alimentar e viabilidade de 1-7dias, 1-14 dias, 15-35 dias e de 1 a 35 dias.

## **2.9 Análise estatística**

Os dados foram submetidos à análise de variância utilizando o programa Statistical Analysis System (SAS<sup>®</sup>) e consideradas significativas quando  $P < 0,05$ . Os dados foram submetidos à análise de regressão, por intermédio do procedimento GLM, ao nível de significância de 5%.

A probabilidade de fertilidade e eclodibilidade foram analisadas em procedimentos GENMOD do SAS, com distribuição binomial e função de logaritmo, sendo  $LOGIT = \frac{Exp^{(\beta)}}{1 + Exp^{(\beta)}}$ . Já o número de pontos de hidrólises sobre disco germinativo foi analisado com distribuição de Poisson e função Log, sendo  $Exp^{(\beta)}$ . O número PHMP em função do dia após a cópula foi analisado com distribuição Gamma, e função de

ligação inversa, sendo  $\text{Gamma}=1/\beta$ . Para o desempenho de progênie foi utilizado o teste Tukey a 5% de significância. E foi considerado tendência a  $P<0,010$ .

### **3. Resultados**

#### **3.1 Desempenho de incubação**

Os resultados para os efeitos das relações de LA:LNA sobre as variáveis de desempenho de incubação estão representados na Tabela 2. Para a probabilidade de fertilidade e de infertilidade não houve efeito dos tratamentos, com média de fertilidade estimada de 94,50%. Para os dados de eclodibilidade, observando efeito quadrático das relações de LA:LNA para a eclodibilidade total e de eclodibilidade dos ovos férteis, e a maior eclodibilidade ocorreu nos reprodutores com dietas utilizando a relação de 10,69 (Fig. 1 A-B).

Para as análises de mortalidade total o resultado é a inversa da eclosão dos ovos férteis e, portanto, também teve efeito quadrático dos tratamentos (Fig. 1). Na mortalidade considerada neste trabalho como inicial e tardia, não houve efeito dos tratamentos

Tabela 2. Dados médios observados e estimados (valores entre parênteses) das variáveis de desempenho da incubação de ovos de codornas japonesas alimentadas com diferentes relações de LA:LNA (n=12 gaiolas).

Variáveis (%)	LA:LNA					P-Valor	
	1,48	4,57	7,63	10,69	13,75	L	Q
Fertilidade	92,56 (94,54)	96,92 (94,54)	94,24 (94,54)	96,40 (94,54)	92,37 (94,54)	0,864	0,118
Infertilidade	7,34 (5,45)	3,08 (5,45)	5,76 (5,45)	3,60 (5,45)	7,63 (5,45)	0,864	0,118
Eclodibilidade total	71,90 (72,96)	86,15 (82,72)	82,01 (86,16)	87,77 (85,61)	80,15 (80,75)	0,106	0,011
Eclodibilidade férteis	77,68 (78,43)	88,89 (86,62)	87,02 (89,66)	91,04 (89,77)	86,78 (87,05)	0,047	0,046
Mortalidade total	22,32 (21,56)	11,12 (13,37)	12,98 (10,34)	8,96 (10,22)	13,22 (12,94)	0,047	0,046
Mortalidade inicial	10,71 (10,71)	5,56 (6,70)	3,82 (5,19)	2,99 (3,99)	4,96 (3,07)	0,526	0,303
Mortalidade tardia	11,61 (8,01)	5,56 (8,01)	9,16 (8,01)	5,97 (8,01)	8,26 (8,01)	0,526	0,303
Variáveis	Valor de $\beta^1$				Ponto max/min		
Eclodibilidade Total	$0,6079 + 0,2842 \text{ LA:LNA} - 0,0163 \text{ LA:LNA}^2$				8,71		
Eclodibilidade Férteis	$0,9139 + 0,2770 \text{ LA:LNA} - 0,0149 \text{ LA:LNA}^2$				9,29		
Mortalidade Total	$-0,9139 - 0,2770 \text{ LA:LNA} + 0,0149 \text{ LA:LNA}^2$				9,29		

<sup>1</sup>Probabilidade =  $100 \times (\text{Exp}^{\beta}) / (1 + \text{Exp}^{\beta})$

L – Regressão linear, Q – Regressão quadrática.

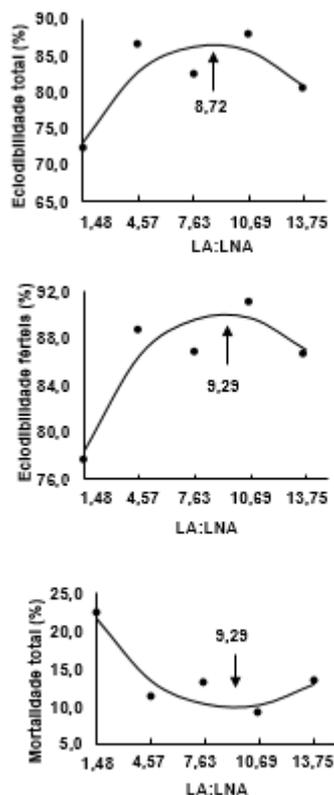


Figura 1. Gráficos de desempenho de incubação de ovos oriundos de reprodutores de codornas japonesas com diferentes relações de LA:LNA. A) eclodibilidade total; B) eclodibilidade de ovos férteis; C) mortalidade total.

### 3.2 Qualidade Pintinho

Na tabela 3 estão descritos os resultados e análises de qualidade dos pintinhos eclodidos. Não houve efeito significativo para o escore de Pasgar<sup>®</sup> dos pintinhos. Porém, observou-se efeito linear crescente para o peso do pintinho e quadrático para o comprimento, foram observados efeitos linear e quadrático. Os pintinhos que receberam ácido linolênico em maior concentração (LA:LNA de 1,48) tiveram o menor peso (6,90 g), enquanto os pintos cujas mães e pais receberam a relação LA:LNA de até 4,80 tiveram maior comprimento.

Tabela 3. Avaliação da qualidade de pintinhos de 1 dia oriundos de reprodutores e de matrizes de codornas japonesas alimentadas com diferentes relações de LA:LNA (n=50 pintinhos)

LA:LNA	Média	CV (%)	EPM	P Valor
--------	-------	--------	-----	---------

Variável										
	1,48	4,57	7,63	10,69	13,75				L	Q
Escore de Pasgar®	9,43	9,43	9,47	9,26	9,17	9,35	1,39	0,56	0,057	0,314
Peso vivo (g)	6,90	7,05	7,09	7,23	7,47	7,15	3,01	0,10	<0,001	0,544
Comprimento (cm)	10,28	10,38	10,21	10,21	9,81	10,18	2,13	0,10	<0,001	0,025
Equações de regressão							R <sup>2</sup>	Ponto de max/min		
Peso vivo (g)	$\hat{y} = 6,82075 + 0,04308 \text{ LA:LNA}$						0,95	-		
Comprimento (mm)	$\hat{y} = 10,20204 + 0,06063 \text{ LA:LNA} - 0,00631 \text{ LA:LNA}^2$						0,90	4,80		

L – Regressão linear, Q – Regressão quadrática.

### 3.3 Interação espermatozoide: ovo

A interação entre os espermatozoides e o ovo foi estudada pela contagem de PHMP em uma área sobre o disco germinativo e pela probabilidade de fertilidade dos ovos. Essas variáveis foram determinadas em ovos obtidos de casais de permaneceram 24 horas juntos e os ovos consecutivos por 12 dias foram analisados. Para observar se os sexos tiveram efeito sobre as variáveis, os grupos de aves foram submetidas a diferentes formas de fornecimento de ração. Houve efeito do sexo para fertilidade quando machos e ambos os sexos receberam as dietas experimentais ( $p < 0,0001$ ) e quando fêmea e ambos os sexos receberam as dietas experimentais ( $p < 0,0001$ ). Já para o número de PHMP os machos tiveram os menores números em geral, sendo os resultados diferentes quando só machos receberam as dietas quando comparados quando só as fêmeas receberam ( $p=0,0187$ ) ou quando ambos os sexos receberam ( $p=0,0001$ ). De modo geral, houve efeito em função do dia após a cópula e em função do tratamento em ambas as variáveis.

Quando machos e fêmeas receberam as dietas experimentais (figura 2 A) foi observado que a relação LA:LNA de 1,48 manteve a taxa de fertilidade de 77,58% até o dia 7 após a cópula. Esse tratamento foi o único que manteve boa taxa de fertilidade, ao longo dos dias. As relações de 4,57 e de 7,63 já possuíam taxas de fertilidade de 80-90% nos dois primeiros dias após a cópula e aos 5 dias a fertilidade já estava próximo de 40% e as relações 10,69 e de 13,75 aos 4 dias apresentou taxa de fertilidade próximo de 80%.

Na mesma análise quando apenas os machos (figura 2 B) receberam as dietas experimentais só as relações 1,48 e 4,57 mantiveram boa taxa de fertilidade, até o dia 7, com valores de 76,08 e 71,60, respectivamente, e a relação 13,75 no dia 5 já possuiu a taxa de fertilidade de 78,97 %, inferior aos demais tratamentos que se mantiveram em porcentagens próximas. Porém, obtiveram taxas de fertilidade acima de 70% apenas até o sexto dia.

Na análise de probabilidade de fertilidade quando apenas as fêmeas receberam as dietas experimentais (figura 2 C) a fertilidade do grupo que recebeu a dieta com relação de LA:LNA de 1,48 e 13,75 começou a cair no dia 7, após a cópula, com taxas de fertilidade próximo de 77,41 e 77,68%, respectivamente. Entre os dias 1 e 6 após a cópula, a taxa de fertilidade variou de 96,17 a 85,72% para a relação 1,48 e 96,22 a 85,90% para a relação 13,75. Diferentes dos outros tratamentos que ao 6 dia a taxa de fertilidade já estava próximo de 70 %. A relação que teve probabilidade de fertilidade mais baixa foi a de 7,63, em que aos 5 dias já possuía a fertilidade de 79,04%.

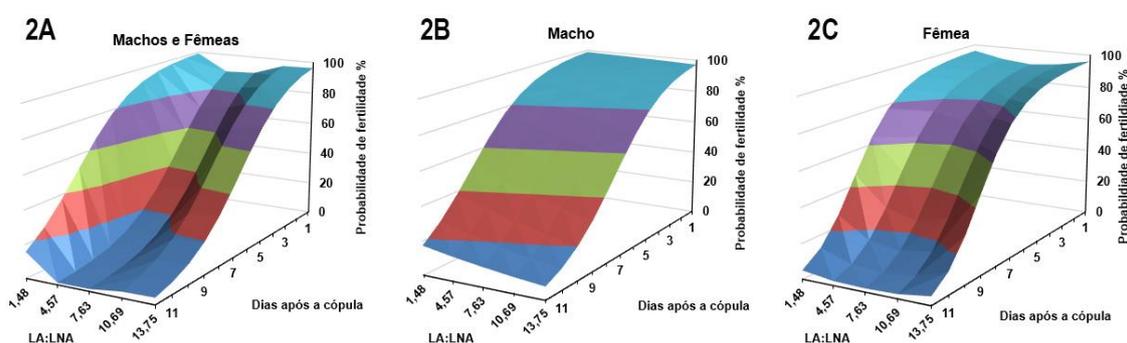


Figura 2. Gráficos do efeito das relações LA:LNA e quadrático dos dias após a cópula sobre probabilidade de fertilidade de reprodutores e matrizes de codornas Japonesas, quando machos e fêmeas receberam as dietas experimentais (2A) e quando somente o macho (2B) ou somente a fêmea (2C) receberam as dietas experimentais. Não houve efeito da interação entre dias e dietas para a fertilidade.

$$\text{Probabilidade de fertilidade} = 100 \times (\exp^{(\beta)} / 1 + \exp^{(\beta)})$$

$$\text{Machos e fêmeas com dietas experimentais } \beta = -8,1387 + 2,3048 \text{LA:LNA} - 0,2893 \text{ LA:LNA}^2 + 0,0105 \text{ LA:LNA}^3 + 0,5837 \text{ dias}$$

$$\text{Somente Machos } \beta = -5,0746 + 0,751 \text{ LA:LNA} + 0,5438 \text{ dias}$$

$$\text{Somente fêmeas } \beta = -3,7406 + 0,3795 \text{ LA:LNA} - 0,025 \text{ LA:LNA}^2 - 0,0339 \text{ dia} + 0,0457 \text{ dias}^2$$

Para os resultados de contagem de PHMP (Fig. 3), para a contagem de PHMP quando de machos e fêmeas recebendo a ração, a relação 1,48 tiveram acima de 30 PHMP até o dia 5, sendo assim apresentaram maior quantidade de espermatozoide chegando ao óvulo no oviduto quando comparadas com os outros tratamentos, que só se mantiveram com essa quantidade até os dias 3-4 após a cópula

Quando apenas os machos receberam a ração até o dia 5 os números se mantiveram acima de 20, em todas as relações. Quando apenas as fêmeas receberam a dieta experimental a quantidade de PHMP se manteve acima de 20 até o dia 6, quando utilizando a relação 1,48 mostrando que o óleo de linhaça ajudou a conservar e com isso estocar por mais dias os espermatozoides.

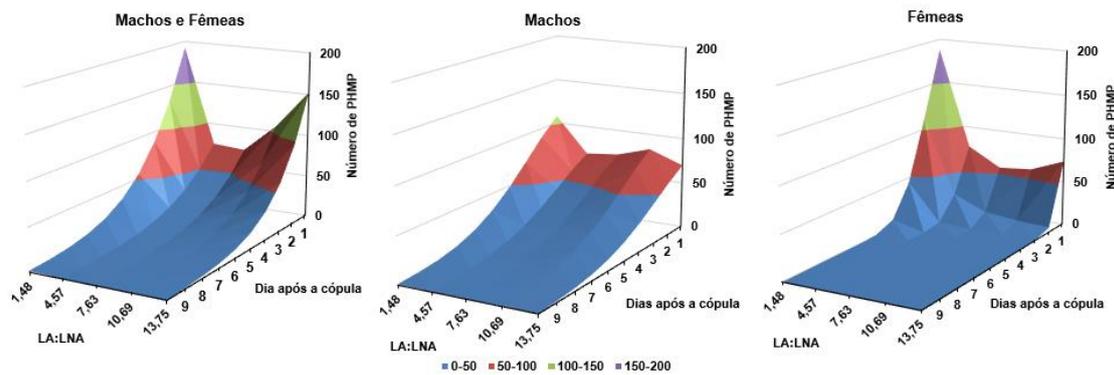


Figura 3. Gráfico dos efeitos das relações sobre o número de PHMP em ovos férteis de reprodutores de codornas Japonesas. Gráfico do efeito dos tratamentos sobre o número de PHMP quando ambos machos e fêmeas, ou somente as fêmeas ou somente os machos receberam as dietas experimentais.

$$\text{Probabilidade de fertilidade} = 100 \times (\exp^{\beta}) / (1 + \exp^{\beta})$$

$$\text{Machos e fêmeas com dietas experimentais } \beta = 6,1881 - 0,5151 \text{ LA:LNA} + 0,0471 \text{ LA:LNA}^2 - 0,0012 \text{ LA:LNA}^3 - 0,2537 \text{ dia} - 0,0244 \text{ dia}^2 + 0,0024 \text{ LA:LNA dia}$$

$$\text{Somente Fêmeas: } \beta = 5,298 - 0,4324 \text{ LA:LNA} + 0,059 \text{ LA:LNA}^2 - 0,00237 \text{ LA:LNA}^3 - 0,0587 \text{ dia} - 0,04142 \text{ dia}^2$$

$$\text{Somente Machos: } \beta = 6,4968 - 0,732 \text{ LA:LNA} + 0,0848 \text{ LA:LNA}^2 - 0,0027 \text{ LA:LNA}^3 - 0,3012 \text{ dia} - 0,0202 \text{ dia}^2 - 0,0072 \text{ LA:LNA dia}$$

### 3.4 Composição Química da Gema e pintinho de um dia

Para os resultados de composição da gema, foi observada diferença estatística nos teores de matéria mineral tendo efeito quadrático e as relações com as maiores e menores concentrações de LA:LNA apresentaram as maiores relações. Os teores de proteína bruta não tiveram diferenças significativas. Quanto ao teor de lipídeos das gemas não foi observado diferença significativa, observou-se que os ovos apresentaram valores próximos de extrato etéreo (tab. 4).

Para a composição corporal dos pintinhos de um dia (tab. 4) foi observado efeito linear para os teores de matéria mineral, os pintinhos oriundos de ovos de reprodutores que receberam a maior concentração de LA:LNA (13,75). Já para os teores de extrato etéreo ocorreu efeito quadrático crescente, com o menor valor na relação de menor concentração de LA:LNA (1,48).

### 3.5 Desempenho de progênie

Os tratamentos dietéticos dos reprodutores e matrizes afetaram o consumo de ração, ganho de peso e o peso médio no período de 1-7 dias, e o maior consumo de ração se deu

na relação 10,69 com 42,80 g/ave e todas as outras relações apresentaram valores próximos de consumo, essa relação que obteve o maior consumo de ração foi a que apresentou o maior ganho de peso (18,38 g) e o maior peso médio (24,54 g) aos 7 dias. Para os outros períodos (1-14dias, 15-28 dias e 1-35 dias), não foi observado diferença para nenhum das variáveis analisadas. Para o período de 1-35 dias foi calculado a viabilidade que também teve diferença, em que todos os tratamentos apresentaram valores muito próximos tendo todos boa viabilidade (tab.5).

Tabela 4. Composição química da gema de ovos de fêmeas alimentadas com diferentes relações de LA:LNA (n=10) e composição corporal de pintinho de um dia provenientes dos ovos (n=20).

Variável	LA:LNA					Média	CV (%)	EPM	P Valor	
	1,48	4,57	7,63	10,69	13,75				L	Q
<i>Gema de ovos frescos</i>										
MS (%)	55,18	54,80	55,00	95,37	52,99	94,66	0,010	0,430	0,180	0,250
MM (%)	2,85	2,60	2,73	2,68	2,88	2,748	4,555	0,052	0,643	0,009
PB (%)	19,24	18,81	19,27	19,77	19,44	19,30	3,328	0,285	0,091	0,773
EE (%)	57,41	60,15	58,20	57,58	59,43	58,55	2,038	0,534	0,553	0,879
<i>Pintinho de 1 dia</i>										
MS (%)	21,60	22,31	23,26	22,52	21,82	90,01	0,78	0,28	0,076	0,279
MM (%)	8,23	7,73	8,03	8,15	7,05	7,84	6,120	0,215	0,009	0,038
PB (%)	62,95	61,73	60,82	62,29	61,83	61,92	1,731	0,765	0,238	0,438
EE (%)	18,69	20,35	20,83	22,48	24,42	21,35	12,095	1,271	0,028	<0,0001
Equações de regressão								R <sup>2</sup>	Ponto Max/Min	
MM (%) da gema	$\hat{y} = 2,9362 - 0,07965 \text{ LA:LNA} + 0,0054 \text{ LA:LNA}^2$							0,72	7,38	
MM (%) do pintinho	$\hat{y} = 6,6069 + 0,3261 \text{ LA:LNA} + 0,0163 \text{ LA:LNA}^2$							0,98	10,00	
EE (%) do pintinho	$\hat{y} = 19,1784 + 1,255 \text{ LA:LNA} - 0,0960 \text{ LA:LNA}^2$							0,80	6,54	

L – Regressão linear, Q – Regressão quadrática.

Tabela 5. Desempenho produtivos da progênie de 1-7 dias, 1-14 dias, 15-35 dias e 1-35 dias (n=3) proveniente de reprodutores de codornas japonesas alimentadas com diferentes relações de LA:LNA.

Variável	Relações de LA:LNA					Média	CV (%)	EPM	P valor	
	1,48	4,57	7,63	10,69	13,75				Linear	Quadrático
<b>1-7 DIAS</b>										
CR (g/ave)	35,43ab	32,60b	30,83b	42,80a	33,96b	35,12	11,75	1,84	0,451	0,847
GP (g)	12,12b	13,16b	13,05b	18,38a	12,06b	13,75	17,14	1,05	0,324	0,064
CA (g/g)	2,92	2,31	2,37	2,32	2,53	2,49	9,19	0,10	0,194	0,124
PM (g)	19,09b	20,69b	20,45ab	24,54a	19,50b	20,85	9,28	0,86	0,207	0,055
<b>1-14 DIAS</b>										
CR (g/ave)	118,01	134,26	134,77	135,69	138,53	132,25	6,15	3,64	0,077	0,336
GP (g)	35,31	40,92	33,64	40,52	36,14	37,31	8,70	1,45	0,730	0,599
CA (g/g)	3,35	3,28	4,00	3,41	3,83	3,57	8,96	0,14	0,283	0,716
PM (g)	43,10	45,27	41,89	50,01	42,42	44,54	7,45	1,48	0,630	0,454
<b>15-35 DIAS</b>										
CR (g/ave)	362,95	339,68	375,14	343,93	359,08	356,16	4,06	6,46	0,969	0,884
GP (g)	94,57	85,19	83,65	75,92	94,62	86,79	9,15	3,55	0,581	0,016
CA (g/g)	3,85	4,04	4,49	4,57	3,79	4,15	8,72	0,16	0,643	0,108
PM (g)	158,33	160,03	156,66	162,21	166,54	160,75	2,38	1,71	0,358	0,513
<b>1 a 35 dias</b>										
CR (g/ave)	480,98	473,93	509,91	479,62	497,60	488,41	3,05	6,67	0,510	0,873
GP (g)	154,84	154,95	149,99	145,83	161,66	153,45	3,88	2,66	0,812	0,125
CA (g/g)	3,11	3,07	3,39	3,29	3,09	3,19	4,46	0,064	0,624	0,173
PM (g)	158,33	160,03	156,65	162,21	166,54	160,75	2,38	1,71	0,358	0,513
Viabilidade (%)	90	78,33	81,67	85,00	78,33	82,66	5,35	1,80	0,234	0,123

Letras maiúsculas diferentes na mesma linha diferem estatisticamente entre si e letras iguais na mesma sem diferença Tukey <0,05

## 4. Discussão

Os efeitos de diferentes relações de LA:LNA ou de n-6:n3 foram descritos em reprodutores de codornas japonesas. Os resultados em geral para desempenho de incubação demonstraram efeitos para a eclodibilidade e mortalidade, com melhores taxas para a relação de 9,29, alterações no pintinho produzido por esses reprodutores com efeitos no peso e comprimento da progênie e forte efeito no genital feminino, com aumento no número de PHMP e manutenção da fertilidade com inclusão de óleo de linhaça como fonte de LNA na ração.

### 4.1 Fertilidade

Para a fertilidade obtida nas análises de desempenho de incubação não foram observados efeitos das relações estudadas. Os tratamentos apresentaram valores acima de 92% de fertilidade, demonstrando que para essa variável, nas condições em que foram realizados este experimento, todas as relações tiveram alta fertilidade. Mas, nos resultados de número de buracos dos espermatozoides maior inclusão de óleo de n-3 na dieta dos reprodutores causou alta sobrevivência dos espermatozoides no oviduto das fêmeas e por período maior em dias para os tratamentos com menor relação LA:LNA.

Em estudos que analisaram fertilidade em reprodutores de aves comerciais há descrição de efeito da inclusão de óleo de linhaça para a fertilidade em geral. Trabalhando também com codornas japonesas, Manohar (2017) descreveu menor fertilidade com 4% de óleo de linhaça (86,03%) quando comparada ao grupo com 2% de óleo de peixe (89,43) de forma separada e em associação. Já outros autores tiveram resultados semelhantes aos deste trabalho, sem efeito sobre a fertilidade em reprodutores de codornas japonesas utilizando relações de 10:1, 4:1, 1:1 (Castro-Tamayo et al., 2019), ou em reprodutores de frango utilizando 1,73% de óleo de linhaça na dieta (Nadia et al., 2012).

Já para os resultados dos experimentos, após um período de cópula de 24 horas dos casais e da análise dos ovos por dias consecutivos, a relação LA:LNA de 1,48, que tem em sua composição apenas óleo de linhaça, melhorou em todos os experimentos a taxa de fertilidade ao longo dos dias. Podendo ocorrer por causa do LNA ser fonte de conversão para o DHA no organismo das aves e esse ácido é um dos principais fosfolipídios dos espermatozoides. Desta forma, o DHA está positivamente correlacionado com a motilidade e fertilidade dos espermatozoides (Ceroline et al., 2003). Outro fator importante é que fontes de n-3 podem apresentar efeitos distintos sobre a

qualidade do sêmen e o desempenho reprodutivos das aves, pois a suplementação de n-3 influencia as vias biossintéticas envolvidas na síntese de prostaglandinas e na esteroidogênese. Além disso, a composição de PUFA das membranas celulares dos espermatozoides e oócitos são importantes durante a fertilização, interferindo na fluidez e permeabilidade dos espermatozoides (Aitken e Beker, 1995) e a adição da linhaça pode ter influenciado essa composição nas células reprodutivas, sendo observado por Bongalhardo et al. (2009), que descobriram que o óleo de peixe é mais eficaz que a linhaça no aumento de PUFA n-3 nos fosfatidilcolina, fosfatidiletanolamina, fosfolipídios e fosfatidilinositol nas membranas da cabeça e corpo do espermatozoide, diminuindo consequentemente o n-6: n-3. Maior número de espermatozoides sobre a membrana perivitelínica no disco germinativo também foi descrito por Murakami et al. (2013) quando utilizou óleo de peixe na dieta de galos que apresentam em sua composição altos teores de n-3.

De modo geral, foi observado que quando fornecido as dietas para as fêmeas e machos ou quando ambos receberam as dietas experimentais, a relação que apresentou a maior quantidade de buracos sobre o disco germinativo foi de 1,48. No primeiro dia, após a cópula a relação LA:LNA que apresentou a maior quantidade de PHMP foi de 1,48, quando mais de 200 buracos foram encontrados sobre o disco germinativo. Essa superioridade numérica nos ovos do tratamento com 1,48 de LA:LNA se manteve por alguns dias. Esse efeito pode ser resultado da melhora dos espermatozoides ou do ambiente do genital feminino, aumentando a qualidade dos espermatozoides e a taxa de sobrevivência deste. As aves possuem glândulas para armazenamento de espermatozoides, com isso, mesmo após a cópula ocorre uma liberação de espermatozoide durante alguns dias, ocorrendo a fertilidade do óvulo durante esse período, que será modificado dependendo da espécie. Wishart (1997) encontrou para peru e galos que em cada PHMP possuem uma quantidade aproximadamente 1000 de espermatozoides, e no presente estudo foi observado próximo de 200 buracos, isso resultaria em aproximadamente 200.000 espermatozoide no primeiro dia após a cópula.

Para que ocorra a fertilidade nas aves, os espermatozoides vão se ligar a membrana perivitelínica do ovo e liberar a enzima acrosina para que ocorra a hidrólise das fibras e o espermatozoide consiga fertilizar o óvulo (Baskett et al. 2014). Nas codornas o período de armazenamento é de 5 a 9 dias (Clulow e Jonas, 1982). Um dos métodos para avaliar a eficiência da cópula em aves é analisar a interação entre o espermatozoide e a membrana perivitelínica do ovo, na região do disco germinativo, através do número de pontos de

hidrólises (buracos), para se obter informações sobre qualidade do sêmen e capacidade de armazenamento de sêmen pela fêmea, podendo ser utilizado como parâmetro de duração de fertilidade (Hazary et al., 2000).

Em dietas tradicionais baseadas em óleo de soja para matrizes de codornas japonesas observaram que as aves conseguiram manter a fertilidade acima de 20% até o nono dia após a cópula (Santos et al., 2013). Nesse trabalho, quando as fêmeas receberam a relação 1,48 a taxa de probabilidade de fertilidade ao nono dia foi de 45,94% e só a partir do décimo dia que probabilidade de fertilidade diminuiu para 26,95%, demonstrando que os espermatozoides tiveram sobrevivência dentro das glândulas tubulares na mucosa da vagina muito superior. A relação 7,63 foi a que apresentou as menores taxas de fertilidade quando avaliados em todos os experimentos. Essa relação pode ter afetado negativamente a alteração dos fosfolipídios presentes na membrana plasmática do espermatozoide, levando a redução na capacidade de sobreviver e fertilizar os ovos (Froman e Thurston, 2011).

Estudos anteriores apontam que ao utilizar óleo de linhaça na dieta, obtiveram sucesso em aumentar as quantidades de n-3 nos espermatozoides de frangos e modificando o tamanho dos testículos (Cerolini et al 2003). O tamanho do testículo está correlacionado com a capacidade de produção espermática em aves, e um dos fatores que podem influenciar isso é a nutrição (Amann, 1979). Desta forma, os n-3 podem interferir nesse tamanho testicular, e pode ter ocorrido no presente trabalho, já que ocorreu aumento no número de espermatozoide das aves alimentadas com dietas ricas em n-3.

#### **4.2 Eclosão e mortalidade**

Ainda sobre as análises de desempenho de incubação, os resultados para eclodibilidade de ovos férteis e no total dos ovos foram melhores nas relações que possuíam tanto óleo de soja quanto de linhaça em diferentes proporções, LA:LNA 8,71 e 9,29, respectivamente. Nos tratamentos utilizando apenas uma das fontes de óleo na dieta foram observadas as menores taxas de eclosão. Isso se dá porque quando a relação entre n-6 e n-3 não está adequada no organismo animal, os efeitos podem ser observados no metabolismo em geral. O LNA rico em n-3 é fonte no embrião em desenvolvimento para a síntese de EPA e de DHA. Essas substâncias são fundamentais para o bom funcionamento do sistema nervoso central, imunológico e metabolismo lipídico dos embriões (Cherian e Sim, 1993), resultando em pintinhos mais saudáveis com melhor eclodibilidade.

Os resultados na eclosão podem indicar que aumento na proporção alimentar de PUFA n-6:n-3 é valioso para sustentar a capacidade reprodutiva de codornas. É perceptível que existem dados limitados sobre o componente de gordura e ácidos graxos das dietas de reprodutores sobre o metabolismo da fertilidade e o crescimento embrionário e eclodibilidade com dietas contendo proporções de n-6:n-3.

Outros autores relatam diferentes resultados em reprodutores de codornas japonesas para eclosão de ovos férteis. Khatibjoo et al. (2018) citaram valores que variaram de 87,77 a 91,19 para eclosão e para a mortalidade precoce 4,71 a 2,04 e a tardia de 2,39 a 1,66 %. Ainda em reprodutores de codornas, a eclodibilidade aumentou 3,2 e 6,17% ao utilizarem óleo de linhaça ou óleo de peixe com proporções n-6: n-3 de 0,22: 1 e 0,08: 1 (Al-Darji et al., 2010). Já em matrizes de frango de corte, o trabalho de Radwan et al. (2012) descreve que a relação de 10:1 foi a que apresentou a mais baixa eclodibilidade 76,67%, enquanto as relações 4:1 e 6:1 apresentaram os melhores resultados 86,22 e 86,08%, respectivamente.

Os valores de eclodibilidade férteis oriundos da adição de 1,6% de óleo de linhaça (relação 1,48) e com 1,6 % de óleo de soja (relação 13,57), foram inferiores as demais relações, resultados que diferem dos encontrados por Peebes et al. (2000), que ao adicionarem 1,5% de óleo de ave como fonte de n-6 na ração para matrizes de frango de corte observaram a redução na taxa de eclodibilidade de ovos férteis.

O aumento da oferta de PUFAs na dieta das matrizes provavelmente interferiu na síntese da lipoproteína de densidade muito baixa (VLDL). Essa lipoproteína é o precursor dos lipídios na gema, e poderia explicar os valores de eclodibilidade total abaixo de 78%, pois os lipídios são os principais nutrientes para o pintinho durante a incubação, dessa forma esse desbalanço pode ter afetado a nutrição dos pintinhos durante o desenvolvimento embrionário levando a redução na eclosão (Koppenol et al., 2015).

Os resultados deste trabalho foram diferentes daqueles encontrados por Khatibjoo et al. (2018), que ao utilizarem óleo de peixe (relações de 4:1, 6:1, 8:1, 16:1) e quantidade constante de PUFA para matrizes de frango não observaram efeitos sobre a eclosão, mortalidade (total, inicial e tardia), sendo que as suas relações não afetaram tais parâmetros. Os resultados nas codornas aqui estudadas podem ter ocorrido pelas diferenças nas relações e ao tipo de fonte utilizada na dieta, visto que na relação 1,48 pode ter ocorrido um desbalanço na quantidade de PUFAs afetando assim o desempenho de incubação dos animais. Como foi observado por Pappas et al. (2006) o aumento do teor de PUFA n-3 na dieta utilizando 65 g/kg de óleo de peixe, reduz a eclodibilidade e

aumenta a mortalidade embrionária durante a 3ª semana de incubação em frangos de corte. Neste sentido, os resultados deste trabalho fornecem apoio adicional para a hipótese de que a adição de PUFA nos ovos via dieta materna tem influência sobre a eclodibilidade, podendo ser positiva ou negativa dependendo da quantidade de PUFA fornecida. Adicionalmente, uma relação adequada n-6:n-3 via dieta materna não possui efeito prejudicial sobre o desenvolvimento do embrião, porém, o desbalanço pode acarretar em baixo desenvolvimento embrionário.

A relação LA:LNA neste trabalho com o maior teor de n-3 (1,48) apresentou a menor taxa de eclosão. Estes resultados estão de acordo com alguns estudos (Cherian, 2008), que demonstraram que a adição de óleo de peixe como fonte n3 para galinhas poedeiras não resultaram em aumento da taxa de eclosão e fertilidade, enquanto outros relatam que a adição de DHA e EPA numa proporção de 1/1, 1/2 e 2/1 não possuem nenhum efeito sobre a fertilidade, eclosão e mortalidade nas fases inicial, meio e tardia (Koppenol et al., 2015). Os resultados de incubação mostram que dietas contendo relação de 1,48% apresentaram os resultados mais baixos em todos os parâmetros avaliados.

Para a mortalidade total de codornas foi observado nesse trabalho que o aumento de LNA na dieta resultou no aumento da mortalidade. Para a mortalidade inicial (0-11 dias) e tardia + mortalidade no ovo não foi observado diferenças significativas. Resultado com codornas foi observado aumento da mortalidade ao utilizar baixa relação 1:1(n-6:n-3) utilizando óleo de soja, oliva, canola ou chia para codornas, ocorreu maior mortalidade (Castro – Tamayo et al., 2019).

Para a mortalidade total ocorreu efeito quadrático decrescente, isso pode ter ocorrido pelo aumento de EPA que possui quantidade maior de ligações duplas, possibilitando maior oxidação nos ovos, afetando a sobrevivência do embrião (Castro – Tamayo et al. 2019). Zanini et al. (2003) observaram que quando a proporção n-6: n-3 em sua dieta era estrita contendo apenas 32,3% de ácido linolênico, a fertilidade em galos diminuiu, no entanto, após a administração de vitamina E, a fertilidade aumentou.

A causa da maior mortalidade no tratamento utilizando óleo de linhaça pode ser pelo alto nível de PUFA encontrados na sua composição que podem ter aumentado os radicais livres gerados. Alguns PUFA, como aqueles encontrados em óleo de peixe e no óleo de linhaça (n-3), estão envolvidos na transcrição de genes, com PUFA regulando positivamente a expressão de genes que codificam proteínas envolvidas na oxidação de AG e simultaneamente regulando negativamente genes que codificam proteínas de síntese

de lipídios (Clarke, 2001). Desta forma, as gemas produzidas podem ter a composição diferenciada de lipídeos uma vez que a %EE da gema não foi influenciada.

#### **4.3 Composição da gema e de pintinho, qualidade e desempenho da progênie**

As análises de gemas de ovos frescos demonstram efeito para MM%. Para os teores de proteínas também observaram diferença no teor de matéria mineral na gema do ovo. Estudos em galinhas poedeiras utilizando óleo de soja, colza e canola, também descreveram menores teores de MM nas dietas que não continham o óleo e na dieta que continha 2,5% de cada um dos óleos, enquanto o maior teor foi o da dieta suplementada com 2,5% de canola + 2,5% óleo de soja (Faitaroni et al., 2013).

As variações observadas nos teores de proteína bruta e extrato etéreo podem ser explicadas porque os dois são inversamente proporcionais, de forma que o incremento de gordura na alimentação diminui proporcionalmente a porcentagem de proteína bruta, e vice-versa. Resultados que corroboram com os encontrados por Seibel et al. (2005), que não encontraram diferença no teor de proteína da gema do ovo de codornas japonesas alimentadas com 2,7 % de óleo de peixe ou 5 e 10 % de silagem química de peixe.

Os ovos enriquecidos com PUFA ômega-3 não apresentaram diferença significativa nos teores de proteínas em ovos vermelhos de galinhas de granja e caipiras, ovos brancos de galinhas de granja e ovos de codorna, pois apenas o perfil de ácido graxo foi modificado independente do teor de lipídios (Salvador e Santa, 2002). Os teores de proteínas não são influenciados diretamente pela dieta e sim pelos componentes lipídicos presentes, pela sua relação inversamente proporcional (Faitarone et al., 2013).

Quanto ao teor de lipídeos das gemas não foi observado diferença significativa, esse teor é influenciado pelo teor de lipídico da dieta, como todas as rações apresentaram basicamente o mesmo teor de lipídios não influenciou o teor na gema. Os resultados de teores de lipídios da gema, corroboram com Silvia et al. (2003), que ao fornecerem diferentes níveis de linhaça para codornas não observaram diferenças no teor de lipídios totais da gema. Outros trabalhos utilizando diferentes tipos de óleos (linhaça e girassol) e concentrações de n-6 e n-3 galinhas poedeiras e não encontraram diferença no teor de lipídio da gema (Cherian e Sim, 1993). Já que a inclusão dos n-3 não influencia a porcentagem de lipídios da gema e sim a diminuição do colesterol e modificação do perfil de ácidos graxos, podendo ter ocorrido no presente trabalho.

Para a composição corporal dos pintinhos de 1 dia, as relações e LA:LNA influenciaram o MM e o EE, com a relação inversa que ocorre entre esses resultados que

também foi observado na composição da gema. Essa diferença pode ocorrer devido as porcentagens de proteínas, cinzas e água serem inversamente proporcionais quando relacionadas com a gordura dos tecidos (Keeton e Eddy, 2004).

Em trabalhos com pintinhos de 1 dia de poedeiras alimentadas com dietas comerciais, foi observado na composição o teor de cinzas 0,15%, extrato etéreo 0,46% e proteína bruta 0,92 % na matéria natural (Grieser et al., 2018), e foram valores baixos dos encontrados nesse trabalho. Os valores na matéria natural encontrados foram médios de 4,78 % de extrato etéreo e 1,56 % de cinzas, essa diferença ocorreu devido a composição da gema apresentar altos teores de cinzas sendo refletidos na composição do pinto. Esses valores podem ser explicados pela composição da gema, pois os teores presentes na gema do ovo são transferidos para o pintinho. As modificações na dieta afetaram diretamente a composição da gema do ovo, e com isso o desenvolvimento embrionário.

Para os resultados da qualidade dos pintinhos na eclosão, os dados do peso vivo dos pintinhos de 1 dia descritos em neste trabalho corroboram com os encontrados por An et al. (1997), que ao utilizarem óleo de peixe e canola na alimentação de galinhas reprodutoras e obtiveram o menor peso de pintinhos das matrizes alimentadas com óleo de peixe que possuíam maior concentração de n-3, assim como a linhaça no presente estudo. Isso também foi observado por Pappas et al. (2006), ao descobrirem que a suplementação de óleo de peixe na dieta materna diminuía a massa corporal de pintinhos em fase de incubação em quase 2g em comparação com a suplementação de óleo de soja, por causa do peso do ovo e gema que são menores das aves alimentadas com linhaça. Porém, isso não foi observado neste trabalho. Outros fatores como manejo e ambiente também podem influenciar no peso do pintinho (Hulet et al., 2007).

O aumento da relação no presente trabalho, elevou o peso dos pintinhos, o mesmo foi observado por Koppenol et al (2015), ao utilizarem diferentes relações de EPA e DHA (1:1, 1:2 e DHA:EPA 2:1) para matrizes de frangos de corte observou que o maior peso dos pintinhos foram das originados das fêmeas que receberam a dieta controle sem EPA e DHA 48,39g, enquanto os demais tratamentos que continham em sua composição o EPA e DHA apresentaram pesos inferiores. Porém, estes resultados de diminuição do peso do pinto com a diminuição das relações, divergem do encontrados por Radwan et al. (2012), ao fornecerem para matrizes de frangos relações de n-6:n-3 variando de 2:1 a 10:1, não observaram diferenças para o peso dos pintinhos.

Ao fornecerem para ratas 5% de linhaça ou 1,5 mg/dia de diglicosídeo secoisolariciresinol (SDG) foi observado menor peso do filhote ao nascer, isso pode ter

ocorrido pois eles são capazes de reduzir as concentrações plasmáticas do fator de crescimento semelhante à insulina (IGF-I) (Rickard et al., 2000). O IGF-I atua como mediador do hormônio do crescimento (GH), e GH tem ações na promoção do ganho de massa corporal e são mediadas pelo IGF-I (Leung et al., 2004). No presente trabalho não foram dosados IGF-I e GH, mas esse é um dos fatores mais comuns para que a linhaça detenha efeito na diminuição de peso tanto em filhotes quanto em aves adultas.

Os pintos provenientes de matrizes que receberam ácido linolênico em maior concentração tiveram maior comprimento, enquanto os pintos alimentados em maior concentração de ácido linoleico detiveram menor comprimento. Esses resultados provavelmente são consequência dos mesmos efeitos descritos por Liu e Denbow (2001), pois os lipídios atuam no metabolismo esquelético e na saúde do osso devido à produção e regulação dos eicosanoides

O AA é precursor das prostaglandinas da série 2 (PGE<sub>2</sub>), enquanto os ácidos  $\alpha$ -linolênico (18:3n-3) e EPA (20:5n-3) são substratos para a síntese das prostaglandinas das séries 1 (PGE<sub>1</sub>) e 3 (PGE<sub>3</sub>), respectivamente (Watkins, 2001). De forma que a reabsorção óssea é influenciada pelas altas concentrações de PGE<sub>2</sub>, em baixas concentrações ocorre maior formação óssea. Os resultados de comprimento de pintinho de 1 dia sugerem esse efeito, em que os pintinhos que receberam prováveis altas concentrações de ácido araquidônico via ovo na relação 13,75 por possuir alta concentração de óleo de soja tendo menor comprimento. Já na relação de 1,48 houve apenas óleo de linhaça, tendo baixa concentração de ácido araquidônico e os pintinhos tiveram maior comprimento. Esses resultados corroboram com os de Watkins et al. (1996) e Potência (2008), que observaram maior produção de PGE<sub>2</sub> no osso da tíbia dos pintinhos com dieta rica em óleo de soja, com isso tiveram baixa taxa de formação óssea, quando comparados com pintinhos alimentados com baixa relação n-6:n-3. Os pintinhos que receberam baixa relação, apresentaram maiores teores de fatores de crescimento e de biossíntese de proteínas localizadas nos osteoblastos responsáveis pela formação do osso. A dieta materna também influenciou estas concentrações e Watkins et al. (2000) observaram que o perfil de ácidos graxos do osso foi reflexo da dieta materna

Com relação aos resultados deste trabalho para o desempenho da progênie oriunda dos ovos dos reprodutores alimentados com diferentes relações de LA:LNA, as relações utilizadas na dieta dos reprodutores apresentaram efeitos no peso das aves no nascimento e de 1-7 dias. Nas semanas seguintes esse efeito não foi mais observado. Estes resultados podem ser explicados pelo efeito materno que não consegue anular o efeito da dieta pós-

eclosão das aves, que foi o mesmo para todos os grupos, sendo esse fator muito importante para o desenvolvimento e o equilíbrio do peso entre as aves (Koppenol et al., 2015).

Os resultados de peso da progênie divergem do encontrado por Liu et al. (2003), ao utilizarem óleo de linhaça e girassol para matrizes de codorna e avaliar o peso da progênie por duas semanas não observaram diferença no peso da progênie, demonstrando que esses valores e teores de lipídios da dieta materna não foi suficiente para afetar o crescimento inicial das codornas nem nos primeiros sete dias como observado neste trabalho.

No período de 1-14 dias não foram encontradas diferenças entre os tratamentos, em que mesmo a diferença no peso inicial foi compensada após o sétimo dia, o mesmo foi observado por Koppenol et al. (2015), ao utilizarem diferentes relações de EPA e DHA (1:1, 1:2 e DHA: EPA 2:1) para matrizes de frangos de corte observou que após os 14 dias de vida, a dieta materna não influenciou os parâmetros de ganho de peso e conversão alimentar, e os pintinhos que receberam apenas EPA apresentaram o menor peso em relação a dieta controle. Pappas et al. (2006a, b) também encontraram peso corporal inferior da prole aos 0, 7 e 14 dias pós-nascimento. Mesmo com a diferença no peso ao nascerem, as aves adquiriram peso corporal semelhante na idade final.

Nos outros períodos não foram observados diferenças para consumo de ração, conversão alimentar e ganho de peso, o mesmo foi observado por Naeim e Kutlu (2020), ao utilizarem diferentes tipos de óleos (2% de soja, girassol, linhaça e peixe), para matrizes de frangos de corte não foram observadas diferenças para o consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar para nenhuma das fases (inicial 0 a 10 dias, crescimento I 11 a 21 dias, crescimento II 22 a 29 progênie e terminação 30 a 35 dias).

Durante o período de desempenho não foi observado efeito significativo nas aves, isso ocorreu, pois, os pintos em crescimento receberam ração contendo óleo de soja, e com isso a quantidade de DHA que foi sintetizado e fornecidos aos tecidos não foi suficiente para manter a alta concentração de DHA observada nos pintinhos após a eclosão dos animais oriundos das matrizes alimentação com altas concentrações de n-3. Com isso pode ter ocorrido a diminuição de DHA e EPA e aumento de AA tendo assim animais com as mesmas concentrações de PUFA, após duas semanas de nascimento, isso por causa do aumento da relação n-6:n-3 para os pintinhos (Ajuyah et al., 2003).

Esses resultados demonstram que as relações para reprodutores só foram capazes de interferir no peso ao nascimento, e, o mesmo foi observado por Pappas et al. (2006), utilizando óleo de soja e óleo de peixe nas dietas dos reprodutores não afetou nenhum

parâmetro de desempenho da progênie de frango de corte, a única diferença observada foi no peso ao nascimento que com óleo de peixe ocorreu diminuição.

Favorecer rações de aves reprodutoras que têm proporções n-6 e n-3 próximas a 1, 48:1 é relativo; como mostrado pelos resultados deste experimento pois a redução não melhorou todos os parâmetros de reprodução e não foi possível obter uma relação ideal, portanto, seria mais recomendado que o teor de n-6 e n-3 seja levado em consideração e estimar o consumo de ração em miligramas ou porcentagem de ração ingerida diariamente desses ácidos, mais do que a proporção contida na dieta. Sugere-se, portanto, mais pesquisas com avaliação das relações ligadas ao consumo desses ácidos por um período prolongado.

## **5. Conclusão**

Conclui-se que proporções de óleo de soja e linhaça afetam a eclodibilidade com melhores resultados na relação n-6:n-3 de 9,29. A duração da fertilidade e o número de pontos de hidrólise na membrana perivitelínica do ovo aumentam com o fornecimento das relações 1,48 e 13,75, sendo estes efeitos maiores quando fêmeas recebem as dietas. A composição da gema é afetada e altera a composição corporal do pintinho aumentando MM e EE e seu peso até os 7 dias de vida.

Baseado nos resultados de eclodibilidade, qualidade e composição corporal do pintinho de 1 dia o uso de óleo de linhaça na dieta de reprodutores é indicada em relações de n-6: n-3 entre 4:1 a 10:1 para produção de ovos férteis em codornas japonesas.

## **6. Referências**

Aitken RJ, Baker HW. Seminal leukocytes: passengers, terrorists or good samaritans. *Human Reproduction* 1995; 10:1736–1739.

Ajuyah AO, Wang YW, Sunwoo H, Cherian G, Sim JS. Maternal diet with diverse omega-6/omega-3 ratio affects the brain docosahexaenoic acid content of growing chickens. *Biology of the Neonate* 2003; 84:45-52.

Al-Daraji HJ, Al-Mashadani HA, Al-Hayani WK, Al-Hassani AS, Mirza HA, Al-Hassani AS. Effect of dietary supplementation with different oils on productive and reproductive performance of quail. *Internacional Journal of Poultry Science*, 2010a; 9: 429-435.

Al-Daraji HJ, Al-Mashadani HA, Al-Hayani WK, Al-Hassani AS, Mirza HA, Al-Hassani AS. Effect of dietary supplementation with different oils on productive and reproductive performance of quail. *Journal of Poultry Science* 2010b; 9: 429-435.

Amann RP, Thompson DL, Squires EL, Pickett BW. Effect of age and frequency of ejaculation on sperm production and extragonadal sperm reserves in stallions. *Journal of Reproduction and Fertility –Supplement* 1979;27: 1-6.

An BK, Banno C, Tanaka, K, Xias Z, Ohtani S. Effects of dietary fat sources on lipid metabolism in growing chicks (*Gallus domesticus*). *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology* 1997; 116: 119-125.

Bakst MR, Eastridge J, Malecki IA. The inner perivitelline layer sperm hole assay: use of filter paper rings for the isolation of the perivitelline layer overlying the germinal disc and new observations on its morphology. *Journal of Applied Poultry Research* 2014; 23: 121-128.

Bongalhardo DC, Leeson S, Buhr MM. Dietary lipids differentially affect membranes from different areas of rooster sperm. *Poultry Science* 2009; 88: 1060-1069.

Castro-Tamayo CB, Rios-Rincón FG, Castillo-Lopez R, Contreras-Pérez G, Molina-Barrios R, Heredia JBI, Muyrangel, MF, Portillo-Loera JJ. Effect of essential fatty acid proportion in feed on productive and reproductive performance of japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*). *Brazilian Journal of Poultry Science* 2019; 22 (1): 1-8.

Cerolini, S, Pizzi F, Gliozzi T, Maldjian A, Zaniboni L, Parodi L. Lipid manipulation of chicken semen by dietary means and its relation to fertility: a review. *World's Poultry Science Journal* 2003; 59 (1): 65–75.

Cherian G. Egg quality and yolk polyunsaturated fatty acid status in relation to broiler breeder hen age and dietary n-3 oils. *Poultry Science* 2008; 87(6): 1131-1137.

Cherian G, Sim J. Net transfer and incorporation of yolk n-3 fatty acids into developing chick embryos. *Poultry Science* 1993; 72 (1): 98-105.

Cherian G, Sim, J.S. Effect of feeding full fat flax and canola seeds to laying hens on the fatty acid composition of eggs, embryos, and newly hatched chicks. *Poultry Science* 1991; 70(4):917-922.

Clarke S. Polyunsaturated fatty acid regulation of gene transcription: a mechanism to improve energy balance and insulin resistance. *British Journal of Nutrition* 2000; 83(1):59-66.

Clulow J, Jones RC. Production, transport, maturation, storage and survival of spermatozoa in the male japanese quail (*Coturnix coturnix*). *Journal of Reproduction and Fertility* 1982; 64:259-266.

Cunha RR. Efeito das características de matrizes no desempenho de progênies de codornas de corte. [Monografia]. Fortaleza (CE): Universidade Federal Do Ceará; 2017.

Faitarone ABG, Garcia EA, Roça RO, Ricardo HÁ, Andrade EM, Pelícia K, Vercese F. Cholesterol levels and nutritional composition of commercial layers eggs fed diets with different vegetable oils. *Brazilian Journal of Poultry Science* 2013; 15(1):31-38.

Ferret PR. Embryo epigenomic response to breeder management and nutrition. *World's Poultry Congress*. Salvador, Bahia; 2012.

Froman DP, Feltmann AJ, Pendarvis K, Cooksey AM, Burgess SC, Rhoads DD. A proteome-based model for sperm mobility phenotype. *Journal of Animal Science* 2011; 89:1330 – 1337.

Grieser DO, Marcato SM, Furlan AC, Zancanela V, Vesco APD, Batista E, Ton APS, Perine TP. Estimation of growth parameters of body weight and body nutrient deposition in males and females of meat- and laying-type quail using the Gompertz model. *Revista Brasileira de Zootecnia* 2018; 47:1-8.

Hazary RC, Staines HJ, Wishart GJ. Assessing the efficiency of mating in broiler breeder flocks by enumerating the spermatozoa which penetrate the inner perivitelline layer over the germinal disc. *British Poultry Science* 2000; 41:395-400.

Keeton JT, Eddy S. Chemical and physical characteristics of meat/chemical composition. in: encyclopedia of meat sciences (edited by W.K. Jensen, C. Devine & M. Dikeman). vol. 1. pp. 210-218. Oxford: Elsevier Academic Press; 2004.

Kenny M, Kemp C. Breeder nutrition and chick quality. *International Hatchery Practice Avigen* 2005; 19(4): 7-11.

Khatibjoo A, Kermanshahi H, Golian A, Zaghari M. The effect of n-6/n-3 fatty acid ratios on broiler breeder performance, hatchability, fatty acid profile and reproduction. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 2018; 102(4):986-998.

Koppenol A, Delezie E, Aerts J, Willems E, Wang Y, Franssens L, Buyse J. Effect of the ratio of dietary n-3 fatty acids eicosapentaenoic acid and docosahexaenoic acid on broiler breeder performance, egg quality, and yolk fatty acid composition at different breeder ages. *Poultry Science* 2004; 93:564–573.

Koppenol A, Delezie E, Wang Y, Franssens L, Willems E, Ampe B, Buyse J, Everaert N. Effects of maternal dietary EPA and DHA supplementation and breeder age on embryonic and post-hatch performance of broiler offspring. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 2015; 99:36-47.

Lauritzen L, Hansen HS, Jorgensen MH, Michaelsen KF. The essentiality of long chain n-3 fatty acids in relation to development and function of the brain and retina. *Progress in Lipid Research* 2001; 40:91-94.

Leung KC, Johannsson G, Leong GM, Ho KK. Estrogen regulation of growth hormone action. *Endocrine Reviews* 2004; 25:693-721.

Liu D, Denbow DM. Maternal dietary lipids modify composition of bone lipids and ex vivo prostaglandin E2 production in early postnatal Japanese quail. *Poultry Science* 2001; 80(9):1344-1352.

Liu D, Veit HP, Wilson JH, Denbow DM. Long-term supplementation of various dietary lipids alters bone mineral content, mechanical properties and histological characteristics of Japanese quail. *Poultry Science* 2003; 82:831-839.

Manohar GR. Effect of dietary omega-3 fatty acid rich oil sources on fertility and hatchability performance of Japanese quail eggs. *International Journal of Science, Environment and Technology* 2017; 6(1):923-926.

Murakami AE, Santos TC, Fernandes JIM, Martinez AC, Bortoluzzi C. Desempenho produtivo e reprodutivo de matrizes de frangos de corte com dietas suplementadas com vitamina e, óleo de soja e óleo de peixe. *Revista Brasileira de Reprodução Animal* 2013; 37(3):285-294.

Nadia L, Radwan MH, Abd El-Samad, Sherin AN. Effects of different dietary ratios of linoleic acid to  $\alpha$ -linolenic acid on productive performance, immunity of laying hens and egg yolk fatty acid composition. *Egyptian Poultry Science* 2012; 32(1):163-188.

Naeim SS, Kutlu HR. Effect of including n-3/n-6 fatty acid feed sources in diet on fertility and hatchability of broiler breeders and post-hatch performance and carcass parameters of progeny. *Journal of Animal Science* 2020; 33:305–312.

Pappas AC, Acamovic T, Sparks NHC, Surai PF, Mcdevitt RM. Effects of supplementing broiler breeder diets with organoselenium compounds and polyunsaturated fatty acids on hatchability. *Poultry Science* 2006a; 85:1584–1593.

Pappas AC, Acamovic T, Surai PF, Mcdevitt RM. Maternal organo-selenium compounds and polyunsaturated fatty acids affect progeny performance and levels of selenium and docosahexaenoic acid in the chick tissue. *Poultry Science* 2006b; 85:1610–1620.

Peebles ED, Zumwalt CD, Doyle SM, Gerard PD, Latour MA, Boyle CR, Smith TW. Effects of dietary fat type and level on broiler breeder performance. *Poultry Science* 2000; 79:629–639.

Pereira ALF, Vidal TF, Constant PBL. Antioxidantes alimentares: importância química e biológica. *Nutrire: Revista da Sociedade Brasileira Alimentação e Nutrição* 2009; 34(3):231-247.

Potença A. Fontes de lipídios na alimentação de frango de corte. [Dissertação] Maringá (PR); Universidade Estadual de Maringá; 2008.

Radwan NL, Abd El-Samad MH, Nada SA. 2012. Effects of different dietary ratios of linoleic acid to  $\alpha$ -linolenic acid on productive performance, immunity of laying hens and egg yolk fatty acid composition. *Egyptian Poultry Science* 2012; 32(1):163-188.

Rickard SE, Yuan YV, Thompson LU. Plasma insulin-like growth factor I levels in rats are reduced by dietary supplementation of flaxseed or its lignan secoisolariciresinol diglycoside. *Cancer Letters* 2000; 161:47-55.

Rostagno HS, Albino LFT, Donzele JL, Gomes PC, Oliveira R, Lopes DC, Euclides RF. *Composição de alimentos e exigências nutricionais* (3ed. vol. 1). Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. 2017.

Salvador M, Santa PD. Teores de macronutrientes e de colesterol em diferentes tipos de ovos, *Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos* 2002; 20(1):133-140.

Santos TC, Murakami AE, Oliveira CAL, Giraldeoli N. Sperm-egg interaction and fertility of Japanese breeder quails from 10 to 61 weeks. *Poultry Science* 2013; 92(1):205-210.

Seibel NF, Barbosa LN, Gonçalves PM, Souza-Soares LA. 2005. Qualidade física e química de ovos de codornas alimentadas com dietas modificadas. *Revista Instituto Adolfo Lutz* 2005; 64(1):58-64.

Silva DJ, Queiroz AC. *Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)*. 3.ed. Viçosa, Mg: UFV, 2002.

Silva MD. Efeito da inclusão de óleos de diferentes composições na ração sobre o desempenho e composição dos lipídios da gema de ovo de galinhas poedeiras. [Dissertação]. Viçosa (MG): Universidade Federal de Viçosa; 2003.

Washburn KW: Genetic variation in egg composition. in: r. r. Crawford (ed.), *Poultry Breeding and Genetics*. Elsevier, Amsterdam, pp. 781–804. 1990.

Watkins BA, Li Y, Allen KGD, Hoffmann WE, Seifert MF. Dietary ratio of (n-6)/(n-3) polyunsaturated fatty acids alters the fatty acid composition of bone compartments and biomarkers of bone formation in rats. *Journal of Nutrition* 2000; 130(9):2274- 2284.

Watkins BA, Li Y, Lippman HE. Omega-3 polyunsaturated fatty acids and skeletal health. *Journal of Experimental Medicine* 2001; 226(6):485-497.

Watkins BA, Shen C, Allen KGD, Seifert MF. Dietary (n-3) and (n-6) polyunsaturated and acetylsalicylic acid alter ex vivo pge2 biosynthesis, tissue igfi levels, and bone morphometry in chicks. *Journal of Bone and Mineral Research* 1996; 11(9):1321-1332.

Wishart GJ. Quantitative aspects of sperm: egg interaction in chickens and turkeys. *Animal Reproduction Science* 1997; 48:81-92.

Zanini SF, Torres CAA, Bragagnolo N, Turatti JM, Silva MG, Zanini MS. Evaluation of the ratio of omega6: omega3 fatty acids and vitamin e levels in the diet on the reproductive performance of cockerels. *Archives of Animal Nutrition* 2003; 57:429-442.

## V. Considerações Finais

Os resultados do presente estudo permitiram concluir que a substituição total do óleo de soja pelo óleo de linhaça ou a associação dos dois óleos em rações para codornas japonesas em postura, não prejudica o desempenho zootécnico nem tampouco as características físicas de qualidade interna e externa dos ovos e o peso dos órgãos. Os teores de triglicérides e colesterol no sangue foram reduzidos e a composição corporal tanto para a matéria mineral quanto de proteína bruta ocorreu decréscimo com o aumento das relações. Porém, foi observado que a suplementação de n-3 pode melhorar os parâmetros de incubação quando em associação ao n-6, como o aumento da eclodibilidade total e de férteis, além de diminuir a mortalidade, melhorando a qualidade do pintinho nas relações intermediárias estudadas. Entretanto, é importante salientar que a utilização dos óleos separados afeta de forma negativa esses parâmetros, por isso, a importância do equilíbrio entre esses ácidos garantindo a potencialização da produção.

A adição de n-3 na dieta materna afetou o peso do pintinho ao nascimento, resultando em pintinhos mais leves, porém, após até o sétimo dia não foi mais observado efeito materno e não afetou o desempenho da progênie até 35 dias. Apesar das expectativas, de uma progênie com melhores desempenho após o nascimento por causa da adição de ômega-3 via óleo de linhaça e de possível aumento metabólico de EPA e DHA, isso não foi observado.

Tendo em vista que as relações melhoraram diferentes parâmetros e não conseguindo recomendar uma única relação, é sugerido a realização de mais trabalhos com as fontes de n-3 e n-6 na dieta de reprodutores de codornas, observando a quantidade fornecidas desses ácidos, pois esse ponto pode ser mais importante que as relações n-6:n-3, para após a utilização e determinação dos valores a serem fornecidos de cada ácido graxo, para a obtenção da relação adequada para o desempenho produtivo e reprodutivo de codornas.