

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA  
CAMPUS DE BOTUCATU

**“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”**

ANA BEATRIZ GARCIA FAITARONE

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

BOTUCATU - SP

Agosto – 2010

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA  
CAMPUS DE BOTUCATU

**“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”**

ANA BEATRIZ GARCIA FAITARONE  
Zootecnista

ORIENTADOR: Prof. Dr. Edivaldo Antonio Garcia

BOTUCATU - SP  
Agosto – 2010

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

Faitarone, Ana Beatriz Garcia, 1980-  
F174f 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 / Ana Beatriz Garcia Faitarone. - Botucatu : [s.n.], 2010.  
xiii, 108 f.: il., color., tabs.

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu, 2010  
Orientador: Edivaldo Antonio Garcia  
Inclui bibliografia.

1. Poedeiras comerciais. 2. Ácidos graxos. 3. Colesterol. 4. Ovos - Qualidade. I. Garcia, Edivaldo Antonio. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. III. Título.

### *Aprender a viver...*

Depois de algum tempo você aprende a diferença, a sutil diferença entre dar a mão e acorrentar uma alma. E você aprende que amar não significa apoiar-se, e que companhia nem sempre significa segurança. E começa a aprender que beijos não são contratos e presentes não são promessas. E começa a aceitar suas derrotas com a cabeça erguida e olhos adiante, com a graça de um adulto e não com a tristeza de uma criança.

E aprende a construir todas as suas estradas no hoje, porque o terreno do amanhã é incerto demais para os planos, e o futuro tem o costume de cair em meio ao vão. Depois de um tempo você aprende que o sol queima se ficar exposto por muito tempo. E aprende que não importa o quanto você se importe, algumas pessoas simplesmente não se importam...

E aceita que não importa quão boa seja uma pessoa, ela vai feri-lo de vez em quando e você precisa perdoá-la por isso. Aprende que falar pode aliviar dores emocionais. Descobre que se leva anos para se construir confiança, e apenas segundos para destruí-la, e que você pode fazer coisas em um instante, das quais se arrependerá pelo resto da vida.

Aprende que verdadeiras amizades continuam a crescer mesmo a longas distâncias. E o que importa não é o que você tem na vida, mas quem você tem na vida. E que bons amigos são a família que nos permitiram escolher. Aprende que não temos que mudar de amigos, se compreendermos que os amigos mudam, percebe que seu melhor amigo e você podem fazer qualquer coisa, ou nada, e terem bons momentos juntos.

Descobre que as pessoas com quem você mais se importa na vida, são tomadas de você muito depressa, por isso sempre devemos deixar as pessoas que amamos com palavras amorosas, pode ser a última vez que as vejamos. Aprende que as circunstâncias e os ambientes têm influência sobre nós, mas nós somos responsáveis por nós mesmos.

Começa a aprender que não se deve comparar com os outros, mas com o melhor que pode ser. Descobre que se leva muito tempo para se tornar a pessoa que quer ser, e que o tempo é curto. Aprende que não importa onde já chegou, mas onde está indo, mas se você não sabe para onde está indo, qualquer lugar serve. Aprende que, ou você controla seus atos ou eles o controlarão, e que ser flexível não significa ser fraco ou não ter personalidade, pois não importa quão delicada e frágil seja uma situação, sempre existem dois lados. Aprende que heróis são pessoas que fizeram o que era necessário fazer, enfrentando as conseqüências. Aprende que paciência requer muita prática.

Descobre que algumas vezes a pessoa que você espera que o chute quando você cai é uma das poucas que o ajudam a levantar-se. Aprende que maturidade tem mais a ver com os tipos de experiência que se teve, e o que você aprendeu com elas, do que com quantos aniversários você celebrou. Aprende que há mais dos seus pais em você do que você supunha.

Aprende que nunca se deve dizer a uma criança que sonhos são bobagens. Poucas coisas são tão humilhantes e seria uma tragédia se ela acreditasse nisso. Aprende que quando está com raiva tem o direito de estar com raiva, mas isso não te dá o direito de ser cruel.

Descobre que só porque alguém não o ama do jeito que você quer que ame, não significa que esse alguém não o ama com tudo o que pode, pois existem pessoas que nos amam, mas simplesmente não sabem como demonstrar ou viver isso.

Aprende que nem sempre é suficiente ser perdoado por alguém, algumas vezes você tem que aprender a perdoar-se a si mesmo. Aprende que com a mesma severidade com que julga, você será em algum momento condenado. Aprende que não importa em quantos pedaços seu coração foi partido, o mundo não pára para que você o conserte.

Aprende que o tempo não é algo que possa voltar para trás. Portanto, plante seu jardim e decore sua alma, ao invés de esperar que alguém lhe traga flores. E você aprende que realmente pode suportar... que realmente é forte, e que pode ir muito mais longe depois de pensar que não se pode mais.

Aprende que nossas dúvidas são traidoras e nos fazem perder o bem que poderíamos conquistar, se não fosse o medo de tentar. E que realmente a vida tem valor e que VOCÊ tem valor diante da vida!

**William Shakespeare**

## OFEREÇO

*A DEUS, por me dar a vida, a minha família e amigos, a oportunidade de estudar e muita força e determinação para vencer cada uma das etapas percorridas.*

## DEDICO

*Aos meus pais, **Maria Tereza e Faiçal**, e ao meu irmão **Fábio**, razões da minha vida e motivos de minha força e inspiração, e que com amor, paciência, confiança e sacrifício contribuíram para que eu chegasse até aqui.*

## AGRADECIMENTOS

*Ao Programa de Pós – Graduação em Zootecnia da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia – UNESP campus de Botucatu, pela oportunidade de realização do curso de Doutorado.*

*Ao meu orientador, Prof. Dr. Edivaldo Antonio Garcia por todos os ensinamentos e puxões de orelha, pela orientação, amizade e paciência durante todos esses anos.*

*À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pela concessão das bolsas de estudo e auxílio à pesquisa.*

*Ao Prof. Dr. Roberto de Oliveira Roça pela amizade, auxílio e enorme contribuição, que sem a qual, esse trabalho estaria incompleto.*

*Ao Prof. Dr. José Roberto Sartori e à Profa. Dra. Maeli Dal Pai Silva pelo auxílio, apoio e amizade.*

*Aos Profes. Heraldo César Gonçalves e Alcides de Amorim Ramos por toda amizade e auxílio na condução das análises estatísticas.*

*Aos demais professores membros da banca examinadora pela colaboração muito valiosa.*

*Aos amigos e companheiros de equipe: Anderson de Pontes Silva, Andréa de Britto Molino, Daniella Aparecida Berto, Francine Vercese, Jéssica Conteçote Russo e Kleber Pelícia pela presença em todos os momentos, por todo o auxílio na condução do experimento, pela amizade, companheirismo e apoio de sempre.*

*Aos amigos e companheiros de Pós–Graduação Ernani Nery de Andrade e Hélio de Almeida Ricardo pela amizade, colaboração e valioso auxílio na condução das análises laboratoriais.*

*Aos amigos: Ana Cristina Stradiotti, Carolina Portella, Caroline Pelegrina Teixeira, Fabíola de Barros Carvalho, Gustavo Polycarpo, João Fernando Albers Koch, Liliana Soares Batista, Lucio Vilela Carneiro Girão, Marco Aurélio Factori e Vítor Barbosa Fascina por todos os momentos compartilhados, todo carinho, auxílio e amizade.*

*Á minha amiga e também funcionária do Laboratório de Bromatologia Gisele Setznagl, pela ajuda, convivência, atenção e colaboração durante a realização das análises.*

*Ao funcionário do Laboratório de Bromatologia Renato Monteiro pelo auxílio e amizade.*

*À Profa. Dra. Silvana Martinez Baraldi Artoni, ao Sr. Orandir Mateus, técnico do laboratório de histologia e à aluna de Pós-Graduação Sara Sgaviolo pelo apoio, atenção e grande auxílio na condução das análises na FCAV- Unesp – Jaboticabal.*

*À secretária do Departamento de Produção Animal, Solange Aparecida Ferreira de Souza, pelo auxílio, amizade e atenção.*

*Aos funcionários do Setor de Avicultura Paulo Inácio Primo, Renato Agostinho de Campos, Gilson de Campos e Marcão, pela amizade, valiosa e grande ajuda e dedicação na condução do experimento.*

*Aos funcionários da Fábrica de Rações Adenilson Lima Lucas e Antonio Carlos Godoy pelo auxílio, ajuda e atenção durante a confecção das rações experimentais.*

*Aos funcionários da Pós-Graduação da Zootecnia, Seila Cristina Cassinelli Vieira e Carlos Pazini Jr. pelo auxílio, amizade e atenção.*

*À Laborlab pelo fornecimento de quites enzimáticos para a determinação do colesterol dos ovos.*

*Aos funcionários da FMVZ – Unesp/Botucatu, em especial, José Luis Barbosa, José Ramos Martins, Edivaldo Gomes Torquato, Sebastião Francisco da Silva Filho, Celso Paulo Martin, Rodrigo Martin, Luiz Carlos Fioravante, José Antônio Franco, Irene Francisca de Arruda, Magali de Arruda, Ana Pires e Valdice Rodrigues pela amizade e auxílio durante todos esses anos de convivência.*

*Aos estagiários do setor de Avicultura Thiago Peregrino de Brito e Willian Caldana pelo auxílio, amizade e palavras de apoio.*

*Ao Prof. Pedro Alves de Souza pela amizade e auxílio na condução das análises de TBARS dos ovos.*

*Ao meu namorado Marcio de Barros Bandarra pelo amor, apoio, pela dedicação e por todos os momentos maravilhosos e especiais que passamos juntos.*

*À Uniquímica e ao amigo Willian Correa Miguel pelas valiosas informações fornecidas.*

*À todos meus amigos e colegas, por todo apoio, amizade e compressão durante as minhas ausências.*

*À minha família, por todo amor, compreensão, orações, apoio e incentivo.*

*E a todos que de, alguma forma, contribuíram para a execução deste trabalho.*

***MUITO OBRIGADA!***

## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
<b>ÍNDICE DE TABELAS .....</b>	<b>ix</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>xi</b>
<b>Capítulo 1.....</b>	<b>1</b>
Considerações iniciais.....	1
Introdução .....	2
Lipídeos .....	3
Ácidos Graxos Essenciais .....	4
Ovos enriquecidos com ácidos graxos poliinsaturados .....	5
Avaliação Sensorial em ovos .....	11
Oxidação dos lipídeos .....	12
Ácidos Graxos $\omega$ -3 e $\omega$ -6 e qualidade óssea .....	13
Referências Bibliográficas .....	16
<b>Capítulo 2.....</b>	<b>23</b>
<b>DESEMPENHO PRODUTIVO E QUALIDADE DOS OVOS DE</b>	
<b>POEDEIRAS LEVES ALIMENTADAS COM RAÇÕES SUPLEMENTADAS</b>	
<b>COM ÓLEOS VEGETAIS.....</b>	<b>23</b>
Resumo.....	24
Abstract .....	25
Introdução.....	26
Material e Métodos.....	27
Resultados e Discussão.....	30
Conclusões.....	36
Referências Bibliográficas.....	37
<b>Capítulo 3.....</b>	<b>40</b>

<b>PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS, NÍVEIS DE COLESTEROL E COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DOS OVOS DE POEDEIRAS COMERCIAIS ALIMENTADAS COM RAÇÕES CONTENDO ÓLEOS VEGETAIS.....</b>	<b>40</b>
Resumo.....	41
Abstract .....	42
Introdução.....	43
Material e Métodos.....	44
Resultados e Discussão.....	47
Conclusões.....	67
Referências Bibliográficas.....	69
<b>Capítulo 4.....</b>	<b>74</b>
<b>QUALIDADE ÓSSEA DE POEDEIRAS COMERCIAIS BRANCAS ALIMENTADAS COM RAÇÕES SUPLEMENTADAS COM ÓLEOS VEGETAIS FONTES DE ÁCIDOS GRAXOS ÔMEGA 3 E ÔMEGA 6.....</b>	<b>74</b>
Resumo.....	75
Abstract .....	76
Introdução.....	77
Material e Métodos.....	79
Resultados e Discussão.....	83
Conclusões.....	89
Referências Bibliográficas.....	90
<b>Capítulo 5.....</b>	<b>92</b>
<b>ANÁLISE SENSORIAL E OXIDAÇÃO LIPÍDICA DAS GEMAS EM OVOS DE POEDEIRAS COMERCIAIS ALIMENTADAS COM RAÇÕES SUPLEMENTADAS COM ÓLEOS VEGETAIS.....</b>	<b>92</b>
Resumo.....	93

Abstract .....	94
Introdução.....	95
Material e Métodos.....	96
Resultados e Discussão.....	99
Conclusões.....	104
Referências Bibliográficas.....	105
<b>Capítulo 6.....</b>	<b>107</b>
<b>IMPLICAÇÕES.....</b>	<b>107</b>

## INDICE DE TABELAS

	Página
<b>Capítulo 2</b> .....	<b>23</b>
<b>Tabela 1.</b> Composição percentual e nutricional calculada das dietas experimentais. .....	28
<b>Tabela 2.</b> Composição analisada em ácidos graxos dos óleos vegetais empregados nas dietas experimentais (% do total de ácidos graxos).....	30
<b>Tabela 3.</b> Consumo de ração (C.R.), peso dos ovos (P.O.), percentagem de postura (%Post.), massa ovos, conversão alimentar por dúzia (CA/dz), conversão alimentar por kg (CA/kg) de poedeiras comerciais leves submetidas à dietas suplementadas com óleos vegetais.....	31
<b>Tabela 4.</b> Gravidade específica (G.E), resistência da casca à quebra (Resis.), cor de gema, espessura de casca (Esp. Casca), percentagem de gema (Gema %), percentagem de albúmen (Album. %), percentagem de casca (Casca %) e índice gema dos ovos de poedeiras comerciais leves alimentadas com rações suplementadas com óleos vegetais.....	34
<b>Capítulo 3</b> .....	<b>40</b>
<b>Tabela 1.</b> Composição analisada em ácidos graxos dos óleos vegetais empregados nas dietas experimentais (% do total de ácidos graxos).....	47
<b>Tabela 2.</b> Composição percentual em sólidos totais, proteínas, lipídeos e minerais das gemas dos ovos de poedeiras comerciais alimentadas com rações suplementadas com óleos vegetais fontes ácidos graxos poliinsaturados .....	48
<b>Tabela 3.</b> Proporção de ácidos graxos (% dos lípides totais) presentes na gema dos ovos de poedeiras comerciais e suas relações, de acordo com os tratamentos experimentais empregados.....	51
<b>Tabela 4.</b> Desdobramento da interação tratamento x período na incorporação de ácidos graxos $\omega$ -6 e $\omega$ -3 nas gemas dos ovos de poedeiras suplementadas com óleos vegetais .....	52
<b>Tabela 5.</b> Teores de colesterol das gemas (mg/100g) dos ovos de poedeiras alimentadas com rações suplementadas com óleos vegetais .....	64

<b>Tabela 6.</b> Desdobramento da interação entre os períodos de fornecimento das dietas experimentais e os tratamentos experimentais para os níveis de colesterol presentes nas gema dos ovos de poedeiras comerciais leves suplementadas com óleos vegetais. ....	65
<b>Capítulo 4</b> .....	<b>74</b>
<b>Tabela 1.</b> Composição analisada em ácidos graxos dos óleos vegetais empregados nas dietas experimentais (% do total de ácidos graxos).....	83
<b>Tabela 2.</b> Resistência à quebra (Resist. óssea), densidade mineral óssea da epífise distal (ED), diáfise (DF) e epífise proximal (EP) das tíbias de poedeiras comerciais alimentadas com rações suplementadas com óleos vegetais fontes de ácidos graxos ômega 3 e ômega 6 .....	84
<b>Tabela 3.</b> Número de osteoclastos, espessura de osso compacto e área de osso esponjoso das tíbias de poedeiras comerciais alimentadas com rações suplementadas com óleos vegetais fontes de ácidos graxos ômega 3 e ômega 6.....	86
<b>Capítulo 5</b> .....	<b>92</b>
<b>Tabela 1.</b> Composição analisada em ácidos graxos dos óleos vegetais empregados nas dietas experimentais (% do total de ácidos graxos).....	99
<b>Tabela 2.</b> Médias obtidas para as análises de oxidação lipídica das gemas de ovos armazenados por 10 dias provenientes de poedeiras comerciais alimentadas com rações suplementadas com diferentes óleos vegetais . ....	99
<b>Tabela 3.</b> Valores médios obtidos com a avaliação sensorial e instrumental da cor das gemas de ovos de poedeiras submetidas a diferentes estratégias de alimentação .	102

## INDICE DE FIGURAS

	Página
<b>Capítulo 1</b> .....	<b>2</b>
<b>Figura 1.</b> Metabolismo Bioquímico dos ácidos graxos essenciais.....	4
<b>Capítulo 4</b> .....	<b>74</b>
<b>Figura 1.</b> Radiografia dos tibiotarsos de poedeiras comerciais, com 51 semanas de idade.....	81
<b>Figura 2.</b> Corte transversal da tíbia de poedeiras comerciais: osso esponjoso, osteoclastos e matriz óssea encontram-se indicados pelas setas.....	88
<b>Figura 3.</b> Corte transversal da tíbia de poedeiras comerciais, a seta indica a região formada por osso compacto.....	89

**Capítulo 1**

**CONSIDERAÇÕES INICIAIS**

## INTRODUÇÃO

A avicultura de postura tem evoluído muito nos últimos anos e, como segmento importante na produção de alimento de alto valor biológico, tem se adequado, cada vez mais, às técnicas que possibilitem melhoria da eficiência de produção das aves (RODRIGUES et al., 2005).

Na avicultura industrial, o manejo, a genética e a nutrição, bem como as interações existentes entre estes, são continuamente estudados. De certa forma, pode-se dizer que o melhoramento genético animal é o principal aspecto deste trinômio, direcionando a seleção das aves para melhores índices de produtividade. No entanto, o emprego de rações com níveis nutricionais inadequados, assim como o manejo inadequado, subestimam a capacidade produtiva das aves. É imprescindível considerar-se dois pontos primordiais na formulação de rações para aves: o consumo alimentar e a determinação das exigências nutricionais para cada fase de criação, permitindo, dessa forma, uma definição mais adequada na concentração dos nutrientes da dieta (SAKOMURA, 1996).

A ingestão de lipídeos pelos animais domésticos apresenta importância fundamental, não apenas para suprir suas necessidades energéticas, mas também para atender suas exigências em ácidos graxos essenciais, além de servir como veículo para o transporte de vitaminas lipossolúveis (BALEVI e COSKUN, 2000). Os ácidos graxos essenciais são necessários para o crescimento e desenvolvimento normal do animal, bem como para o desempenho de diversas de suas funções fisiológicas. Os monogástricos são incapazes de sintetizar os ácidos graxos linoléico ( $\omega$ -6) e linolênico ( $\omega$ -3), considerados essenciais; devendo, portanto, serem fornecidos via dieta (DOLZ, 1996).

Até a década de 50, as pesquisas estavam focadas, principalmente, no aumento da produtividade das aves e na manutenção da qualidade dos ovos, entretanto novos estudos foram surgindo, e as pesquisas passaram a voltar-se não só para esses aspectos, como também para as propriedades físicas dos componentes dos ovos, bem como para sua composição química e nutricional (SOUZA, 2007).

Atualmente, a indústria avícola vem estimulando o consumo de ovos por meio do enriquecimento com ácidos graxos poliinsaturados da série ômega-3 (AGP  $\omega$ -3), também conhecidos como ovos PUFA (Polyunsaturated Fatty Acids).

Nos últimos anos, vários estudos têm sido realizados visando à incorporação de AGP  $\omega$ -3 na gema dos ovos comerciais, através da suplementação de fontes ricas nestes ácidos graxos, como substratos marinhos e sementes oleaginosas, na ração das poedeiras. O interesse da população pelos teores dietéticos destas frações lipídicas é atribuído à prevenção de doenças cardiovasculares e de alguns tipos de câncer (CEDRO, 2008).

O enriquecimento dos ovos com ácidos graxos ômega-3, 6 e 9, bem como a redução do seu teor de colesterol, tem despertado grande interesse da indústria avícola, favorecendo o aparecimento no mercado brasileiro de algumas marcas comerciais que visam conquistar parcela da população preocupada em ingerir dietas mais saudáveis (SANTOS, 2005).

Entretanto, a literatura apresenta-se muito controversa quanto à incorporação de ácidos graxos poliinsaturados na dieta das poedeiras e seus efeitos sobre os teores de colesterol das gemas, às possíveis alterações na qualidade dos ovos e, ainda, quanto ao desempenho e metabolismo ósseo das aves.

## **REVISÃO DE LITERATURA**

### **Lipídeos**

Os lipídeos são substâncias não solúveis em água, representados pelos triacilgliceróis, fosfolipídeos, colesterol, entre outros. Os ácidos graxos, por sua vez, são os principais componentes da estrutura lipídica (TIRAPEGUI, 2000), sendo os produtos da hidrólise dos triglicerídeos e encontram-se presentes nas gorduras animal e vegetal em número par de carbonos, devido à biossíntese, a partir de 2 unidades de carbono (BERTECHINI, 2006).

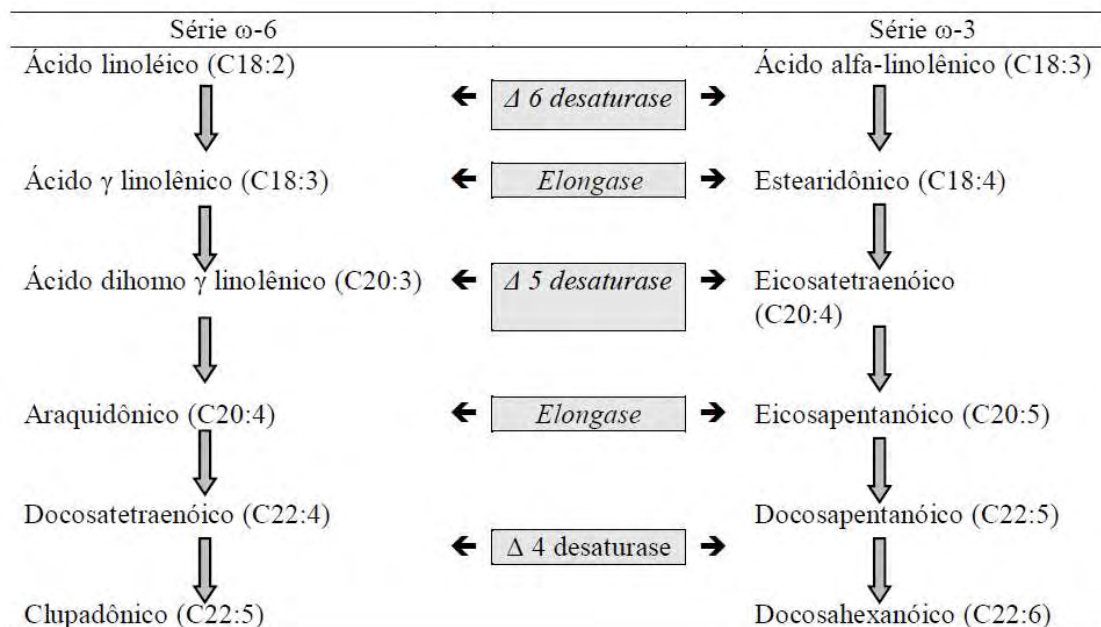
Segundo Butolo (2002), os ácidos graxos são classificados de acordo com o comprimento de sua cadeia em: ácidos graxos de cadeia curta (menos de 8 carbonos), ácidos graxos de cadeia média (de 8 a 11 carbonos), de cadeia intermediária (12 a 15 carbonos) e de cadeia longa (igual ou maior que 16 carbonos). Com base na presença ou não de duplas ligações, os ácidos graxos são definidos como saturados (aqueles que não possuem duplas ligações), monoinsaturados (aqueles que contêm uma dupla ligação) e os poliinsaturados (quando estão presentes duas ou mais duplas ligações).

Os ácidos graxos insaturados são caracterizados por possuírem 16 ou mais átomos de carbono, em sua estrutura química, e duas ou mais duplas ligações e se diferenciam em várias séries ou famílias, como Ômega 9 ( $\omega$ -9), Ômega 6 ( $\omega$ -6), Ômega 3 ( $\omega$ -3), entre outras. As duas famílias mais importantes são Ômega 6 (C18:2), derivado do ácido linoleico (LA), e o Ômega 3 (C18:3), derivado do ácido  $\alpha$ -linolênico (LNA). Os nomes das duas séries derivam da posição da primeira dupla ligação, a partir do grupo metila, no sexto ou no terceiro átomo de carbono, respectivamente (BRIZ, 1997).

### Ácidos Graxos essenciais

Os ácidos graxos essenciais são aqueles que não podem ser sintetizados pelo organismo dos animais, porém são essenciais à sua saúde; devendo, então, serem fornecidos via dieta e são representados pelos ácidos graxos das famílias Ômega 3 (ácido linolênico) e Ômega 6 (ácido linoleico) (BUTOLO, 2002).

A Figura 1 ilustra o metabolismo bioquímico dos ácidos graxos das famílias Ômega 3 e Ômega 6.



Fonte: Briz (1997)

Figura 1. Metabolismo bioquímico dos ácidos graxos essenciais.

Os ácidos graxos linoleico e linolênico são considerados progenitores de uma família inteira de outros ácidos graxos essenciais ômega 6 e ômega 3, respectivamente, e são essenciais para a função tecidual normal. Estes outros compostos são ácidos graxos de cadeia mais longa e contêm mais carbonos e mais duplas ligações que seus “progenitores” e são conhecidos como ácidos graxos poliinsaturados ômega 6 e ômega 3 de cadeia longa (PUFA – sigla em inglês utilizada para designar o termo Polyunsaturated Fatty Acid). A dupla ligação na estrutura desses ácidos graxos os torna biologicamente ativos, o que quer dizer que são utilizados no organismo em funções muito importantes e não somente como fonte energética para as células (BUTOLO, 2002).

O ácido linoleico ( $\omega 6$ ) atua sobre a fluidez e sobre os receptores das membranas celulares dos animais e, também, sobre suas funções enzimáticas. Uma vez que o ácido linoleico se converte em um PUFA de cadeia mais longa, o ácido araquidônico, o animal pode convertê-lo em outros ácidos graxos importantes de cadeia longa que atuam como mediadores biológicos (BUTOLO, 2002).

Segundo Bertechini (2006), os ácidos graxos linoleico e araquidônico são considerados essenciais ao organismo animal, porém, no fígado, ocorre síntese do ácido araquidônico, a partir do linoleico, na presença da vitamina B6. Dessa forma, considera-se que somente o ácido linoleico (C18:2) é dieteticamente essencial. As plantas sintetizam tanto o ácido linoleico como o linolênico diferentemente das células animais.

O ácido linolênico (18:3, n-3) pertence à família ômega 3 ou n-3 dos ácidos graxos poliinsaturados e pode originar uma família inteira de componentes de ácidos graxos ômega 3, e, entre eles, destaca-se o ácido eicosapentaenoico (20:5), mais comumente denominado de EPA (BUTOLO, 2002).

### **Ovos enriquecidos com ácidos graxos poliinsaturados**

Por muito tempo, o consumo de ovos apresentou-se limitado devido ao mito que relacionava o consumo destes com o aumento dos níveis plasmáticos do colesterol. Entretanto, pesquisas recentes desmistificaram essa idéia e revelaram que a ingestão da gordura saturada combinada à predisposição genética, e não propriamente o colesterol ingerido, são os responsáveis pela elevação das taxas do colesterol sanguíneo, fator que predispõe ao desenvolvimento de doenças cardiovasculares.

Graças ao avanço dos meios de comunicação e ao maior esclarecimento sobre a prevenção e cura de doenças, a população tem mudado, gradativamente, seu comportamento, buscando por alimentos e hábitos mais saudáveis, uma vez que toma conhecimento dos riscos gerados por uma alimentação inadequada e passa a buscar alimentos mais saudáveis, ou ainda, que promovam a profilaxia contra determinadas doenças, tais como a hipercolesterolemia e o diabetes (PITA, 2007).

Partindo-se desta premissa, cada vez mais estão presentes, no mercado, alimentos que incluem em sua composição determinadas substâncias, às quais se atribui a capacidade de produzir benefícios para a saúde, incluindo a prevenção e o tratamento de determinadas enfermidades. Estes alimentos são denominados alimentos nutracêuticos (PITA, 2007).

Entre os produtos nutracêuticos presentes no mercado, estão os ovos com altos teores de ácidos graxos poliinsaturados da família Ômega-3 (PUFAS Ômega 3) (BRIZ, 1997). De acordo com pesquisas, os PUFAS, entre outros benefícios, são responsáveis pela redução dos níveis de triacilglicerol e do colesterol LDL no sangue, ao mesmo tempo em que auxiliam na redução da pressão sanguínea, fatores que predispõem a doenças cardiovasculares.

De acordo com Briz (1997), o aumento da ingestão de PUFAs pode reduzir as taxas de colesterol no plasma, as quais se elevam, principalmente, pela ingestão excessiva de ácidos graxos saturados, de 12 a 16 átomos de carbono.

O papel fisiológico dos PUFAS é muito importante e variado: a série  $\omega$ -6 é mais encontrada nos triglicérides de reserva. O ácido linoleico (LA) e o ácido araquidônico (AA) possuem papel importante na integridade da hipófise e no transporte das vitaminas lipossolúveis; o AA é abundante no tecido nervoso. Os ácidos graxos da série  $\omega$ -3 predominam nos fosfolípidos das membranas celulares e deles dependem sua permeabilidade e flexibilidade (LINKO e HAYAKAWA, 1996). É importante ressaltar que as duas séries modulam o metabolismo e o transporte do colesterol, formando parte das lipoproteínas a ele associadas.

Visando a esse aspecto, a possibilidade de se reduzir os ácidos graxos saturados da gema dos ovos e elevar os insaturados, por meio da manipulação dietética das aves, tem sido uma opção para melhorar a qualidade nutricional dos ovos, tornando-os mais

saudáveis e melhorando, ainda, a aceitabilidade por parte dos consumidores (AVEWORLD, 2007).

A maior concentração de lipídeos nos ovos encontra-se na gema e, dentre seus componentes, podem-se citar as lipoproteínas, fosfolipídeos, triacilgliceróis e colesterol. A composição em colesterol e ácidos graxos da fração lipídica da gema apresenta: 8,7 g de ácidos graxos saturados, 13,2 g de ácidos graxos monoinsaturados, 3,4 g de ácidos graxos poliinsaturados e 1.120 mg de colesterol, por 100 g de gema fresca (HOLLAND et al., 1997).

Segundo a USDA (2009), com relação ao total de ácidos graxos, as gemas são compostas por 16% de ácidos graxos poliinsaturados, 37% de ácidos graxos saturados e 47% de ácidos graxos monoinsaturados.

Alguns pesquisadores (BAUCELLS et al., 2000; GROBAS et al., 2001; GÓMEZ, 2003; MAZALLI et al., 2004) têm demonstrado a possibilidade de modificar o perfil de ácidos graxos da fração lipídica dos ovos, através da redução da concentração de alguns ácidos (ácidos graxos trans e ácido láurico) em benefício de outros, como é o caso do ácido eicosapentaenoico (EPA, C20:5n-3) e do ácido docosahexaenoico (DHA, C22:6n-3), denominados ácidos graxos de cadeia longa, por possuírem mais de 18 carbonos em sua estrutura química. Entretanto, vale ressaltar que a modificação do perfil de ácidos graxos deve ser acompanhada, também, da manutenção de adequada relação entre os ácidos graxos das famílias  $\omega$ -6 e  $\omega$ -3.

Estima-se que uma dieta equilibrada, em termos de aporte de PUFA  $\omega$ mega-6 e  $\omega$ mega-3, deve provê-los em uma relação de massa de 5:1 a 10:1 ( $\omega$ mega-6 :  $\omega$ mega-3). Relações de maior magnitude podem implicar em uma séria deficiência de PUFA  $\omega$ mega-3 (nutricionalmente os mais escassos), podendo gerar consequências negativas para a saúde e desenvolvimento dos indivíduos, especialmente dos mais jovens, considerados como grupo mais vulnerável (KALEBO et al., 1989).

Uma alternativa para suplementar PUFA  $\omega$ mega-3 na alimentação é através do consumo direto de produtos que contenham EPA e/ou DHA, já na forma de concentrados (cápsulas), emulsões de óleos marinhos devidamente desodorizados, ou de preparados que contenham estes ácidos graxos (margarinas, leites, derivados lácteos, entre outros). Contudo, todos constituem-se em alternativas de maior custo, e algumas nem sempre são aceitas pela maioria da população. Além disto, muitos destes produtos

apresentam problemas sensoriais e de estabilidade, já que os PUFA são muito susceptíveis a desenvolver processos de rancidez oxidativa, o que obriga a incorporação de antioxidantes, em sua formulação, para evitar sua rápida deterioração. Existem no mercado, sobretudo em países desenvolvidos do Oriente, muitos produtos que possuem suplementação com PUFA ômega-3. Para os países de menor desenvolvimento esta via é ainda de muito baixo impacto, devido à escassa disponibilidade e ao alto custo. Uma alternativa interessante e com futuro muito favorável é utilizar-se da cadeia alimentar natural, através da manipulação nutricional dos animais, como veículos para prover enriquecimento com PUFAs ômega-3 (BORN, 1998).

Nos últimos anos, vários estudos têm sido realizados visando à incorporação de ácidos graxos poliinsaturados da família ômega 3 na gema dos ovos, facilmente alcançada por meio da alimentação das poedeiras, com dietas contendo sementes oleaginosas como linhaça e canola ou seus óleos (CHERIAN e SIM, 1991; CASTON et al., 1994; AYMOND e VAN ELSWYK, 1995; QI e SIM, 1998; MORI, 2001), óleos de peixe (HARGIS et al., 1991; VAN ELSWYK, 1997; BAUCCELLS et al., 2000) e algas marinhas (HERBER-MCNEILL e VAN ELSWYK, 1996; HERBER-MCNEILL e VAN ELSWYK, 1998). Portanto, os ovos enriquecidos podem fornecer uma fonte alimentícia alternativa para aumentar o consumo destes ácidos graxos essenciais (VAN ELSWYK, 1997).

A fonte mais conhecida de ômega 3 ( $\omega$ -3) utilizada na dieta de poedeiras é a linhaça (semente de linho), sendo a *Linum usitatissimum* a espécie de Linho mais rica em ômega 3, que pode ser utilizada inteira ou moída, em proporções variando de 5 a 30% da dieta. De acordo com Cherian e Sim (1991), Aymond e Van Elswyk (1995) e Mori (2001), a semente de linhaça tem sido amplamente utilizada com intuito de modificar a composição lipídica da gema dos ovos. Segundo os mesmo autores, elevados teores de ácidos graxos  $\omega$ -3 foram evidenciados nas gemas dos ovos provenientes de poedeiras alimentadas com dietas contendo entre 7% e 35% desta semente.

A inclusão de 7% de óleo de linhaça a uma dieta comercial controle promove aumento nos ácidos graxos  $\omega$ -3 de 1,2 a 7,8% na gema de ovo, o que implica em aumento de 30 vezes no teor do ácido linolênico (LEWIS et al., 2000).

Óleos de peixes, como sardinha, menhaden, anchova e atum, também contêm altos teores de  $\omega$ -3, porém a adição destes nas rações é pouco viável, pois, além de onerosos, são mais susceptíveis à oxidação e acabam resultando em ovos com sabor desagradável, devido aos maiores teores de antioxidantes que devem ser empregados na ração (CHERIAN et al., 1996).

Dentre as fontes vegetais de  $\omega$ -3 conhecidas, destaca-se também a canola. O termo canola tem sido empregado para designar a semente de colza, geneticamente selecionada para produzir óleos com menos de 2% de ácido erúico e farelos com baixos teores de glucosinolatos. O óleo de colza original contém 25-50% de ácido erúico e a semente 80  $\mu$ mol/g de glucosinolatos, compostos que podem afetar o desempenho produtivo das aves. Com relação à composição em ácidos graxos, o óleo de canola caracteriza-se por apresentar mais de 90% de ácidos graxos insaturados e conteúdo moderadamente alto em fosfolipídeos, ácido linoleico e linolênico, 60% de ácidos graxos monoinsaturados e, ainda, menos de 7% de ácidos graxos saturados (ABRAHAM e DE MAN, 1988; WHITE, 1992; MURAKAMI, 1995).

O óleo de soja é a fonte de lipídeos de origem vegetal de maior disponibilidade no mercado. Como consequência de sua estrutura química, insaturação e conteúdo em triglicerídios, apresenta-se como a melhor fonte lipídica para animais jovens, como pintos na fase inicial e leitões desmamados precocemente (HUI, 1996).

De acordo com Penz Jr. (1991), o óleo de soja é utilizado cru, apresentando composição bastante rica em colina, fosfolipídeos, antioxidantes e vitaminas. Outro ponto de interesse é o seu alto conteúdo em ácido linoleico, tornando-o especialmente aconselhável em rações, para poedeiras, à base de cereais brancos, por seu efeito positivo sobre o tamanho dos ovos. Mandarino (1992) constatou que o óleo de soja apresenta de 49% a 59% de ácido linoleico e de 2% a 8,5% de ácido linolênico. Dessa forma, quando comparado à gordura de coco e aos óleos de girassol, milho, oliva e palma, também analisados pelo mesmo pesquisador, o óleo de soja apresenta composição em ácidos graxos poliinsaturados mais favorável à produção de ovos enriquecidos.

Segundo alguns pesquisadores, outro fator que pode ser afetado pela nutrição das aves é a deposição de colesterol na gema do ovo (HARGIS et al., 1991). A inclusão de ingredientes selecionados nas rações, como óleos vegetais ricos em ácidos graxos

insaturados, visa à modificação do padrão lipídico e à redução do nível de colesterol do ovo. Os resultados apresentados na literatura com relação aos possíveis efeitos da dieta sobre as concentrações de colesterol no ovo e no plasma são contraditórios (MURATA et al., 2003). Segundo Holland et al. (1980) e Mori (2001), a adição de óleos ricos em ácidos graxos poliinsaturados na dieta diminui a concentração de colesterol no plasma das aves e no ovo. Entretanto, diversas pesquisas afirmam que não é possível reduzir o conteúdo de colesterol da gema dos ovos, pois as aves conseguem manter estes níveis como sendo essenciais em sua composição (BERTECHINI, 2003).

Nas aves poedeiras, o ovário é o órgão responsável pela formação da gema do ovo. Os principais precursores da gema são a vitelogenina e as lipoproteínas de baixa densidade (VLDL) e ricas em triacilgliceróis, sendo estas sintetizadas no fígado e transportadas por meio do plasma para o ovário (GRIFFIN, 1992). As lipoproteínas são estruturas organizadas responsáveis pelo transporte de lipídeos no sangue, cuja solubilização depende do arranjo molecular destas lipoproteínas, ou seja, triacilgliceróis e colesterol esterificado ficam na porção central das lipoproteínas e são envolvidos por fosfolipídeos e pelo colesterol livre (WALZEN, 1996). Na gema, 95% do colesterol estão associados à VLDL, e o restante está ligado à lipovitelina que é um complexo lipídio-proteína formado da hidrólise da vitelogenina (NOBLE et al., 1990). Nas aves, os receptores da membrana plasmática dos oócitos possuem alta afinidade para as VLDL, que são incorporadas de forma intacta, e desta forma, o nível de colesterol na gema depende do conteúdo de colesterol das partículas de VLDL da gema e não da concentração de colesterol no plasma sanguíneo das aves (GRIFFIN, 1992). A entrada de VLDL na gema é regulada pela taxa de receptores nas membranas e não é limitada pela concentração de VLDL do plasma (PERRY et al., 1985).

O metabolismo das lipoproteínas de alta densidade (HDL), que transportam os lipídeos do tecido periférico ao fígado para sua reutilização ou excreção, é modificado durante a produção de ovos. A concentração de HDL no plasma de galinhas em produção é reduzida em até 3 vezes em relação àquelas que não estão em produção. Segundo Walzen (1996), quando as aves estão em produção, ocorre redução na concentração de fosfolipídeos e colesterol não esterificado para serem incorporados na HDL, devido, principalmente, ao mecanismo favorecido pela VLDL que transporta os lipídeos para o metabolismo periférico.

O total de colesterol nos ovos possui correlação positiva com a linhagem e idade das aves, peso do ovo e peso da gema e, correlação negativa com o percentual de produção e níveis proteicos da dieta (BEYER e JENSEN, 1989; STALDELMAN e PRATT, 1989). Somadas a essas, muitas diferenças são também encontradas, na literatura, quanto aos teores de colesterol dos ovos, devido à grande variedade de métodos analíticos empregados para tal determinação. O método colorimétrico, muito utilizado para determinação de colesterol em alimentos, superestima o teor de colesterol, devido, principalmente, à presença de fitoesteróis, de triacilgliceróis ou ácidos graxos livres, que interferem na formação da cor (BEYER e JENSEN, 1989; JIANG et al., 1991; NOGUEIRA e BRAGAGNOLO, 2002). Entretanto, de acordo com Bragagnolo e Rodriguez-Amaya (2001), dependendo do método colorimétrico, podem-se obter resultados comparáveis aos métodos cromatográficos.

De acordo com Mourthé e Martins (2002), a não existência de padrão para expressar seus valores, resulta em falta de precisão quanto à determinação do teor de colesterol dos ovos. O conteúdo de colesterol em muitos alimentos, incluindo ovos frescos, é controverso; pois, dependendo da técnica analítica utilizada para determinação, diferentes resultados são obtidos, comprovando a inexistência de um padrão para expressá-lo corretamente.

Segundo Nardone e Valfré (1999), a nutrição das poedeiras influencia também as características sensoriais e a composição química dos ovos, e, vários autores observaram efeitos das dietas sobre os níveis de vitaminas (SURAI e SPARKS, 2001), lipídeos (HALL e MCKAY, 1993), cinzas (COBOS et al., 1995) e minerais (MANSON et al., 1993) dos ovos.

### **Avaliação sensorial em ovos**

O painel sensorial é ferramenta utilizada para avaliar a aceitação de produtos no mercado, pesquisando os gostos e preferências de consumidores, por meio de metodologia científica referendada internacionalmente; sendo apresentada como ferramenta moderna, utilizada para o desenvolvimento de novos produtos, reformulação de produtos já estabelecidos, estudo de vida de prateleira (shelf life), determinação das diferenças e similaridades entre produtos concorrentes e, finalmente, para otimização e

melhoria da qualidade de produtos existentes no mercado. Tal avaliação é realizada por meio do paladar, olfato, visão e tato (SANTANGELO, 2006).

A realização de análises sensoriais em ovos, oriundos de poedeiras alimentadas com dietas contendo ingredientes ricos em ácidos graxos poliinsaturados (PUFas) n-3, tem sugerido que o principal odor e sabor descritos é o de peixe, mesmo que as rações não contenham óleo ou farinha de peixe em suas composições (JIANG et al., 1991).

Murata (1998) não observou diferenças quanto ao sabor, aroma e às texturas da gema e albúmen em ovos de poedeiras alimentadas com rações contendo 3% dos óleos de soja, canola e peixe.

Entretanto, de acordo com Suzaki (2008), uma dieta composta por canola possui quantidades significativas de sinapina, substância que parece influenciar as poedeiras marrons, à medida que propicia odor de peixe nos ovos, e isto se deve à baixa ou nenhuma produção de trimetilamina oxidase, uma das enzimas envolvidas na degradação da trimetilamina (TMA), que é o composto responsável pela produção de tal odor. Assim, quando o teor de TMA na gema supera 1mg/g, observa-se odor desagradável de peixe em ovos.

De acordo com Scheideler (1997) e Van Elswyk (1997), a inclusão de 5 e 10% de semente de linhaça na dieta de poedeiras comerciais leva à produção de ovos com sabor desagradável.

### **Oxidação dos lipídeos**

Testes como índice de peróxidos, ácidos graxos livres, anisidina, Kreis, ácido 2-tiobarbitúrico (TBA), valor Totox (valor total de oxidação) e compostos voláteis são utilizados também no controle de qualidade de óleos, gorduras e produtos que os contenham, por fornecerem informações valiosas e essenciais a respeito de seu estado oxidativo e na predição da rancidez do alimento analisado. A rancidez, ou oxidação dos lipídeos, é a deterioração mais importante que ocorre nesses produtos, definindo sua vida útil, à medida que gera produtos indesejáveis do ponto de vista sensorial e, quando presente nos alimentos, leva à desnaturação de vitaminas lipossolúveis e ácidos graxos essenciais (OSAWA et al., 2005).

Apesar de suas limitações, o método mais usual na avaliação da oxidação dos lipídeos de alimentos ricos em ácidos graxos é o teste de TBA, devido à sua

simplicidade e rapidez. Este tipo de teste quantifica o malonaldeído (MDA), um dos principais produtos da decomposição dos hidroperóxidos de ácidos graxos poliinsaturados, formado durante o processo oxidativo. O MDA é um dialdeído de três carbonos, com grupos carbonilas nos carbonos C-1 e C-310 (OSAWA et al., 2005).

### **Ácidos graxos $\omega$ -3 e $\omega$ -6 e qualidade óssea**

O tecido ósseo é um tecido dinâmico e multifuncional, que consiste em uma matriz mineralizada e células vivas, incluindo condrócitos, osteoblastos, osteócitos, osteoclastos, células endoteliais, monócitos, macrófagos, linfócitos e células hematopoiéticas. Os osteoblastos são células formadoras do tecido ósseo, que se originam, localmente, a partir de células tronco mesenquimais, (BERNARDINO, 2009) e são as células responsáveis por sintetizar e secretar matriz orgânica contendo colágeno do tipo I, como também sintetizar várias proteínas. Além disso, os osteoblastos ainda são responsáveis pela produção de inúmeros fatores regulatórios, como as prostaglandinas, citocinas e fatores de crescimento que estimulam tanto a formação como a reabsorção óssea (LIU, 2000).

Os osteoclastos são células responsáveis pela desmineralização óssea e digestão da matriz do osso. Durante o processo de crescimento ósseo, essas células são necessárias para a reabsorção da cartilagem calcificada e, também, para a modelação óssea (GAY et al., 2000).

Sabe-se que muitos nutrientes presentes na dieta avícola influenciam diretamente o crescimento e a manutenção óssea, destacando-se, principalmente, o cálcio, o fósforo e a vitamina D3. Entretanto, atualmente, pesquisas têm revelado efeitos benéficos da ingestão de ácidos graxos sobre o metabolismo ósseo das aves, visto que o metabolismo dos lipídeos presentes na dieta possui influência direta sobre os fosfolipídeos presentes no tecido ósseo (MAZZUCO, 2006).

A função primária dos lipídeos, como nutriente, é o armazenamento e a produção de energia, entretanto eles também se apresentam como fontes de ácidos graxos essenciais, além de participarem da regulação do metabolismo animal, fazendo parte da estrutura de prostaglandinas e hormônios esteróides (BERNARDINO, 2009).

O consumo excessivo de ácidos graxos poliinsaturados ômega 6 ( $\omega$ 6) pode influenciar negativamente no metabolismo ósseo das aves, estimulando a reabsorção

óssea em função da elevada produção endógena de prostaglandinas, entretanto os ácidos graxos da família ômega 3 ( $\omega 3$ ) podem exercer ação oposta, contribuindo para minimizar o processo de reabsorção óssea. Dessa forma, o decréscimo na proporção ômega-6/ômega-3 da dieta poderia vir a atenuar o desenvolvimento de doenças metabólicas ósseas, pelo decréscimo no acúmulo de ácido araquidônico (família Ômega-6, responsável pela formação das prostaglandinas). Os ácidos graxos ômega-3 exercem função de proteção no esqueleto, indicadas pelos níveis elevados de marcadores da deposição óssea, promovendo maior atividade dos osteoblastos. Alguns resultados de pesquisas indicam que o decréscimo na proporção de ácidos graxos poliinsaturados  $\omega 6/\omega 3$  pode vir a proteger o organismo contra a perda da massa óssea (MAZZUCO, 2006).

Os lipídeos possuem, ainda, papel importante na produção e regulação dos eicosanóides – substâncias envolvidas na regulação local do crescimento e desenvolvimento do osso. Tais substâncias são derivadas do ácido linoleico ( $\omega 6$ ) e do ácido araquidônico (AA) e serão precursores da prostaglandina E2 (PGE2), enquanto que o ácido linolênico ( $\omega 3$ ) inibe a enzima desaturase, cuja função é diminuir a produção do ácido araquidônico (HIRAYAMA et al., 2006), o que implica na diminuição da PGE2. Dessa forma, pode-se supor que alta ingestão de alimentos ricos em ácido linoleico somada à baixa ingestão de ácido linolênico podem acarretar distúrbios na produção de eicosanóides.

Entre os óleos vegetais utilizados na alimentação animal, o de linhaça se caracteriza pela alta concentração de ácido linolênico, um AGPI da série ômega 3 (KRATZER e VOHRA, 1996), que compete com o ácido linoléico pelas enzimas hepáticas envolvidas nos processos de insaturação e alongamento da cadeia dos ácidos graxos, reduzindo a produção de ácido araquidônico e a síntese de PGE2. Dessa forma, a ingestão de maiores concentrações de óleos ricos em ácidos graxos da série ômega 3, pode reduzir a incorporação de ácido araquidônico nas membranas e diminuir a capacidade de síntese de eicosanóides provenientes desse ácidos graxo (CALDER, 1998; MURAKAMI et al., 2009).

De acordo com Watkins et al. (1996), produção aumentada de PGE2 nas tíbias e baixa taxa de formação óssea foram observadas em pintainhos que receberam dieta

suplementada com óleo de soja (rico em  $\omega 6$ ); entretanto o mesmo não foi observado em pintainhos que foram alimentados com uma relação dietética baixa de  $\omega 6/\omega 3$ .

Segundo Mazzuco (2006), dietas com baixa proporção de  $\omega 6:\omega 3$  exercem efeitos benéficos sobre os ossos, entre eles, aumento na absorção do cálcio intestinal, redução do “turnover” ósseo, maior deposição de cálcio nos ossos, incremento ao transporte de cálcio no duodeno, elevada síntese de colágeno ósseo, aumento da IGF-1 (Fator de crescimento da insulina) circulante e decréscimo na produção de prostaglandina atuante no osso.

A rigidez do tecido ósseo é resultante da deposição de cálcio e fósforo, na forma de hidroxiapatita, durante o processo de mineralização óssea. Esses dois minerais perfazem cerca de 70% da composição óssea; os 30% restantes são compostos de matéria orgânica, principalmente colágeno (KÄLEBO e STRID, 1989; FIELD, 1999; BRUNO, 2002).

A hidroxiapatita e o alumínio possuem densidades muito semelhantes. Desta forma, muitos autores realizaram estudos com o objetivo de relacionar o grau de mineralização óssea e a densidade do alumínio e concluíram que é possível comparar, através de estudo radiológico, a quantidade de cálcio e fósforo depositados nos ossos com a quantidade de alumínio encontrada em uma escala pré-definida, através da análise de densitometria óptica em imagens radiográficas (ALMEIDA PAZ, 2006).

Diante do exposto, observa-se que existe um esforço considerável para se promover o enriquecimento de produtos animais utilizando-se fontes destes ácidos graxos, em particular por parte das indústrias de aves e ovos, que tem sido bastante responsável pela procura de novas tecnologias para enriquecimento de produtos, conservando sempre seu valor alimentício tradicional (SIM, 1998).

Assim, a realização de estudos que envolvam o emprego de fontes ricas em ácidos graxos poliinsaturados, entre eles os  $\omega$ -3 e  $\omega$ -6, na dieta de poedeiras, pode contribuir para a melhoria da qualidade e dos custos dos ovos enriquecidos. E foram estes, entre outros aspectos, que nos levaram à realização desta pesquisa, cujo tema foi tratado em quatro capítulos da presente tese.

O Capítulo 2, denominado **DESEMPENHO PRODUTIVO E QUALIDADE DOS OVOS DE POEDEIRAS LEVES ALIMENTADAS COM RAÇÕES SUPLEMENTADAS COM ÓLEOS VEGETAIS** apresenta-se de acordo com as

normas para publicação na **Revista Brasileira de Ciência Avícola / Brazilian Journal of Poultry Science** e teve, por objetivo específico, avaliar o efeito da inclusão de fontes lipídicas vegetais na dieta de poedeiras comerciais leves sobre o desempenho e qualidade dos ovos.

O Capítulo 3, intitulado **PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS, NÍVEIS DE COLESTEROL E COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DOS OVOS DE POEDEIRAS COMERCIAIS ALIMENTADAS COM RAÇÕES CONTENDO ÓLEOS VEGETAIS**, também se apresenta de acordo com as normas para publicação na **Revista Brasileira de Ciência Avícola / Brazilian Journal of Poultry Science** e teve, como objetivo, avaliar os ovos de poedeiras comerciais brancas alimentadas com rações suplementadas com óleos vegetais fontes de ácidos graxos ômega 3 e ômega 6, quanto à composição de ácidos graxos, níveis de colesterol e composição centesimal das gemas.

O Capítulo 4, intitulado **QUALIDADE ÓSSEA DE POEDEIRAS COMERCIAIS BRANCAS ALIMENTADAS COM RAÇÕES SUPLEMENTADAS COM ÓLEOS VEGETAIS FONTES DE ÁCIDOS GRAXOS ÔMEGA 3 E ÔMEGA 6**, encontra-se de acordo com as normas para publicação na **Revista Brasileira de Ciência Avícola / Brazilian Journal of Poultry Science** e teve, como objetivo, avaliar a qualidade óssea de poedeiras comerciais brancas alimentadas com rações suplementadas com óleos vegetais fontes de ácidos graxos ômega 3 e ômega 6.

O Capítulo 5, intitulado **ANÁLISE SENSORIAL E OXIDAÇÃO LIPÍDICA DAS GEMAS EM OVOS DE POEDEIRAS COMERCIAIS ALIMENTADAS COM RAÇÕES SUPLEMENTADAS COM ÓLEOS VEGETAIS**, se apresenta de acordo com as normas para publicação na **Revista Brasileira de Ciência Avícola / Brazilian Journal of Poultry Science** e teve, por objetivo, avaliar os ovos provenientes de poedeiras comerciais brancas alimentadas com rações suplementadas com óleos vegetais, ricos em ácidos graxos poliinsaturados, quanto às suas características sensoriais e ao grau de oxidação lipídica das gemas, quando armazenados sob temperatura ambiente.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ABRAHAM, V.; DE MAN, J. M. Removal of sulfur compounds from canola oil. **Journal of the American Oil Chemist Society**, Champaign, v. 65, p. 392, 1988.

ALMEIDA PAZ, I. C. L. **Avaliação da densidade mineral óssea em matrizes pesadas por meio da técnica de densitometria óptica em imagens radiográficas.**

2006. 99 f. Tese (Doutorado Zootecnia)-Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006.

AYMOND, W. M.; VAN ELSWYK, M. E. Yolk thiobarbituric acid reactive substances and n-3 fatty acids in response to whole and ground flaxseed. **Poultry Science**, Champaign, v. 74, p. 1540-547, 1995.

BALEVI, T.; COSKUN, B. Effects of some dietary oils on performance and fatty acid composition of eggs in layers. **Revue Médecine Vétérinaire**, Toulouse, v. 151, p. 847-854, 2000.

BAUCELLS, M. D. et al. Incorporation of different polyunsaturated fatty acids into eggs. **Poultry Science**, Champaign, v. 79, p. 51-59, 2000.

BERNARDINO, V. M. P. Influência dos lipídeos da dieta sobre o desenvolvimento ósseo de frangos de corte. **Revista Eletrônica Nutritime**, Viçosa, v. 6, n. 3, p. 960-966, 2009.

BERTECHINI, A. G. Mitos e verdades sobre o ovo de consumo. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 21., 2003, Campinas. **Anais...** Campinas: APINCO, 2003. p. 19.

BERTECHINI, A. G. **Nutrição de monogástricos.** Lavras: Editora UFLA, 2006. 301 p.

BEYER, R. S.; JENSEN, L. S. Overestimation of the cholesterol content of eggs. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Washington, v. 37, p. 917-920, 1989.

BORN, F. W-3 products: from research to retail. **World Review Nutrition Diet**, Washington, v. 83, p. 166-175, 1998.

BRAGAGNOLO, N.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Total lipid, cholesterol, and fatty acids of farmed freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) and Wild Marine Shrimp (*Penaeus brasiliensis*, *Penaeus schimitti*, *Xiphopenaeus kroyeri*). **Journal Food Composition and Analysis**, Elsevier, v. 14, p. 359-369, 2001.

BRIZ, R. C. Ovos com teores mais elevados de ácidos graxos Omega 3. In: SIMPÓSIO TÉCNICO DE PRODUÇÃO DE OVOS, 7., 1997, São Paulo. **Anais...** São Paulo: APA, 1997. p. 153- 193.

BRUNO, L. D. G. **Desenvolvimento ósseo em frangos: influência da restrição alimentar e da temperatura ambiente.** 2002. 77 p. Tese (Doutorado em Zootecnia)-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2002.

BUTOLO, J. E. **Qualidade de ingredientes na alimentação animal**. Botucatu: UNESP, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, 2002. 430 p.

CALDER, P. C. Immunoregulatory and anti-inflammatory effects of n-3 polyunsaturated fatty acids. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, Ribeirão Preto, v. 31, p. 467-490, 1998.

CASTON, L. J.; SQUIRES, E. J.; LEESON, S. Hen performance, egg quality, and the sensory evaluation of eggs from SCWL hens fed dietary flax. **Canadian Journal Animal Science**, Ottawa, v. 74, p. 347-353, 1994.

CEDRO, T. M. M. **Teor de ácidos graxos e qualidade de ovos comerciais convencionais e modificados com ômega-3**. 2008. 87 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)-Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

CHERIAN, G.; SIM, J. S. Effect of feeding full fat flax and canola seeds to laying hens on the fatty embryos, and newly hatched chicks. **Poultry Science**, Savoy, v. 70, p. 917-922, 1991.

CHERIAN, G.; WOLFE, F. H.; SIM, J. S. Dietary oils added tocopherols: Effects on egg or tissue tocopherols, fatty acids, and oxidative stability. **Poultry Science**, Champaign, v. 75, p. 423-431, 1996.

COBOS A. et al. Dietary modification and hen strain dependence of egg yolk lipids. **Food Research International**, Toronto, v. 28, p. 71-76, 1995.

DOLZ, S. Utilización de grasas y subproductos lipídicos en monogástricos. **Anais...Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal – FEDNA**, Madrid:Ediciones Peninsular, p.25-38.1996.

FIELD, R. A. Ash and calcium as measures of bone in meat and bone moistures. **Meat Science**, Wallingford, v. 55, p. 255-264, 1999.

GAY, C. V.; GILMAN, V. R.; SUGIYAMA, T. Perspectives on osteoblast and osteoclast function. **Poultry Science**, Champaign, v. 79, p. 1005-1008, 2000.

GÓMEZ, M. E. D. B. **Modulação da composição de ácidos graxos poliinsaturados ômega 3 de ovos e tecidos de galinhas poedeiras, através da dieta: I estabilidade oxidativa**. 2003. 149 f. Tese (Doutorado em Bromatologia)-Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

GRIFFIN, H. D. Manipulation of egg yolk cholesterol: a physiologist's view. **World's Poultry Science Journal**, Palmerston North, v. 48, p. 101-112, 1992.

GROBAS, S. et al. Influence of source and percentage of fat added to diet on performance and fatty acid composition of egg yolk of two strains of laying hens. **Poultry Science**, Champaign, v. 80, p. 1171-1179, 2001.

- HALL, L. M.; MCKAY, J. C. The relationship between yolk cholesterol and total lipid concentration throughout the first year of egg production in the domestic fowl. **Poultry Science**, Champaign, v. 34, p. 487-495, 1993.
- HARGIS, P. S.; VAN ELSWYK, M. E.; HARGIS, B. M. Dietary modification of yolk lipid with savelha oil. **Poultry Science**, Champaign, v. 70, p. 874-883, 1991.
- HERBER, S. M.; VAN ELSWYK, M. E. Dietary marine algae promotes efficient deposition of n-3 fatty acids for the production of enriched shell eggs. **Poultry Science**, Champaign, v. 75, p. 1501-1507, 1996.
- HERBER-MCNEILL, S. M.; VAN ELSWYK, M. E. Dietary marine algae maintains egg consumer acceptability while enhancing yolk color. **Poultry Science**, Champaign, v. 77, p. 493-496, 1998.
- HIRAYAMA, K. B. et al. Ácidos graxos polinsaturados de cadeia longa. **The Electronic Journal of Pediatric Gastroenterology, Nutrition and Liver Diases**, Sweden, v. 10, n. 3, Sept. 2006. Disponível em: <<http://e-gastroped.com.br/sep06/acidosgraxos.htm>>. Acesso em: 25 nov. 2009.
- HOLLAND, B. et al. **The composition of foods**. 5th ed. Cambridge: Redwood Books, 1997. 462 p.
- HOLLAND, K. G.; GRUNDER, A. A.; WILLIAMS, C. L. Response to five generations of selection for blood cholesterol levels in White Leghorns. **Poultry Science**, Champaign, v. 59, p. 1316-1326, 1980.
- HUI, Y. H. **Bailey's industrial oil and fat products**. New York: John Wiley, 1996. v. 1, p. 19-43.
- JIANG, Z.; FENTON, M.; SIM, J. S. Comparison of four different methods for egg cholesterol determination. **Poultry Science**, Champaign, v. 70, p. 1015-1019, 1991.
- KÄLEBO, P.; STRID, K. G. Bone mass determination from microradiographs by KOLETZKA, B.; SCHIMIDT, E.; BREMER, H. J. Effects of dietary long-chain polyunsaturated fatty acids on the essential fatty acid status of premature infants. **European Journal of Pediatrics**, Heidelberg, v. 148, p. 669-675, 1989.
- KRATZER, F. H.; VOHRA, P. **The use of flaxseed as a poultry feedstuff**. Berkeley: University of California, 1996. (Poultry fact sheet, n. 21). Disponível em: <<http://animalscience.ucdavis.edu/avian/pfs21.htm>>. Acesso em: 1 dez. 2009.
- LEWIS, N. M.; SEBURG, S.; FLANAGAN, N. L. Enriched eggs as a source of n-3 polyunsaturated fatty acids for humans. **Poultry Science**, Champaign, v. 79, p. 971-974, 2000.
- LINKO, Y. Y.; HAYAKAWA, K. Decohexanoic acid: Avaluable nutraceutical? **Trends in Food Science And Technology**, London, v. 7, n. 2, p. 59-63, 1996.

LIU, D. **The effects of dietary lipids on bone chemical, mechanical, and histological properties in japanese quail (*Coturnix c. japonica*)**. 2000. 148 f. Thesis (Doctor of Philosophy in Animal and Poultry Sciences/Nutrition and Physiology)-Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, 2000.

MANDARINO, J. M. G. **Características bioquímicas e nutricionais do óleo e do farelo de girassol**. Londrina : EMBRAPA, CNPSO, 1992. 25 p. (Documentos, 52).

MANSON, J. M. et al. Variation among individual white-leghorn hens in the concentration of minerals in the albumen and yolk content of their eggs. **British Poultry Science**, Edinburgh, v. 34, p. 899-909, 1993.

MAZALLI, M. R. et al. A comparison of the feeding value of different sources of fats for laying hens: 2. Lipid, cholesterol and vitamin E profiles of egg yolk. **Journal Applied Poultry Research**, Athens, v. 13, p. 280-290, 2004.

MAZZUCO, H. Integridade óssea em poedeiras comerciais: influência de dietas enriquecidas com ácidos graxos poliinsaturados e tipo de muda induzida. Concórdia: EMBRAPA, CNPSA, 2006, 12 p. (Circular Técnica, 47). Disponível em: <[www.cnpsa.embrapa.br/sgc\\_publicacoes/publicacao\\_e9u22hlt.pdf](http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc_publicacoes/publicacao_e9u22hlt.pdf)>. Acesso em: 10 jul. 2006.

MORI, A. V. **Utilização de óleo de peixe e linhaça na ração como fontes de ácidos graxos poliinsaturados ômega 3 em ovos**. 2001. 162 f. Tese (Doutorado em Clínica Médica)-Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

MOURTHÉ, K.; MARTINS, R. T. Perfil de colesterol de ovos comerciais e ovos enriquecidos com ácidos graxos poliinsaturados ômega-3. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 54, n. 4, p. 429-431, 2002.

MURAKAMI, A. E. Composição química e valor energético da semente e do farelo de canola para aves. In: CONFERÊNCIA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLA, 13., 1995, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Associação Brasileira de Produtores de Pintos de Corte, 1995. p. 17.

MURAKAMI, A. E. et al. Efeito da inclusão de óleo de linhaça nas rações sobre o desempenho e os parâmetros ósseos de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. 7, p. 1256-1264, 2009.

MURATA, L. S. **Efeito de fontes de óleo da ração sobre o desempenho e o perfil lipídico dos ovos e sangue de poedeiras comerciais**. 1998. 66 f. Tese (Doutorado Zootecnia)-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 1998.

MURATA, L. S. et al. Effect of oils sources on blood lipid parameters of commercial laying hens. **Brazilian Journal of Poultry Science**, Campinas, v. 5, n. 3, p. 203-206, 2003.

- NARDONE, A.; VALFRÈ, F. Effects of changing production methods on quality of meat, milk and eggs. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 59, n. 2-3, p. 165-182, 1999.
- NOBLE, R. C.; COCCHI, M.; TURCHETTO, E. Egg fat: a case for concern? **World's Poultry Science Journal**, Palmerston North, v. 446, p. 109-118, 1990.
- NOGUEIRA, G. C.; BRAGAGNOLO, N. Assessment of methodology for the enzymatic assay of cholesterol in egg noodles. **Food Chemistry**, London, v. 79, p. 267-270, 2002.
- OSAWA, C. C.; FELÍCIO, P. E.; GONÇALVES, L. A. G. Teste de TBA aplicado a carnes e derivados: métodos tradicionais, modificados e alternativos. **Química Nova**, São Paulo, v. 28, n. 4, p. 655-663, 2005.
- PENZ JUNIOR, A. M. Sorgo e soja integral na alimentação de aves. In: CONFERÊNCIA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLA, 9., 1991, Campinas. **Anais...** Campinas: Associação Brasileira de Produtores de Pintos de Corte, 1991. p. 63-73.
- PERRY, M. M.; GRIFIN, H. D.; GILBERT, A. B. The binding of very low density and low density lipoprotein to the plasma membrane of the hen's oocyte: a morphological study. **Experimental Cell Research**, Stockholm, v. 151, p. 433-446, 1985.
- PITA, M. C. G. **Fontes marinhas e vegetais de PUFAs na dieta de poedeiras**: efeito na composição lipídica da gema do ovo e tempo de incorporação dos ácidos graxos. 2007. 138 f. Tese (Doutorado em Medicina Veterinária)-Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.
- QI, G. H.; SIM, J. S. Natural tocopherol enrichment and its effect in n-3 fatty acid modified chicken eggs. **Journal Agriculture Food Chemistry**, Columbus, v. 46, p. 1920-1926, 1998.
- RODRIGUES, E. A. et al. Desempenho, qualidade da casca e perfil lipídico de gemas de ovos de poedeiras comerciais alimentadas com níveis crescentes de óleo de soja no segundo ciclo de postura. **Acta Scientiarum Animal Science**, Maringá, v. 27, p. 207-212, 2005.
- SAKOMURA, N. K. Exigências nutricionais das aves utilizando o método fatorial. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE AVES E SUÍNOS, 1996, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1996. p. 319-44.
- SANTANGELO, S. B. **Utilização da farinha de semente de abóbora (*Cucurbita maxima*, L.) em panetone**. 2006. 100 f. Dissertação (Mestrado Ciência e Tecnologia de Alimentos)-Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2006.

- SANTOS, M. S. V. **Avaliação do desempenho e qualidade dos ovos de poedeiras comerciais, submetidas às dietas suplementadas com diferentes óleos vegetais.** 2005. 74 p. Tese (Doutorado em Zootecnia)-Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2005.
- SCHEIDELER, S. E. G. Froning and S. Cuppett. Studies of consumer acceptance of high omega-3 fatty acid-enriched eggs. **Journal of Applied Poultry Research**, North Carolina, v. 6, p. 137-146, 1997.
- SIM, J. S. Designer eggs and their nutritional and functional significance. **World review of nutrition and dietetics**, Basel, v. 83, p. 89-101, 1998.
- SOUZA, J. G. **Desempenho zootécnico e qualidade dos ovos de poedeiras comerciais submetidas a dietas com óleo de linhaça.** 2007. 113 f. Tese (Doutorado Zootecnia)-Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2007.
- STADELMAN, W. J.; PRATT, D. E. Factors influencing composition of the hen's egg. **World's Poultry Science Journal**, Palmerston North, v. 45, p. 247-266, 1989.
- SURAI, P. F.; SPARKS, N. H. C. Designer eggs: from improvement of egg composition to functional food. **Trends in Food Science & Technology**, London, v. 12, p. 7-16, 2001.
- SUZAKI, R. **Descrição individual dos ingredientes.** Disponível em: <<http://www.socil.com.br/Descricaoindividualdosingredientes.pdf>>. Acesso em: 5 maio 2008.
- TIRAPEGUI, J. **Nutrição: fundamentos e aspectos atuais.** São Paulo: Atheneu, 2000. 304 p.
- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Economic Research Service. **Food consumption: red meat, poultry, and fish.** Washington, DC, 1970-97. Disponível em: <<http://www.ers.usda.gov/publications/sb965/sb965f.pdf>>. Acesso em: 12 nov. 2009.
- VAN ELSWYK, M. E. Nutrition and physiological effects of flax seed in diets for laying fowl. **World's Poultry Science Journal**, Palmerston North, v. 53, p. 153-183, 1997.
- WALZEN, R. L. Lipoproteins and the laying hen: form follows function. **Poultry Avian Biology**, Chicago, v. 7, n. 1, p. 31-34, 1996.
- WATKINS, B. A. et al. Dietary (n3) and (n6) polyunsaturates and acetylsalicylic acid alter ex vivo PGE2 biosynthesis, tissue IGF-I levels, and bone morphometry in chicks. **Journal of Bone and Mineral Research**, Toronto, v. 11, p. 1321-1332, 1996.
- WHITE, P. J. Fatty acids in oilseeds (vegetable oils). In: CHOW, C. K. **Fatty acids in foods and their health implications.** New York: Marcel Dekker, 1992. p. 237-242.

**Capítulo 2****DESEMPENHO PRODUTIVO E QUALIDADE DOS OVOS DE  
POEDEIRAS LEVES ALIMENTADAS COM RAÇÕES  
SUPLEMENTADAS COM ÓLEOS VEGETAIS**

## RESUMO

O presente experimento teve duração de 112 dias e teve por objetivo avaliar o desempenho e qualidade dos ovos de poedeiras leves alimentadas com dietas suplementadas com óleos vegetais. As aves foram distribuídas em um delineamento experimental inteiramente casualizado com 10 tratamentos - (T1 – Controle; T2 – inclusão de 2,5% de óleo de linhaça; T3 – inclusão de 2,5% de óleo de canola; T4 – inclusão de 2,5% de óleo de soja; T5 – inclusão de 5% de óleo de linhaça; T6 – inclusão de 5% de óleo de canola; T7- inclusão de 5% de óleo de soja; T8 – inclusão de 2,5% de óleo de linhaça + 2,5% de óleo de soja; T9 – inclusão de 2,5% de óleo de canola + 2,5% de óleo de soja e T10 – inclusão de 2,5% de óleo de linhaça + 2,5% de óleo de canola) - e seis repetições de oito aves por parcela experimental, perfazendo um total de 480 aves. Foram avaliadas o consumo de ração, a produção de ovos, o peso dos ovos, a massa de ovos, a conversão alimentar por dúzia e por quilograma de ovos produzidos, a gravidade específica dos ovos, a resistência da casca à quebra, a cor de gema, as percentagens de gema, albúmen e casca, a espessura de casca e o índice gema. Não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos para peso e massa de ovos, conversão alimentar por dúzia de ovos produzidos, gravidade específica dos ovos, resistência da casca à quebra, espessura de casca, percentagens de gema, albúmen e casca. Concluiu-se que a suplementação de óleos vegetais, na ração de poedeiras comerciais leves não promoveu melhoras no desempenho e na qualidade dos ovos.

**Palavras Chave:** ácidos graxos poliinsaturados, óleo de canola, óleo de linhaça, óleo de soja.

**ABSTRACT**

The present experiment lasted 112 days and aimed to weigh up the performance and eggs quality of light laying hens fed with diets supplemented with vegetal oil. The light laying hens were distributed on an completely randomized design with 10 treatments (T1 - control, T2- inclusion of 2.5% of linseed oil in the diet, T3- inclusion of 2.5% of canola oil in the diet; T4-inclusion of 2.5% of soybean oil in the diet; T5- inclusion of 5% of linseed oil in the diet; T6- inclusion of 5% of canola oil in the diet; T7-inclusion of 5% oil soy in the diet; T8- inclusion of 2.5% of linseed oil +2.5% soybean oil in the diet; T9- inclusion of 2.5% canola oil + 2.5% soybean oil in the diet and T10- inclusion of 2.5% of linseed oil + 2.5% of canola oil in the diet) and six repetition of eight birds by experimental sector, adding up to 480 birds. The ration consumption, the eggs production, the weight and mass, the alimentary conversion per dozen and per kilogram of produced eggs, specific gravity of the eggs, the strength egg shell to break, the yolk color, proportion of yolk, albumen and shell, shell thickness and yolk index were weighed up. Significant differences among the treatments for weight and eggs mass, food conversion by produced dozen eggs, specific eggs gravity, resistance to shell break, shell thickness, percentages of yolk, albumen and shell were not observed. It was concluded that the vegetal oils supplementation on the given diets to light laying commercial hens doesn't affect the performance and the eggs quality.

**Keywords:** polyunsaturated fatty acids, canola oil, linseed oil, soybean oil.

## INTRODUÇÃO

Óleos e gorduras são ingredientes frequentemente empregados em rações, uma vez que são fontes concentradas de energia e permitem a formulação de dietas de alta densidade energética. De acordo com o NRC (1994), o emprego desses ingredientes nas rações promove melhora na palatabilidade e redução na perda de seus nutrientes, agindo positivamente sobre a conversão alimentar.

Segundo Franco (1992), o efeito extracalórico (positivo) da gordura nas rações consiste na maior energia líquida desta, uma vez que sua deposição pela ave é muito mais eficiente quando fornecida pela dieta do que pela síntese a partir de precursores da acetilcoenzima A. Dessa forma, quando a gordura é incluída na dieta, a síntese de ácidos graxos é reduzida e a ave dispõe de mais energia para o desempenho produtivo proposto.

De acordo com Franco e Sakamoto (2005), a nutrição das poedeiras, além de influenciar na qualidade física dos ovos (tamanho, percentagem de seus componentes e resistência da casca), pode ainda influenciar em sua qualidade nutricional (composição química).

Nos últimos anos, vários estudos têm sido realizados, visando à incorporação de ácidos graxos poliinsaturados da família ômega 3 na gema dos ovos, o que pode ser facilmente alcançada através da alimentação das poedeiras, com dietas contendo sementes oleaginosas como linhaça e canola ou seus óleos (Cherian e Sim, 1991; Caston et al., 1994; Aymond e Van Elswyk, 1995; Qi e Sim, 1998; Mori, 2001), óleos de peixe (Hargis et al., 1991; Van Elswyk, 1997; Baucells et al., 2000) e algas marinhas (Herber-Mcneill e Van Elswyk, 1996; Herber-Mcneill e Van Elswyk, 1998). Portanto, os ovos enriquecidos podem fornecer fonte alimentícia alternativa para aumentar o consumo destes ácidos graxos essenciais (Van Elswyk, 1997).

A inclusão de 7% de óleo de linhaça a uma dieta comercial promoveu aumento nos ácidos graxos  $\omega$ -3 de 1,2 a 7,8% na gema de ovo, o que implicou em aumento de 30 vezes no teor do ácido linolênico (Lewis et al., 2000).

Santos (2005) constatou que a inclusão de óleos vegetais em dietas de poedeiras, independentemente do tipo (soja, linhaça ou algodão), não melhora as características de qualidade dos ovos. Segundo o mesmo autor, a inclusão de 4% de óleo vegetal na dieta melhorou a coloração da gema crua dos ovos; entretanto, a elevação dos níveis de óleo

de linhaça de 2 para 4% nas dietas promoveu redução na porcentagem de gema e aumento na porcentagem de albúmen dos ovos.

Atualmente, apesar da grande variedade de estudos existentes envolvendo suplementação dietética de poedeiras comerciais com diferentes tipos de óleos e gorduras, os resultados dessas pesquisas ainda apresentam-se muito controversos.

Partindo-se dessa premissa, com a presente pesquisa objetivou-se avaliar o desempenho e a qualidade dos ovos de poedeiras comerciais leves, submetidas a dietas suplementadas com diferentes óleos vegetais.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O presente experimento foi conduzido na UNESP- Universidade Estadual Paulista, campus de Botucatu - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia - nos aviários experimentais do Setor de Avicultura. Foram utilizadas 480 poedeiras da linhagem comercial Lohmann LSL, com 33 semanas de idade, no início do experimento. As aves foram alojadas em galpão de alvenaria com dimensões de 15m de comprimento e 7 m de largura, equipados com 84 gaiolas metálicas específicas para a produção de ovos, medindo 100 cm de comprimento, 45 cm de altura e 45 cm de profundidade, com 2 compartimentos cada, e capacidade para alojar quatro aves por compartimento, perfazendo um total de 8 aves por gaiola. Foram utilizados comedouros independentes dispostos, frontalmente, à gaiola e bebedouros do tipo “nipple”. O programa de luz adotado foi de 17 horas diárias.

As aves foram alojadas com 16 semanas de idade e mantidas sobre as mesmas condições de manejo e alimentação até completarem 33 semanas, quando, então, iniciou-se o período experimental. Utilizou-se um delineamento experimental inteiramente casualizado com 10 tratamentos e seis repetições de oito aves por parcela, perfazendo um total de 480 aves, distribuídas em 60 gaiolas.

Os tratamentos experimentais empregados foram: ração convencional sem óleo (T1); inclusão de 2,5% de óleo de linhaça (T2); inclusão de 2,5% de óleo de canola (T3); inclusão de 2,5% de óleo de soja (T4); inclusão de 5,0% de óleo de linhaça (T5); inclusão de 5,0% de óleo de canola (T6); inclusão de 5,0% de óleo de soja (T7); inclusão de 2,5% de óleo de linhaça + 2,5% de óleo de soja (T8); inclusão de 2,5% de

óleo de canola + 2,5% de óleo de soja (T9) e inclusão de 2,5% de óleo de linhaça + 2,5% de óleo canola (T10).

As aves receberam água e alimentação à vontade durante todo o período experimental. Todas as rações empregadas foram isoenergéticas e isoproteicas, formuladas à base de milho, farelo de soja e de trigo, satisfazendo todas as exigências nutricionais propostas por Rostagno et al. (2005), e diferiram entre si apenas em relação ao tipo de óleo empregado, conforme pode-se observar na Tabelas 1.

Tabela 1. Composição percentual e nutricional calculada das dietas experimentais.

Ingredientes	Tratamentos									
	Controle	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Milho Moído	64,20	52,66	53,05	53,10	41,17	41,62	41,75	41,40	41,80	41,40
Farelo Soja	25,60	24,02	24,10	24,10	22,31	22,45	22,48	22,39	22,47	22,32
Farelo Trigo	-	10,67	10,22	10,16	21,44	20,85	20,69	21,12	20,66	21,19
Óleo Canola	-	-	2,50	-	-	5,00	-	-	2,50	2,50
Óleo Linhaça	-	2,5	-	-	5,00	-	-	2,50	-	2,50
Óleo de Soja	-	-	-	2,5	-	-	5,0	2,5	2,5	-
Calcário	7,98	8,05	8,03	8,02	8,08	8,07	8,07	8,08	8,07	8,08
Fosf. Bicálc.	1,36	1,25	1,25	1,27	1,14	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15
Sal Refinado	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
DL-Metionina	0,20	0,19	0,19	0,19	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Suplemento Mineral <sup>(1)</sup>	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Suplemento Vitamínico <sup>(2)</sup>	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Adsorvente	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Antioxidante (BHT)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
<b>Total</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>
<b>Composição Nutricional</b>										
Proteína bruta (%)	17,50	17,50	17,50	17,50	17,50	17,50	17,50	17,50	17,50	17,50
EM (kcal/kg de ração)	2.750	2.750	2.750	2.750	2.750	2.750	2.750	2.750	2.750	2.750
Cálcio (%)	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50
Fósforo disponível	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Lisina disp. (%)	0,78	0,77	0,77	0,77	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76
Metionina disp. (%)	0,44	0,43	0,42	0,42	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43
Met+Cis disp (%)	0,50	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48

(1) Enriquecimento por kg de ração: cobre : 8 mg; ferro: 50 mg; Manganês: 70 mg; Zinco: 50 mg; Iodo: 1,2 mg; Selênio: 0,2 mg.

(2) Enriquecimento por kg de ração: Vitamina A: 7.000 UI; Vitamina D3: 2.000 UI; Vitamina E: 5 mg; Vitamina K3: 1,6 mg; Vitamina B2: 3 mg; Vitamina B12: 8 mcg; Niacina: 20 mg; Ácido pantotênico: 5 mg; Antioxidante: 15 mg; Veículo QSP: 1 g

A mortalidade foi registrada diariamente. Os ovos foram coletados diariamente e o número de ovos produzidos foi anotado em formulário próprio, sendo a percentagem de postura obtida dividindo-se o número médio de ovos postos por ave, na semana, pelo número médio de aves multiplicado por sete e o resultado multiplicado por 100.

O consumo de ração por ave foi determinado, semanalmente, por meio da diferença entre a quantidade de ração fornecida no início da semana e as sobras existentes nos comedouros no final de cada período de sete dias. O resultado foi dividido pelo número médio de aves de cada parcela e expresso em gramas por ave por dia.

Os ovos foram pesados semanalmente. O peso médio foi obtido dividindo-se o peso total dos ovos pelo seu número e o resultado expresso em gramas. A massa de ovos foi obtida multiplicando-se o peso médio dos ovos pela percentagem de postura. O valor obtido foi expresso em gramas de ovos por ave por dia.

A conversão alimentar por dúzia de ovos produzidos foi calculada semanalmente, dividindo-se o peso total da ração consumida, expresso em quilogramas, pelo respectivo número de dúzias de ovos produzidos na semana. A conversão alimentar por quilograma de ovos produzidos foi calculada dividindo-se o peso total da ração consumida pelas aves da parcela, expresso em quilogramas, pelo peso total dos ovos postos no mesmo período, também expresso em quilogramas.

Para a realização das análises de qualidade dos ovos, a cada período de 28 dias foi coletada uma amostra de 6 ovos por tratamento por dia, durante 3 dias consecutivos, perfazendo um total de 180 ovos. As características de qualidade externa avaliadas foram a gravidade específica, obtida através do método de flutuação, utilizando-se soluções salinas com densidade variando de 1,060 a 1,100, de acordo com a metodologia descrita por Hamilton (1982); resistência da casca à quebra determinada com o auxílio de um texturômetro TA.XT plus – Texture Analyser, utilizando-se sonda de ruptura de 75mm e velocidade de teste de 1mm/segundo; espessura da casca mensurada com a utilização de paquímetro digital, e foram tomadas três medidas na zona equatorial da casca do ovo, após as cascas serem secas em estufa por 48 horas, sob temperatura de 60°C e percentagem de casca obtida dividindo-se o peso da casca seca em estufa, por 48 horas a 60°C, pelo peso do ovo, sendo o resultado multiplicado por 100.

As características de qualidade interna dos ovos avaliadas foram: percentagem de gema, obtida através da relação entre o peso da gema e o peso do ovo, percentagem de albúmen, determinada através da relação entre o peso do albúmen e o peso do ovo; cor da gema estimada através da comparação entre a cor da gema crua e o abanículo colorimétrico *Roche*<sup>®</sup> e índice gema, obtido através da relação entre a altura da gema e o seu diâmetro.

Os dados de desempenho das aves e de qualidade dos ovos, foram avaliados através da análise de variância de acordo com o pacote computacional SAS (2000). A comparação entre as médias foi efetuada através do teste *Tukey* ao nível de 5% de significância.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2, estão apresentados os dados referentes à composição em ácidos graxos dos óleos vegetais que compuseram as dietas experimentais.

Tabela 2. Composição analisada em ácidos graxos dos óleos vegetais empregados nas dietas experimentais (% do total de ácidos graxos).

Ácidos Graxos	Óleo de Canola	Óleo de Linhaça	Óleo de Soja
	%		
C16:0 – Ác. Palmítico	12,3751	6,3720	13,0608
C18:0 – Ác. Esteárico	2,4502	3,9842	2,2366
C18:1 – Ác. Oleico	45,2735	24,8235	23,0449
C18:2 – Ác. Linoleico ( $\omega$ 6)	36,5747	14,6624	56,4484
C18:3 – Ac. Linolênico ( $\omega$ 3)	3,3264	50,1580	5,2094

Na Tabela 3, encontram-se os resultados de desempenho das aves submetidas aos tratamentos experimentais.

Tabela 3. Consumo de ração (C.R.), peso dos ovos (P.O.), percentagem de postura (Post.), massa de ovos, conversão alimentar por dúzia de ovos (CA/dz), conversão alimentar por quilograma de ovos (CA/kg) de poedeiras comerciais leves submetidas a dietas suplementadas com óleos vegetais.

Tratamentos	C.R. (g/ave/dia)	P. O. (g)	Post. (%)	Massa ovos (g)	CA/dz (kg/dz)	CA/kg (kg/kg)
Controle	120,35c	64,13	92,61ab	57,43	1,56	1,87ab
2,5% linhaça	122,10abc	64,91	94,24ab	59,84	1,54	1,88ab
2,5 % canola	125,24abc	64,04	95,10a	59,25	1,61	1,95a
2,5% soja	126,89a	64,96	93,38ab	58,87	1,64	1,95a
5% linhaça	123,03abc	63,77	91,64ab	57,43	1,61	1,93ab
5% canola	123,14abc	64,36	92,73ab	58,45	1,58	1,91ab
5% soja	122,79abc	65,10	93,51ab	58,55	1,58	1,88ab
2,5% linhaça +2,5% soja	126,43a	65,04	93,71ab	61,06	1,56	1,94ab
2,5% canola +2,5% soja	121,89bc	65,35	94,37ab	59,90	1,58	1,86b
2,5% linhaça +2,5% canola	121,08c	64,70	90,91b	56,03	1,64	1,87ab
Probabil.	P<0,01	P<0,05	P<0,05	P>0,05	P>0,05	P<0,01
CV(%)	2,08	1,36	2,27	5,41	7,29	2,37

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem significativamente pelo teste Tukey (P<0,05).

A análise de variância indicou haver diferenças significativas (P<0,05) entre os tratamentos para consumo de ração, percentagem de postura e conversão alimentar por quilograma de ovos produzidos, entretanto, para massa de ovos e conversão alimentar por dúzia de ovos, não foram detectadas diferenças significativas entre os tratamentos.

Para o consumo de ração, observa-se que as aves do tratamento controle e as aves alimentadas com rações suplementadas com 2,5% óleo de linhaça + 2,5% óleo de canola apresentaram os menores consumos quando comparadas às aves alimentadas com rações suplementadas com 2,5% de óleo de soja e com 2,5% linhaça + 2,5% soja, sendo que os demais tratamentos apresentaram valores intermediários e não diferiram entre si. Esses resultados corroboram com os obtidos por Costa et al. (2008) que, trabalhando com inclusão de níveis crescentes de óleo de soja e canola na alimentação de poedeiras comerciais semipesadas da linhagem Bovans Goldline, observaram que aves alimentadas com rações acrescidas de óleo de soja e com 1 e 3% de óleo de canola apresentaram maior consumo em comparação àquelas alimentadas com a ração controle (sem óleo).

As aves alimentadas com rações suplementadas com 2,5% de óleo de linhaça, 2,5% de óleo de canola, 5% de óleo de linhaça, 5% de óleo de canola, 5% de óleo de soja, 2,5% de óleo de canola + 2,5% de óleo de soja e 2,5% de óleo de linhaça + 2,5% de óleo de

canola não apresentaram alterações significativas no consumo de ração quando comparadas com as aves do tratamento controle (sem óleo). Este fato também foi evidenciado por Costa et al. (2008) que, trabalhando com a inclusão de 0; 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0% de óleo de linhaça em substituição, respectivamente, a 100, 75, 50, 25 ou 0% do óleo de soja, na dieta de poedeiras comerciais semipesadas Bovans Godline, observaram que a inclusão máxima de 2% de óleo de linhaça na ração não influenciou o consumo de ração pelas poedeiras, e concluíram afirmando que este nível de inclusão do óleo de linhaça, nas dietas, não foi suficiente para causar redução na palatabilidade da ração. Resultados semelhantes também foram obtidos por Baucells et al. (2000) ao adicionarem 4% de óleo de linhaça na ração de poedeiras comerciais.

Quando se elevou o nível de inclusão dos óleos de soja, canola e linhaça para 5%, não foi verificada alteração significativa no consumo de ração, resultado esse que corrobora com os encontrados por Santos (2005), que ao elevar os níveis de inclusão dos óleos de soja, linhaça e algodão para 4%, também não obteve alteração no consumo.

Os óleos vegetais empregados nas rações experimentais apresentam composição rica em ácidos graxos insaturados que, por sua vez, são muito susceptíveis à oxidação. De acordo com Scott et al. (1982), o processo de oxidação lipídica é a principal causa da perda de qualidade do alimento ou da ração, pois afeta o sabor, o aroma, a cor e a textura e resulta, ainda, na produção de compostos tóxicos, reduzindo, assim, o valor nutritivo do alimento. Provavelmente, no presente experimento, com o emprego do antioxidante BHT nas rações, evitou-se a ocorrência da oxidação dos ácidos graxos, fato que teria sido evidenciado pela queda significativa de consumo das aves em todos os tratamentos com inclusões elevadas de óleo. Dessa forma, sem a ocorrência do processo oxidativo dos ácidos graxos, nem a qualidade nem a palatabilidade das rações foi alterada, não alterando assim, negativamente, o consumo de ração.

A análise de variância indicou haver diferenças significativas entre os tratamentos para o peso dos ovos ( $P=0,0406$ ), entretanto o teste Tukey, ao nível 5% de significância, não detectou tais diferenças.

Vasconcelos et al. (2000) verificaram que os pesos dos ovos das aves alimentadas com ração convencional (sem óleo) apresentaram-se semelhantes aos das aves alimentadas com rações suplementadas com óleo de linhaça.

De acordo com Santos (2005), aves submetidas a dietas sem inclusão de óleo, tendo como suporte de ácido linoleico ( $\omega 6$ ) apenas milho e farelo de soja, não produziram ovos de menor peso, quando comparados aos ovos de aves alimentadas com dietas contendo óleo de soja, linhaça ou algodão. Em contrapartida, Menge (1968), March e MacMillan (1990) reportaram, em estudos anteriores, que o ácido linoleico é necessário para que se possa elevar o peso do ovo.

A percentagem de postura também foi influenciada, significativamente, pelos tratamentos estudados, nos quais as aves alimentadas com rações suplementadas com 2,5% óleo de linhaça + 2,5% óleo canola apresentaram menor produtividade comparativamente às aves alimentadas com rações suplementadas com 2,5% de óleo de canola, as quais apresentaram maior produtividade. Os demais tratamentos apresentaram valores intermediários e não diferiram entre si.

Observa-se que a percentagem de postura das aves submetidas às rações experimentais com inclusão de óleo não diferiu da percentagem de postura das aves alimentadas com rações sem suplementação de óleo. Estes resultados concordam com os resultados reportados por Santos (1998), que suplementou a dieta de poedeiras com óleos de soja e canola; de Vasconcelos et al. (2000) que alimentaram poedeiras com dietas suplementadas com óleo de linhaça e de Filardi et al. (2004), quando trabalharam com poedeiras alimentadas com rações suplementadas com óleos de algodão, soja, girassol e canola.

Entretanto, Santos (2005) obteve redução na produção de ovos, quando aumentou para 4% o nível de inclusão de óleo de linhaça e de algodão na dieta das aves. Lall e Slinger (1973) observaram que o aumento da inclusão dos óleos de canola e de milho na dieta de poedeiras levou à redução na produção de ovos.

Para conversão alimentar por quilograma de ovos produzidos, influenciada significativamente pelos tratamentos experimentais, observou-se que aves alimentadas com rações suplementadas com 2,5% óleo de canola + 2,5% óleo de soja apresentaram melhores conversões quando comparadas com as aves alimentadas com rações suplementadas com 2,5% óleo de canola e com 2,5% óleo de soja, as quais apresentaram piores conversões, enquanto os demais tratamentos apresentaram valores intermediários e não diferiram entre si.

Esses resultados estão de acordo com os obtidos por Huang et al. (1990) e Santos (1998), quando suplementaram rações de poedeiras com óleos de soja e canola, respectivamente. Vasconcelos et al. (2000) trabalhando com inclusão de diferentes níveis (1, 2 e 3%) de óleo de linhaça na dieta de poedeiras, e ainda, Santos (2005), alimentando poedeiras com rações suplementadas com óleos de soja, linhaça e algodão, não obtiveram diferenças na conversão alimentar das aves quando comparadas com o fornecimento de dieta sem suplementação de óleo.

Na Tabela 4, encontram-se descritos os resultados de qualidade dos ovos das aves submetidas aos tratamentos experimentais.

Tabela 4. Gravidade específica (G.E), resistência da casca à quebra (Resis.), cor de gema, espessura de casca (Esp. Casca), percentagem de gema (Gema), percentagem de albúmen (Album.), percentagem de casca (Casca) e índice gema dos ovos de poedeiras comerciais leves alimentadas com rações suplementadas com óleos vegetais.

Treatments	G.E. (g/cm <sup>3</sup> )	Resis. (kgf)	Cor Gema	Esp. Casca (mm)	Gema (%)	Album. (%)	Casca (%)	Índice Gema
Controle	1,090	4,61	5,52abc	0,39	26,02	64,23	9,75	0,43c
2,5% linhaça	1,090	4,59	5,54abc	0,40	25,51	64,84	9,64	0,45a
2,5% canola	1,090	4,64	5,55ab	0,39	25,98	64,43	9,58	0,44abc
2,5% soja	1,088	4,62	5,64a	0,39	26,02	64,51	9,46	0,44ab
5% linhaça	1,090	4,44	5,12d	0,39	26,53	63,96	9,50	0,43bc
5% canola	1,095	4,52	5,32abcd	0,39	25,89	64,69	9,42	0,44ab
5% soja	1,100	4,51	5,27bcd	0,39	26,39	64,07	9,53	0,44abc
2,5% linhaça +2,5% soja	1,090	4,63	5,23bcd	0,39	25,93	64,61	9,45	0,43abc
2,5% canola +2,5% soja	1,090	4,71	5,21cd	0,40	26,13	64,29	9,56	0,45abc
2,5% linhaça +2,5% canola	1,088	4,51	5,12d	0,39	26,05	64,52	9,43	0,44abc
Probab.	P>0,05	P>0,05	P<0,01	P>0,05	P>0,05	P>0,05	P>0,05	P<0,01
CV(%)	1,24	5,12	3,25	1,81	2,26	1,01	1,94	1,46

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem, significativamente, pelo teste Tukey (p<0,05).

A gravidade específica dos ovos e a resistência da casca à quebra não foram influenciadas significativamente pelos tratamentos.

De acordo com a Tabela 5, observa-se que, não houve diferenças significativas entre os tratamentos com suplementação de óleo e o tratamento controle (sem óleo) para as variáveis que refletem a qualidade da casca dos ovos (gravidade específica, resistência da casca à quebra, espessura de casca e percentagem de casca). Esse

resultado contradiz os reportados por Hester (1999), o qual sugere que dieta rica em gordura resulta em declínio da qualidade da casca, pois o excesso de gordura retém o cálcio da dieta. Segundo Brugalli et al. (1999), os lipídeos em altas concentrações na dieta podem se combinar com o cálcio, dando origem a sais, o que dificulta a absorção desse nutriente.

A cor de gema sofreu efeito significativo dos tratamentos ( $P < 0,01$ ), visto que as gemas dos ovos provenientes das aves alimentadas com rações suplementadas com 5% de óleo de linhaça e com 2,5% óleo de linhaça + 2,5% óleo de canola apresentaram coloração mais clara, quando comparadas com gemas dos ovos das aves alimentadas com rações suplementadas com 2,5% de óleo de soja, 2,5% de óleo de linhaça, 2,5% de óleo de canola e ração sem suplementação de óleo, as quais apresentaram gemas mais pigmentadas. Observa-se que ovos das aves do tratamento controle (sem óleo) diferiram, significativamente, apenas dos ovos das aves alimentadas com rações suplementadas com 5% de óleo de linhaça e com 2,5% óleo de linhaça + 2,5% óleo de canola. Com o aumento da inclusão lipídica, a quantidade de milho adicionada nas rações foi reduzida; entretanto, observou-se pouca influência sobre a pigmentação das gemas dos ovos. Sabe-se que a pigmentação da gema pode variar de amarelo levemente claro ao laranja escuro, conforme a alimentação fornecida às poedeiras. Isto se deve, principalmente, à presença de xantofilas, tais como luteínas, carotenos, zeaxantina e criptoxantina, além das características individuais inerentes às aves (Pardi, 1977; Bobbio e Bobbio, 1984).

As percentagens de gema e de albúmen dos ovos também não foram influenciadas significativamente pelos tratamentos.

Os resultados obtidos, neste trabalho, para percentagens de albúmen, gema, casca e gravidade específica estão de acordo com os obtidos por Oliveira et al. (2007), que trabalhando com a adição de níveis crescentes de óleo de soja ou canola na alimentação de poedeiras comerciais semipesadas não obtiveram diferenças entre os tratamentos controle (sem óleo) e com inclusão de óleo.

Muramatsu et al. (2005) trabalhando com poedeiras com 35 semanas de idade submetidas à alimentação com adição de três níveis de óleo de soja (3,3; 4,3 e 5,3 %) em rações à base de milho e três níveis (2,5; 3,5 e 4,5 %) em rações à base de milho, não obtiveram efeito de tratamento sobre a espessura da casca, percentagens de

albúmen, gema, casca e gravidade específica dos ovos. No entanto, as aves alimentadas com rações suplementadas com óleo produziram ovos com gemas menos pigmentadas do que as aves alimentadas com a ração controle.

Observou-se efeito significativo de tratamento ( $P < 0,01$ ) para o índice gema, cujos valores mais elevados foram registrados para ovos postos pelas aves alimentadas com rações suplementadas com 2,5% de óleo de linhaça, quando comparados aos valores inferiores registrados para ovos das aves provenientes do tratamento controle (sem óleo) e com 5% de óleo de linhaça, sendo que ovos das aves dos demais tratamentos empregados registraram valores intermediários a estes e não diferiram entre si.

## **CONCLUSÕES**

Nas condições em que foi realizada a presente pesquisa, pode-se concluir que a suplementação em até 5% dos óleos de canola, soja e linhaça, na dieta de poedeiras leves, não promove melhoras no desempenho das aves. Concluiu-se, também, que a suplementação com óleos vegetais na dieta de poedeiras, com o intuito de enriquecê-los com ácidos graxos poliinsaturados, não promoveu perda da qualidade dos ovos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aymond WM, Van Elswyk ME. Yolk thiobarbituric acid reactive substances and n-3 fatty acids in response to whole and ground flaxseed. *Poultry Science* 1995; 74:1540-47.
- Baucells MD, Crespo N, Barroeta AC, López-Ferrer S, Grashorn MA. Incorporation of different polyunsaturated fatty acids into eggs. *Poultry Science* 2000; 79:51-9.
- Bobbio PA, Bobbio FC. Química do processamento de alimentos. Campinas (SP): Fundação Cargill; 1984.
- 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.
- Caston LJ, Squires EJ, Leeson S. Hen performance, egg quality, and the sensory evaluation of eggs from SCWL hens fed dietary flax. *Canadian Journal Animal Science* 1994; 74: 347-53.
- Cherian G, Sim JS. Effect of feeding full fat flax and canola seeds to laying hens on the fatty embryos, and newly hatched chicks. *Poultry Science* 1991; 70:917-22.
- Costa FGP, Souza CJ, 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.
- Filardi RS, Junqueira OM, Laurentiz AC, Casartelli EM, Duarte KF, Rodrigues EA. Efeito de diferentes fontes de gordura sobre o desempenho, qualidade e perfil lipídico dos ovos de poedeiras vermelhas em segundo ciclo. In: 22º Conferência de Ciência e Tecnologia Avícola; 2004; Santos, São Paulo. Brasil. p. 30.
- Franco SG. Programas de alimentação e fontes de óleo para frangos de corte. [Tese]. Jaboticabal (SP): Universidade Estadual Paulista; 1992.
- Franco JRG, Sakamoto MI. Qualidade dos ovos: uma visão geral dos fatores que a influenciam. *Revista Ave World* 2005; 3(16):20-4.
- Hamilton RMG. Methods and factors that affect measurement of egg shell quality. *Poultry Science* 1982; 6:2002-39.
- Hargis PS, Van Elswyk ME, Hargis BM. Dietary modification of yolk lipid with savelha oil. *Poultry Science* 1991; 70:874-83.
- Herber-Mcneill SM, Van Elswyk ME. Dietary marine algae promotes efficient deposition of n-3 fatty acids for the production of enriched shell eggs. *Poultry Science* 1996; 75:1501-07.

Herber-Mcneill SM, Van Elswyk ME. Dietary marine algae maintains egg consumer acceptability while enhancing yolk color. *Poultry Science* 1998; 77:493-96.  
Hester PY. A qualidade da casca do ovo. *Avicultura Industrial* 1999; 1072:20-30.

Huang EB, Leibovitz H, Lee CM, Millar R. Effect of dietary fish oil on n-3 fatty acid levels in chicken eggs and thigh flesh. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 1990; 38:743.

Lall SP, Slinger SJ. Nutritional evaluation of rapeseed oils and rapeseed soap stocks for laying hens. *Poultry Science* 1973; 42:394-96.

Lewis NM, Seburg S, Flanagan NL. Enriched eggs as a source of n-3 polyunsaturated fatty acids for humans. *Poultry Science* 2000; 79:971-74.

March BE, Macmillan C. Linoleic acid as a mediator of egg size. *Poultry Science* 1990; 69:634-39.

Menge H. Linoleic acid requirement of the hen for reproduction. *Journal of Nutrition* 1968; 95:578-72.

Mori AV. Utilização de óleo de peixe e linhaça na ração como fontes de ácidos graxos poliinsaturados ômega 3 em ovos. [Tese]. São Paulo (SP): Universidade de São Paulo; 2001.

Muramatsu K, Stringhini JH, Café MB, Jardim Filho RM, Andrade L, Godoi F. Desempenho, qualidade e composição de ácidos graxos do ovo de poedeiras comerciais alimentadas com rações formuladas com milho ou milheto contendo diferentes níveis de óleo vegetal. *Acta Scientiarum Animal Science* 2005; 27:43-8.

National Research Council - NRC. Nutrient requirements of poultry. Washington (DC): National Academic Press; 1994.

Oliveira CFS, Souza CJ, Almeida HHS, Costa FGP, Goulart CC, Souza JG. Efeito dos níveis de óleo de soja ou canola sobre a qualidade dos ovos de poedeiras semipesadas. In: 44a Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia; 2007; Jaboticabal, São Paulo. Brasil. 1 CD-ROM.

Pardi HS. Influência da comercialização na qualidade dos ovos de consumo. Niterói (RJ): Universidade Federal Fluminense; 1977.

Qi GH, Sim JS. Natural tocopherol enrichment and its effect in n-3 fatty acid modified chicken eggs. *Journal Agricultural Food Chemistry* 1998; 46:1920-26.

Rostagno HS, Albino LFT, Donzele JL, et al. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. Viçosa (MG): Universidade Federal de Viçosa; 2005.

Santos COF. Efeito da adição de óleos poliinsaturados à ração nos níveis de lipídeos plasmáticos e de colesterol no ovo das galinhas poedeiras. [Tese]. São Paulo (SP): Universidade de São Paulo, 1998.

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.

SAS Institute. User's guide: statistics. 6. ed. Cary (NC): SAS Institute; 2000.

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

Van Elswyk ME. Nutrition and physiological effects of flax seed in diets for laying fowl. *World's Poultry Science Journal* 1997; 53:153-83.

Vasconcelos RFF, Murakami AE, Martins EM. Efeito de diferentes níveis de óleo de linhaça e vitamina E na ração sobre o desempenho e qualidade de ovos de poedeiras comerciais. In: 37ª. Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia; 2000; Viçosa, Minas Gerais. Brasil. 1 CD-ROM.

**Capítulo 3**

**PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS, NÍVEIS DE COLESTEROL E  
COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DOS OVOS DE POEDEIRAS  
COMERCIAIS ALIMENTADAS COM RAÇÕES CONTENDO  
ÓLEOS VEGETAIS**

## RESUMO

O presente experimento teve duração de 112 dias e teve por objetivo avaliar os efeitos da suplementação com óleos vegetais empregados em diferentes níveis, na dieta de poedeiras comerciais sobre a composição lipídica, níveis de colesterol e composição nutricional (proteínas, sólidos totais, lipídeos e cinzas) dos ovos. As aves foram distribuídas em um delineamento experimental inteiramente casualizado com 10 tratamentos - (T1 – Controle; T2 – inclusão de 2,5% de óleo de linhaça; T3 – inclusão de 2,5% de óleo de canola; T4 – inclusão de 2,5% de óleo de soja; T5 – inclusão de 5% de óleo de linhaça; T6 – inclusão de 5% de óleo de canola; T7- inclusão de 5% de óleo de soja; T8 – inclusão de 2,5% de óleo de linhaça + 2,5% de óleo de soja; T9 – inclusão de 2,5% de óleo de canola + 2,5% de óleo de soja e T10 – inclusão de 2,5% de óleo de linhaça + 2,5% de óleo de canola) - e seis repetições de oito aves por parcela experimental, perfazendo um total de 480 aves. O perfil de ácidos graxos, os níveis de colesterol e a composição nutricional da gema dos ovos foram determinados aos 20, 60 e 112 dias do período experimental. Os dados obtidos durante o período experimental foram avaliados através da análise de variância. A inclusão dos óleos de soja, linhaça ou canola, na dieta das aves, determinou aumento no teor de ácidos graxos poliinsaturados da gema dos ovos. Os ovos produzidos pelas aves que foram suplementadas com óleos registraram menores teores de colesterol após 20 dias do fornecimento das dietas experimentais. Entretanto, aos 60 dias de fornecimento das dietas experimentais, os teores de colesterol dos ovos encontraram-se mais elevados, assim como aos 112 dias de alimentação das aves. Conclui-se que a suplementação na dieta das aves com óleos vegetais ricos em ácidos graxos poliinsaturados não altera a composição nutricional das gemas dos ovos. Entretanto, observaram-se alterações significativas no perfil de ácidos graxos das gemas, quando a suplementação com óleo de linhaça promoveu enriquecimento significativo em ácidos graxos poliinsaturados da família ômega 3. O fornecimento de dietas contendo óleos ricos em ácidos graxos poliinsaturados não diminui os teores de colesterol das gemas dos ovos.

**Palavras Chave:** ácidos graxos, colesterol, composição nutricional, óleos vegetais, ovos comerciais.

## **ABSTRACT**

The present experiment lasted 112 days and aimed to weigh up the effects of the supplementation with vegetal oils, used at different levels, on the commercial laying hens diet about the fatty acids profile, cholesterol levels and nutritional composition (proteins, total solids, fat and ashes) of the eggs. The performance and eggs quality of light laying hens fed with diets supplemented with vegetal oil. The light laying hens were distributed on an completely randomized design with 10 treatments (T1 - control, T2- inclusion of 2.5% of linseed oil in the diet, T3- inclusion of 2.5% of canola oil in the diet; T4-inclusion of 2.5% of soybean oil in the diet; T5-inclusion of 5% of linseed oil in the diet; T6- inclusion of 5% of canola oil in the diet; T7-inclusion of 5% oil soy in the diet; T8- inclusion of 2.5% of linseed oil +2.5% soybean oil in the diet; T9- inclusion of 2.5% canola oil + 2.5% soybean oil in the diet and T10- inclusion of 2.5% of linseed oil + 2.5% of canola oil in the diet) and six repetition of eight birds by experimental sector, adding up to 480 birds. The fatty acid profiles, the cholesterol levels and the nutritional composition of the eggs yolk were determined at 20, 60 and 112 days on the experimental period. During the experimental period the obtained data were weighed up through the variance analysis. Soybean, linseed or canola oils inclusion in the birds diet determined an increase at the polyunsaturated fatty acids percentage of the eggs. The produced eggs by the birds that were supplemented with oils, registered smaller cholesterol contents after 20 days of experimental diets supply. However, at 60 days experimental diets supply the eggs cholesterol contents were higher, as well as at 112 days birds feeding. It is concluded that the supplementation of the birds diet with vegetal oils rich in polyunsaturated fatty acids doesn't alter the nutritional composition of the eggs yolks. However, significant alterations were noticed in the fatty acids profile where the linseed oil supplementation promoted significant enrichment in polyunsaturated fatty acids of omega 3. The diet supply containing oils rich in polyunsaturated fatty acids doesn't reduce the cholesterol content of the eggs yolks.

**Keywords:** fatty acids, nutritional composition, vegetal oils, commercial eggs.

## INTRODUÇÃO

Os ovos enriquecidos com ácidos graxos poliinsaturados (PUFA), particularmente os ômega 3, têm despertado o interesse tanto de pesquisadores como do setor industrial de alimentos, por serem esses ácidos graxos essenciais ao desenvolvimento normal do organismo e, também, por possuírem papel importante na prevenção de doenças cardiovasculares, hipertensão, diabetes, artrite, problemas inflamatórios, auto-imunes e câncer (Simopoulos, 2000).

A maior concentração de lipídeos nos ovos encontra-se na gema e, dentre seus componentes, podem-se citar as lipoproteínas, fosfolipídeos, triacilgliceróis e colesterol. A composição em colesterol e ácidos graxos da fração lipídica da gema apresenta: 8,7 g de ácidos graxos saturados, 13,2 g de ácidos graxos monoinsaturados, 3,4 g de ácidos graxos poliinsaturados e 1.120 mg de colesterol, por 100 g de gema fresca (Holland et al., 1997).

Alguns pesquisadores (Baucells et al., 2000; Grobas et al., 2001; Gómez, 2003; Mazalli et al., 2004) têm demonstrado a possibilidade de modificar o perfil de ácidos graxos da fração lipídica dos ovos, reduzindo a concentração de alguns ácidos (ácidos graxos trans, ácido láurico e ácidos graxos saturados de cadeia curta) em benefício de outros na dieta das aves, como o ácido eicosapentaenoico (EPA, C20:5n-3) e o ácido docosahexaenoico (DHA, C22:6n-3), chamados ácidos graxos de cadeia longa por possuírem mais de 18 carbonos em sua estrutura química. Entretanto, vale lembrar que a modificação do perfil de ácidos graxos deve ser acompanhada, também, da manutenção de uma adequada relação entre ácidos graxos das famílias  $\omega$ -6 e  $\omega$ -3.

Outro fator que pode ser afetado pela nutrição das aves é a deposição de colesterol na gema do ovo (Hargis et al., 1991). A inclusão de ingredientes específicos em dietas para poedeiras comerciais, como óleos vegetais ricos em ácidos graxos insaturados, visa à modificação do padrão lipídico e à redução do nível de colesterol do ovo. Os resultados apresentados na literatura com relação aos possíveis efeitos da dieta sobre as concentrações de colesterol no ovo e no plasma são contraditórios (Murata et al., 2003). Segundo Holland et al. (1980) e Mori (2001), a adição de óleos ricos em ácidos graxos poliinsaturados, na dieta, diminui a concentração de colesterol no plasma e no ovo. Entretanto, diversas pesquisas afirmaram que não é possível reduzir o

conteúdo de colesterol da gema dos ovos, pois as aves conseguem manter estes níveis como sendo essenciais em sua composição (Bertechini, 2003).

Segundo Grobas e Mateos (1996), dos componentes do ovo, os lipídeos são os mais fáceis de serem alterados mediante a manipulação da dieta das aves. A composição dos ácidos graxos do ovo, particularmente o seu conteúdo em poliinsaturados, pode variar conforme o tipo de dieta da galinha. Para Simopoulos (2000), os ácidos graxos da gema, especialmente o palmítico e o esteárico, são pouco alterados em consequência de modificações dietéticas. Para Fennema (1993), a quantidade de ácidos graxos saturados não varia com as modificações da dieta animal, porém ocorre aumento do ácido linoleico e decréscimo do ácido oléico, ao se elevar a taxa de ácidos graxos poliinsaturados da dieta.

Diante do exposto, o objetivo da presente pesquisa foi a incorporação de ácidos graxos poliinsaturados ômega 3 e ômega 6 nas gemas de ovos de poedeiras comerciais através do fornecimento de dietas suplementadas com óleos de linhaça, soja e canola. A partir dessa suplementação, objetivou-se, também, avaliar seus efeitos sobre os níveis de colesterol e composição centesimal das gemas dos ovos.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O presente experimento foi conduzido na UNESP- Universidade Estadual Paulista, campus de Botucatu - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. Foram utilizadas 480 poedeiras comerciais brancas da linhagem Lohman LSL, com 33 semanas de idade no início do experimento, alimentadas por 112 dias com rações suplementadas com óleos vegetais ricos em ácidos graxos poliinsaturados, principalmente os das famílias Ômega 3 e Ômega 6, de acordo com os seguintes tratamentos experimentais: ração convencional sem adição de óleo (T1); inclusão de 2,5% de óleo de linhaça (T2); inclusão de 2,5% de óleo de canola (T3); inclusão de 2,5% de óleo de soja (T4); inclusão de 5% de óleo de linhaça (T5); inclusão de 5% de óleo de canola (T6); inclusão de 5% de óleo de soja (T7); inclusão de 2,5% de óleo de linhaça + 2,5% de óleo de soja (T8); inclusão de 2,5% de óleo de canola + 2,5% de óleo de soja (T9) e inclusão de 2,5% de óleo de linhaça + 2,5% de óleo canola (T10).

As aves foram alojadas em galpão de alvenaria com dimensões de 15m de comprimento e 7 m de largura, equipados com 84 gaiolas metálicas específicas para a

produção de ovos, medindo 100 cm de comprimento, 45 cm de altura e 45 cm de profundidade, com 2 compartimentos cada, e capacidade para alojar quatro aves por compartimento, perfazendo um total de 8 aves por gaiola. Foram utilizados comedouros independentes dispostos, frontalmente, à gaiola e bebedouros do tipo “nipple”. O programa de luz adotado foi de 17 horas diárias.

As características avaliadas foram: composição centesimal, perfil de ácidos graxos e teores de colesterol das gemas.

### **Composição Centesimal das gemas**

Aos 20, 60 e 112 dias do período experimental, coletou-se uma amostra de seis ovos por tratamento para determinação da composição nutricional das gemas.

As gemas “in natura” foram separadas, pesadas e homogeneizadas de modo a se obter um pool das seis gemas por tratamento. Os pools de gemas de cada tratamento compuseram as amostras experimentais, de onde foram determinados os teores de sólidos totais, de cinzas, de proteínas e de extrato etéreo (lipídeos).

O teor de proteínas das gemas foi obtido, segundo o método de Kjeldahl-micro, 39.1.19 da A.O.A.C. (2007), para a determinação do nitrogênio total. Para a determinação da percentagem de sólidos totais, utilizou-se a metodologia proposta por Silva e Queiroz (2002). Para a obtenção do teor de extrato etéreo das gemas, utilizou-se a metodologia descrita pela A.O.A.C. (2007), item 39.1.05. Finalmente, o teor de cinzas foi determinado segundo metodologia descrita por Silva e Queiroz (2002).

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente ao acaso com dez tratamentos e três repetições de seis ovos cada.

### **Perfil de Ácidos Graxos**

As análises para a determinação do perfil de ácidos graxos das gemas dos ovos foram realizadas aos 20, 60 e 112 dias do período experimental.

Inicialmente, as amostras de gemas foram desidratadas pelo processo de spray dryer. Foram efetuadas, posteriormente, a extração da fração lipídica e a metilação das amostras segundo a metodologia proposta por Hara e Radim (1978).

Posteriormente, o perfil dos ácidos graxos foi determinado através de cromatografia gasosa (com cromatógrafo ThermoFinnigan®, modelo Focus – São

Paulo, Brasil), utilizando-se uma coluna capilar de sílica fundida CP-SIL 88 (100 m x 0,25 mm x 0,2 mm, Varian) e um detector de ionização de chama (FID). Utilizou-se também um programa de gradiente de temperatura, com tempo total de corrida de 70 minutos, temperatura do injetor de 250 °C e do detector de 300 °C.

A injeção deu-se pelo modo “split” com relação 10:1. O gás de arraste utilizado foi o nitrogênio, com fluxo de 1,8 mL por minuto e 18 psi de pressão na cabeça da coluna.

O perfil dos ácidos graxos foi expresso em percentagem total, com o auxílio do CRM-14 (Comission of the European Communities, Comunity Bureau of Reference, Bruxelas, Bélgica), que possui valores certificados para onze ácidos graxos usados e estabelece os fatores de correção para cada um dos ácidos graxos certificados, utilizados para transformar o Pico em porcentagem de área.

### **Colesterol**

As análises para a determinação dos teores de colesterol dos ovos foram realizadas aos 20, 60 e 112 dias do período experimental, de acordo com a metodologia proposta por Bragagnolo e Rodriguez-Amaya (2003), com adaptações sugeridas por Mazalli et al. (2003), e o colesterol foi determinado através do emprego de um kit enzimático LABORLAB S.A.

A opção pelo método enzimático para determinação do colesterol baseou-se nos trabalhos de Nogueira e Bragagnolo (2002) e Mazzali et al. (2003), que verificaram não haver diferenças na quantificação dos níveis de colesterol obtidos pelo kit enzimático, rotineiramente usado para determinação do colesterol sérico, e pelo método cromatográfico, rotineiramente utilizado para determinação do colesterol em alimentos.

Os dados obtidos para a composição centesimal, o perfil de ácidos graxos e o teor de colesterol foram avaliados através da análise de variância de acordo com o pacote computacional SAS (2000). A comparação entre as médias foi efetuada através do teste *Tukey* ao nível 5% de significância.

O delineamento experimental utilizado para a determinação do perfil de ácidos graxos e do colesterol das gemas foi o inteiramente ao acaso, em esquema fatorial 10 X 3 (dez tratamentos e três períodos), com quatro repetições por tratamento.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, estão apresentados os dados referentes à composição em ácidos graxos dos óleos vegetais que compuseram as dietas experimentais.

Tabela 1. Composição analisada em ácidos graxos dos óleos vegetais empregados nas dietas experimentais (% do total de ácidos graxos).

Ácidos Graxos	Óleo de Canola	Óleo de Linhaça	Óleo de Soja
	%		
C16:0 – Ác. Palmítico	12,3751	6,3720	13,0608
C18:0 – Ác. Esteárico	2,4502	3,9842	2,2366
C18:1 – Ác. Oleico	45,2735	24,8235	23,0449
C18:2 – Ác. Linoleico ( $\omega$ 6)	36,5747	14,6624	56,4484
C18:3 – Ác. Linolênico ( $\omega$ 3)	3,3264	50,1580	5,2094

### Composição Centesimal das gemas

Na Tabela 2, estão apresentados os dados referentes à composição nutricional das gemas dos ovos de poedeiras comerciais alimentadas com rações suplementadas com óleos vegetais.

A análise de variância indicou efeitos significativos de tratamento sobre a composição lipídica e de minerais das gemas, entretanto não foram observados efeitos significativos de tratamento sobre os teores de sólidos totais e de proteínas das gemas.

Seibel et al. (2005) não verificaram diferenças no teor de proteínas das claras e das gemas dos ovos de codornas alimentadas com dietas contendo 2,7% de óleo de pescado e 5 e 10% de fração sólida de silagem química de pescado ao longo de 30 dias.

Os resultados obtidos com a presente pesquisa estão de acordo com os obtidos por Naber (1979), que afirmou que as características das proteínas dos ovos não são influenciadas pela dieta das aves. Cobos et al. (1995) trabalhando com a suplementação de lipídeos nas dietas de poedeiras, também não verificaram diferenças no teor de proteínas dos ovos.

Tabela 2. Composição percentual na matéria original de sólidos totais, proteínas, lipídeos e minerais das gemas dos ovos de poedeiras comerciais alimentadas com rações suplementadas com óleos vegetais fontes de ácidos graxos poliinsaturados.

Tratamentos	Sólidos Totais (%)	Proteínas (%)	Lipídeos (%)	Minerais (%)
Controle (sem óleo)	51,49	16,99	30,14ab	2,05b
2,5% linhaça	51,21	16,81	27,94a	2,05b
2,5% canola	51,20	17,07	32,21b	2,03b
2,5% soja	51,29	16,82	29,45ab	1,96ab
5% linhaça	51,54	17,18	27,93a	1,93ab
5% canola	51,31	16,69	27,63a	2,05b
5% soja	51,03	16,88	29,75a	2,00ab
2,5% linhaça +2,5% soja	52,00	16,57	28,46a	1,91ab
2,5% canola +2,5% soja	51,64	16,73	28,72a	1,76a
2,5% linhaça +2,5% canola	51,78	16,82	28,97a	1,81ab
Probabilidade	P>0,05	P>0,05	P<0,01	P<0,05
CV(%)	1,41	3,15	7,83	10,19

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem, significativamente, pelo teste Tukey ( $p<0,05$ ).

Com relação à influência exercida pelas dietas na composição dos ovos, vários autores mencionam mudanças constatadas principalmente nos teores de vitaminas (Surai e Sparks, 2001), de cinzas (Cobos et al., 1995) e de minerais (Manson et al., 1993).

Quanto ao teor de lipídeos das gemas, observou-se que os ovos provenientes das aves alimentadas com ração contendo 2,5% de óleo de canola apresentaram maior percentagem de lipídeos, não diferindo dos ovos das aves alimentadas com ração sem suplementação de óleo e suplementadas com 2,5% de óleo de soja, que apresentaram valores intermediários entre os demais tratamentos, e que proporcionaram menores percentagens de lipídeos, não diferindo entre si.

De acordo com Naber (1979), o componente majoritário dos ovos (lipídeos) pode ser facilmente modificado através da manipulação da dieta das aves. Hall e McKay (1993) comentaram que ovos oriundos de aves com idades heterogêneas apresentaram diferenças em seus teores de lipídeos. De acordo com Chwalibog (1992), com o aumento da idade da ave, observou-se aumento no teor de lipídeos e diminuição no teor de proteínas dos ovos.

Os resultados obtidos com a presente pesquisa, quanto à percentagem de lipídeos

da gema, estão de acordo com os reportados por Fennema (1993), o qual afirmou que a variação do conteúdo total de lipídeos na gema dos ovos está mais ligada à linhagem da ave do que, propriamente, à dieta oferecida às aves.

Sotelo e Gonzáles (2000) analisando a composição centesimal de ovos com baixos teores de colesterol, encontraram percentagem de lipídeos, nas gemas, variando entre 29,37 e 30%, valores estes semelhantes aos obtidos na presente pesquisa.

Com relação à composição em minerais, as gemas provenientes dos ovos do tratamento controle (sem óleo) diferiram, significativamente, apenas das gemas dos ovos provenientes das aves alimentadas com rações suplementadas com 2,5% de óleo de canola + 2,5% de óleo de soja, as quais apresentaram as menores concentrações.

Os resultados obtidos, neste trabalho, para o teor de minerais nas gemas variaram entre 1,76 e 2,05% e apresentaram-se semelhantes aos encontrados por Sotelo e Gonzáles (2000) que foi de 1,92%, quando avaliaram a composição centesimal de ovos com baixos teores de colesterol.

Seibel et al. (2005) trabalhando com codornas alimentadas com rações suplementadas com 2,7% de óleo de pescado e 5 e 10% de fração sólida de silagem química de pescado, não obtiveram diferenças entre tratamentos para teores de cinzas das claras e gemas dos ovos.

Cobos et al. (1995) ao avaliarem o teor de cinzas das gemas dos ovos oriundos de poedeiras Leghorn brancas e marrons, alimentadas com rações contendo diferentes ácidos graxos, obtiveram alterações em seus percentuais.

As diferenças obtidas na percentagem de lipídeos e de minerais nas gemas devem ser atribuídas mais propriamente a diferenças individuais inerentes a cada ave e ao seu metabolismo do que propriamente à dieta oferecida, uma vez que a composição centesimal das gemas dos ovos provenientes de poedeiras que foram ou não suplementadas com óleos apresentaram-se semelhantes, sendo muito pouco provável que o tipo de óleo tenha influenciado na percentagem de deposição de minerais ou de lipídeos nas gemas.

### **Perfil de Ácidos Graxos**

Na Tabela 3, estão apresentados os dados referentes às concentrações totais dos ácidos graxos saturados (AGS), monoinsaturados (AGM), poliinsaturados (AGPI),  $\omega$ 3 e

$\omega 6$  e as relações entre ácidos graxos monoinsaturados:saturados (AGM/AGS), poliinsaturados:saturados (AGPI/AGS) ,  $\omega 6:\omega 3$  ( $\omega 6/\omega 3$ ) nas gemas dos ovos de poedeiras comerciais alimentadas com rações suplementadas com óleos vegetais.

Tabela 3. Proporção de ácidos graxos (% dos lípides totais) presentes na gema dos ovos de poedeiras comerciais e suas relações, de acordo com os tratamentos experimentais empregados.

Ácidos Graxos (%)	Tratamento										Período (dias)			Efeitos		
											20	60	112	T	P	T x P
	Sem óleo	2,5%L	2,5%C	2,5%S	5%L	5%C	5%S	2,5%L+2,5S	2,5%L+2,5C	2,5%C+2,5S	2,5%L+2,5%C					
AGS	35,51ab	34,40abc	34,80abc	36,08a	32,04d	33,06cd	34,51abc	33,63bcd	34,24abc	33,59bcd	33,80	34,15	34,61	**	0,33	0,69
AGMI	48,63a	43,48bc	44,67b	40,44de	40,32def	41,83cd	35,98h	37,62gh	38,48fg	39,41efg	40,97b	42,17a	40,11b	**	**	0,85
AGPI	15,65g	21,79e	20,15f	23,18de	27,49bc	24,67d	29,23a	28,4ab	26,96bc	26,69c	24,82a	23,44b	25,03a	**	**	0,53
AGMI/AGS	1,54a	1,26b	1,28ab	1,12b	1,25b	1,26b	1,04b	1,12b	1,12b	1,17b	1,26	1,23	1,16	*	0,33	0,63
AGPI/AGS	0,50d	0,64c	0,57cd	0,64c	0,85 <sup>a</sup>	0,74b	0,84a	0,84a	0,78ab	0,79ab	0,75	0,69	0,72	**	0,07	0,47
ω 6 / ω 3	2,57a	0,37def	1,65b	1,60b	0,22f	1,31c	1,20c	0,40de	1,40c	0,49d	1,10b	1,03b	1,23a	**	**	0,76
ω 6	0,60	1,73	0,84	0,99	1,73	1,07	1,19	1,74	1,39	1,95	1,31	1,23	1,43	**	**	*
ω 3	0,24	4,70	0,51	0,63	8,00	0,82	0,99	4,38	0,99	4,20	2,55	2,66	2,39	**	*	*

Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem, significativamente, pelo teste Tukey ao nível de 5% de significância.

\*\* P < 0,01.

\* P < 0,05.

AGS = Ácidos Graxos Saturados; AGMI = Ácidos Graxos Monoinsaturados e AGPI = Ácidos Graxos Poliinsaturados

T= Tratamento; P= Período

**Sem óleo= Controle; 2,5%L= 2,5% linhaça; 2,5%C= 2,5% canola; 2,5%S= 2,5% soja; 5%L=5,0% linhaça; 5%C= 5,0% canola; 5%S= 5,0% soja; 2,5%L+2,5%S=2,5% linhaça + 2,5% soja; 2,5%C+2,5%S= 2,5% canola + 2,5% soja; 2,5%L+2,5%C=2,5% linhaça + 2,5% canola**

Tabela 4. Desdobramento da interação tratamento x período na incorporação de ácidos graxos  $\omega$ -6 e  $\omega$ -3 nas gemas dos ovos de poedeiras suplementadas com óleos vegetais.

Ácidos Graxos (%)	Período (dias)	Tratamento									
		Sem óleo	2,5%L	2,5%C	2,5%S	5%L	5%C	5%S	2,5%L+2,5S	2,5%C+2,5S	2,5%L+2,5%C
$\omega$ -6	20	0,70Ca	1,78Aa	0,76Ca	0,92BCa	1,73Aa	0,96BCa	1,22Ba	1,80Aa	1,21Bb	1,98Aab
	60	0,51Da	1,67Aa	0,79CDa	0,95BCa	1,61Aa	1,09Ba	1,03BCa	1,76Aa	1,09Bb	1,72Ab
	112	0,58Ea	1,75Ba	0,95Da	1,08CDa	1,86Ba	1,15CDa	1,30Ca	1,67Ba	1,87Ba	2,25Aa
$\omega$ -3	20	0,27Ea	5,19Ba	0,52DEa	0,62DEa	7,59Ab	0,72DEa	0,92Da	4,35Cab	0,89Da	4,39Ca
	60	0,22Da	4,55Bb	0,50CDa	0,59CDa	8,58Aa	0,93Ca	0,99Ca	4,89Ba	0,86Ca	4,40Ba
	112	0,22Fa	4,35Bb	0,49EFa	0,66DEFa	7,84Ab	0,80DEFa	1,06DEa	3,88BCb	1,24Da	3,55Cb

Médias seguidas de diferentes letras maiúsculas na linha e minúsculas na coluna diferem, significativamente, pelo teste Tukey ( $P < 0,05$ ).

**Sem óleo**= Controle; **2,5%L**= 2,5% linhaça; **2,5%C**= 2,5% canola; **2,5%S**= 2,5% soja; **5%L**=5,0% linhaça; **5%C**= 5,0% canola; **5%S**= 5,0% soja; **2,5%L+2,5%S**=2,5% linhaça + 2,5% soja; **2,5%C+2,5%S**= 2,5% canola + 2,5% soja; **2,5%L+2,5%C**=2,5% linhaça + 2,5% canola

Constatou-se interação significativa entre os tratamentos e períodos estudados apenas para as percentagens de  $\omega$ -3 e  $\omega$ -6, e os desdobramentos dessas interações encontram-se na Tabela 4.

Houve efeito isolado de tratamento para todas as características avaliadas. Em relação ao período, houve diferenças significativas apenas para AGMI, AGPI,  $\omega$ -3/ $\omega$ -6,  $\omega$ -6 e  $\omega$ -3.

### **Ácidos Graxos Saturados (AGS)**

Com relação aos AGS, observa-se que as gemas dos ovos que apresentaram maior percentagem de AGS foram provenientes das aves suplementadas com 2,5% de óleo de soja, enquanto as gemas provenientes das aves suplementadas com 5% de óleo de linhaça apresentaram o menor percentual de AGS. Os demais tratamentos apresentaram valores intermediários a estes.

Os teores mais baixos de ácidos graxos saturados obtidos para gemas dos ovos provenientes de poedeiras suplementadas com óleo de linhaça são explicados pela alta composição em ácidos graxos insaturados e baixa composição em ácidos graxos saturados deste óleo que, fornecido via dieta das aves, alterou diretamente o perfil lipídico dos ovos.

Os resultados obtidos com a presente pesquisa concordam com os obtidos por Lima Neto et al. (2007), que verificando a influência da substituição do óleo de soja pelo óleo de linhaça nos níveis de 0,0, 0,5, 1,0, 1,5 e 2,0%, na ração de poedeiras comerciais, sobre a concentração total de ácidos graxos dos ovos, observaram que a suplementação com 2,0% de óleo de linhaça em substituição ao óleo de soja promoveu redução na concentração de ácidos graxos saturados totais das gemas.

Em contrapartida, Aymond e Van Elswyk (1995), incorporando à dieta de poedeiras 5% e 15% de semente de linhaça, não obtiveram alterações nas concentrações totais de ácidos graxos saturados na gema dos ovos, quando em comparação ao grupo controle.

Baucells et al. (2000) não obtiveram alterações nas concentrações totais de ácidos graxos saturados nas gemas dos ovos oriundos de poedeiras suplementadas com 4% de óleo de linhaça ou 4% de óleo de peixe, resultado este que discorda com os obtidos no presente estudo, onde se verificou que alta suplementação com óleo de

linhaça, na dieta de poedeiras, promoveu diminuição nos teores totais de ácidos graxos saturados das gemas dos ovos.

### **Ácidos Graxos Monoinsaturados (AGMI)**

Em relação aos efeitos de tratamento, as gemas dos ovos provenientes das aves alimentadas com ração sem suplementação de óleo apresentaram maiores concentrações totais de ácidos graxos monoinsaturados. As menores proporções foram registradas para ovos oriundos das aves alimentadas com rações suplementadas com 5% de óleo de soja e 2,5% de óleo de linhaça + 2,5% óleo de soja. Os demais tratamentos registraram valores intermediários a estes. Observou-se que a suplementação com óleos vegetais na dieta de poedeiras, independente do óleo ou do nível de inclusão, promoveu redução no teor dos ácidos graxos monoinsaturados da gema dos ovos.

Trabalhando com adição dos óleos de algodão, soja, girassol, canola e banha suína na ração de poedeiras comerciais Isa Brown, Filardi et al. (2004) obtiveram menor incorporação de ácidos graxos monoinsaturados nas gemas dos ovos provenientes das poedeiras suplementadas com banha suína e óleo de canola.

Pita (2007) trabalhando com poedeiras comerciais suplementadas com óleos de soja, milho, canola, linhaça, salmão e sardinha + atum, observou alteração na percentagem total de ácidos graxos monoinsaturados das gemas dos ovos oriundos das aves alimentadas com rações suplementadas com óleo de canola que apresentaram maior composição em ácidos graxos monoinsaturados e os ovos oriundos das poedeiras alimentadas com rações suplementadas com óleos de soja e milho, menor composição percentual destes ácidos graxos. Esses resultados concordam com os obtidos na presente pesquisa, onde a suplementação com óleo de soja, comparativamente ao óleo de canola, promoveu menor incorporação de ácidos graxos monoinsaturados na gema dos ovos. Este fato pode ser explicado pela composição mais elevada em ácidos graxos monoinsaturados do óleo de canola, comparativamente ao óleo de soja, a qual foi incorporada aos ovos.

Constatou-se efeito significativo ( $P < 0,01$ ) de período sobre a incorporação de ácidos graxos monoinsaturados na gema dos ovos, visto que a maior incorporação foi registrada para ovos avaliados após 60 dias de suplementação com óleos vegetais.

Os resultados obtidos com o presente estudo concordam com os obtidos por

Botsoglou et al. (1998), ao fornecerem 10% e 15% de sementes de linhaça às poedeiras, obtiveram diminuição no conteúdo de ácidos graxos monoinsaturados nas gemas dos ovos. Redução no conteúdo total de ácidos graxos monoinsaturados das gemas dos ovos também foi relatada por Grobas et al. (2001), ao suplementarem a dieta das aves com 5% e 10% de óleo de linhaça.

Baucells et al. (2000) encontraram teores mais elevados de ácidos graxos monoinsaturados nas gemas dos ovos oriundos de poedeiras suplementadas com 4% de óleo de canola, em comparação com ovos provenientes de poedeiras alimentadas com rações suplementadas com 4% de óleo de linhaça e 4% de óleo de peixe, resultado que discorda com os obtidos no presente estudo, onde não foram constatadas diferenças nos teores de ácidos graxos monoinsaturados das gemas dos ovos provenientes de poedeiras suplementadas com óleo de canola e óleo de linhaça.

Os resultados obtidos podem ser explicados conforme os relatos de Cherian e Sim (1991), que afirmaram que o excesso de ácidos graxos poliinsaturados da série  $\omega$ -3 na dieta promove inibição da atividade da enzima formadora do ácido oleico (monoinsaturado); diminuindo, portanto, sua concentração, bem como a dos ácidos graxos monoinsaturados disponíveis, e dessa forma, diminuindo seus teores nas gemas dos ovos. Este fato foi observado na presente pesquisa onde, à medida que suplementaram-se as dietas das poedeiras com óleos vegetais ricos em ácidos graxos poliinsaturados em concentrações elevadas (5%), observou-se diminuição na concentração de ácidos graxos monoinsaturados nas gemas.

### **Ácidos Graxos Poliinsaturados (PUFAs) - AGPI**

Com relação à composição de AGPI das gemas dos ovos, observa-se que as aves que não receberam suplementação de óleo, na dieta, produziram ovos com percentual total de ácidos graxos poliinsaturados nas gemas muito inferior aos dos ovos provenientes das poedeiras suplementadas com óleo, independentemente do tipo de óleo.

Os maiores percentuais de ácidos graxos poliinsaturados foram registrados para os ovos oriundos das aves suplementadas com 5% de óleo de linhaça, 5% óleo de soja, 2,5% de óleo de linhaça + 2,5% de óleo de soja, 2,5% de óleo de canola + 2,5% de óleo de soja e 2,5% de óleo de linhaça + 2,5% de óleo de canola.

Esse resultado deve-se ao alto teor de ácidos graxos poliinsaturados encontrado, principalmente, nos óleos de soja e linhaça que foi incorporado aos ovos. De acordo com Pita (2007), Leeson e Summers (2001) e Cherian et al. (1996), nas aves poedeiras, os triglicérides ingeridos são hidrolisados no intestino a ácidos graxos e monoglicérides e absorvidos no lúmen intestinal pelo sistema porta hepático, sendo transportados através de portomicrons até o fígado. O sistema hepático é responsável pela síntese das VLDLs que serão transportadas pelo plasma até a gema do ovo. As VLDLs são incorporadas à gema de forma intacta. Esta característica única do metabolismo lipídico das aves possibilita que o perfil de ácidos graxos dos ovos possa ser manipulado proporcionalmente ao conteúdo e qualidade da gordura da dieta.

Constatou-se, também, efeito significativo de período sobre a incorporação de ácidos graxos poliinsaturados nas gemas, posto que maiores incorporações foram registradas para ovos avaliados aos 20 e 112 dias de alimentação das aves com as dietas experimentais.

Pita (2007) suplementando a dieta de poedeiras com óleo, obteve alterações nos teores de ácidos graxos poliinsaturados das gemas, pois as aves suplementadas com 3% de óleos de canola, salmão e sardinha + atum produziram ovos com menores teores desses ácidos graxos, quando comparados com ovos provenientes de poedeiras suplementadas com 3% dos óleos de soja, milho e linhaça.

Os resultados encontrados na presente pesquisa concordam com os obtidos por Baucells et al. (2000), que observaram aumento nos teores de ácidos graxos poliinsaturados em ovos de poedeiras suplementadas com 4% de óleo de linhaça ou soja, em relação aos ovos de poedeiras alimentadas com óleos de canola e peixe.

De acordo com o presente estudo, observou-se que a composição dos ácidos graxos da gema dos ovos sofreu alteração significativa com a substituição da fonte de ácidos graxos da dieta, resultado esse que corrobora com os obtidos por Aymond e Van Elswyk (1995), Carvalho (2006), Cherian et al. (1996), Mori (2001), Pita (2003), Pita (2007) e Piber Neto (2006).

O Gráfico 1 ilustra a variação obtida com o emprego dos tratamentos experimentais para os teores de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poliinsaturados (% dos lípides totais) que compõem as gemas dos ovos.

### **Relação entre Ácidos Graxos Monoinsaturados (AGMI) e Ácidos Graxos Saturados (AGS)**

Observou-se efeito significativo dos tratamentos sobre a proporção de ácidos graxos monoinsaturados em relação aos saturados das gemas. A maior proporção foi observada para as gemas dos ovos provenientes das aves alimentadas com rações sem suplementação de óleo, quando comparadas às gemas dos demais tratamentos, com exceção das gemas dos ovos das aves suplementadas com 2,5% de óleo de canola que não diferiu de nenhum dos tratamentos.

### **Relação entre Ácidos Graxos Poliinsaturados (AGPI) e Ácidos Graxos Saturados (AGS)**

A relação entre os ácidos graxos poliinsaturados e saturados das gemas dos ovos também foi alterada, significativamente, com a incorporação dos óleos vegetais nas dietas das poedeiras. A suplementação com óleos, na dieta, levou ao aumento na relação entre esses dois tipos de ácidos graxos. Com o aumento da inclusão de óleo de 2,5% para 5%, obteve-se aumento ainda mais acentuado na relação entre estes ácidos graxos. Este resultado deve-se à alta concentração de ácidos graxos insaturados presentes nos óleos vegetais suplementados nas dietas das poedeiras e que foram incorporados aos ovos. A relação entre ácidos graxos poliinsaturados e saturados não foi alterada significativamente durante os três períodos avaliados (20, 60 e 112 dias).

### **Relação entre Ácidos Graxos $\omega$ -6 e Ácidos Graxos $\omega$ -3**

Observou-se efeito significativo de tratamento sobre a relação entre os ácidos graxos  $\omega$ -6 e  $\omega$ -3 das gemas dos ovos. A relação apresentou-se alterada nos ovos provenientes de poedeiras suplementadas com óleo, independentemente do tipo de óleo, quando comparados com ovos provindos de poedeiras que não receberam suplementação de óleo na dieta.

A suplementação com óleo de linhaça na dieta de poedeiras, independente do seu nível de inclusão, promoveu decréscimo acentuado na relação  $\omega$ -6: $\omega$ -3 da gema dos ovos. Isto se deve à alta concentração de ácidos graxos  $\omega$ -3 no óleo de linhaça e que foi incorporada aos ovos.

Observou-se, ainda, efeito significativo de período sobre a relação  $\omega$ -6: $\omega$ -3 das

gemas dos ovos, pois os ovos produzidos aos 112 dias do período experimental apresentaram a maior relação.

A alimentação humana, em tempos remotos, baseava-se em uma dieta com relação  $\omega$ -6: $\omega$ -3 de aproximadamente 1, entretanto, devido aos avanços tecnológicos e, conseqüentemente, à mudança nos hábitos alimentares, esta relação elevou-se gradativamente, chegando a valores de 10:1 até 25:1 nas dietas ocidentais (Simopoulos, 2000). De acordo com o mesmo autor, a ingestão de PUFAS  $\omega$ -6: $\omega$ -3 em proporções adequadas se faz necessária, para que haja um balanço correto na cadeia de transformação dos ácidos graxos dentro das células, sendo que a relação de 4:1 entre estes ácidos graxos tem-se mostrado ótima para a transformação de ácidos graxos  $\sigma$ -linolênico em PUFAS n-3 de cadeia longa.

A análise do perfil de ácidos graxos evidenciou interação significativa entre os tratamentos empregados e períodos estudados para a incorporação de ácidos graxos poliinsaturados  $\omega$ -3 e  $\omega$ -6 nos ovos, conforme observa-se na Tabela 4.

### **Ômega - 6 ( $\omega$ -6)**

De acordo com os resultados obtidos, notou-se que, aos 20 dias de fornecimento das dietas experimentais, os ovos produzidos pelas aves alimentadas com rações suplementadas com 2,5% de óleo de linhaça, 5,0% de óleo de linhaça, 2,5% de óleo de linhaça + 2,5% de óleo de soja e 2,5% de óleo de linhaça + 2,5% de óleo de canola apresentaram maior incorporação de ácidos graxos poliinsaturados  $\omega$ -6 nas gemas dos ovos. A menor incorporação desses ácidos graxos foi detectada para ovos provenientes das aves alimentadas com ração sem suplementação de óleo e com suplementação de 2,5% de óleo de canola.

Aos 60 dias do período experimental, ovos produzidos pelas aves suplementadas com 2,5% de óleo de linhaça, 5,0% de óleo de linhaça, 2,5% de óleo de linhaça + 2,5% de óleo de soja e 2,5% de óleo de linhaça + 2,5% de óleo de canola apresentaram maiores percentuais de incorporação de ácidos graxos  $\omega$ -6 nas gemas dos ovos. Os ovos provenientes das aves alimentadas com ração sem suplementação de óleo apresentaram menores taxas de incorporação de  $\omega$ -6 nas gemas dos ovos, não diferindo apenas dos ovos provenientes de poedeiras suplementadas com 2,5% de óleo de canola.

Aos 112 dias do período experimental, gemas dos ovos produzidos pelas aves

alimentadas com rações suplementadas com 2,5% de óleo de linhaça + 2,5% de óleo de canola apresentaram incorporação de ácidos graxos poliinsaturados  $\omega$ -6 mais elevada que os demais tratamentos, sendo que a menor incorporação foi verificada nas gemas dos ovos provenientes das poedeiras que não foram suplementadas com óleo na dieta.

Observou-se interação significativa entre os tratamentos e períodos estudados para a incorporação de ácidos graxos  $\omega$ -6 nas gemas dos ovos oriundos das aves suplementadas com 2,5% de óleo de canola + 2,5% de óleo de soja e 2,5% de óleo de linhaça + 2,5% de óleo de canola. As gemas dos ovos provenientes das poedeiras suplementadas com 2,5% de óleo de canola + 2,5% de óleo de soja apresentaram maior incorporação de  $\omega$ 6 aos 112 dias do período experimental. Para ovos oriundos das aves suplementadas com 2,5% de óleo de linhaça + 2,5% de óleo de canola, a maior incorporação de  $\omega$ -6 nas gemas deu-se aos 112 dias do período experimental, comparativamente, às gemas dos ovos produzidos aos 60 dias do período experimental.

Os resultados obtidos com o presente estudo corroboram com relatos de Ahn et al. (1995), Cherian et al. (1996b), Hargis et al. (1991), Cherian e Sim (1991), Cherian e Sim (1992), Cherian e Sim (2001), Mori (2001), Lopez-Bote et al. (1998), Grobas et al. (2001) e Scheideler e Froning (1996), que afirmaram que a síntese hepática é responsável pelo suprimento dos lipídeos necessários para formação da gema do ovo, sendo que os lipídeos depositados no tecido adiposo são mobilizados somente em circunstâncias extremas de baixa energia dietética. De acordo com os mesmos autores, a composição de ácidos graxos das gemas dos ovos pode ser modificada através da nutrição das aves, principalmente, se alterarmos a fonte ou a quantidade de óleos ou gorduras da dieta, fato esse comprovado pela presente pesquisa.

### **Ômega - 3 ( $\omega$ -3)**

Durante os primeiros 20 dias de fornecimento das dietas experimentais, observou-se que os ovos produzidos pelas aves suplementadas com 5% de óleo de linhaça apresentaram percentuais mais elevados de incorporação de ácidos graxos poliinsaturados  $\omega$ -3 nas gemas.

Os ovos provenientes das poedeiras alimentadas com ração sem suplementação de óleo apresentaram incorporação de  $\omega$ -3 inferior aos ovos provenientes das poedeiras alimentadas com rações suplementadas com 2,5% de óleo de linhaça, 5,0% de óleo de

linhaça, 5,0% de óleo de soja, 2,5% de óleo de linhaça + 2,5% de óleo de soja, 2,5% de óleo de canola + 2,5% de óleo de soja e 2,5% de óleo de linhaça + 2,5% de óleo de canola. Observou-se, ainda, que ovos oriundos das poedeiras suplementadas com 2,5% e 5% de óleo de linhaça apresentaram gemas com maior percentual de incorporação de  $\omega$ -3.

Aos 60 dias do período experimental, ovos produzidos pelas aves suplementadas com 5% de óleo de linhaça também apresentaram percentuais mais elevados de incorporação de ácidos graxos poliinsaturados  $\omega$ -3 nas gemas, quando comparados com ovos provenientes dos demais tratamentos. Entretanto, nota-se que os ovos oriundos das poedeiras suplementadas com 2,5 e 5% de óleo de linhaça, 2,5% de óleo de linhaça + 2,5% óleo de soja e 2,5% óleo de linhaça + 2,5% óleo de canola apresentaram teores elevados de incorporação de  $\omega$ -3 nas gemas dos ovos, devido, principalmente, à presença do óleo de linhaça na dieta dessas aves.

Os ovos oriundos das poedeiras alimentadas com ração sem suplementação de óleo apresentaram incorporação de  $\omega$ -3 nas gemas, significativamente, menor que os ovos provenientes das poedeiras alimentadas com rações suplementadas 2,5% de óleo de linhaça, 5,0% de óleo de linhaça, 5,0% canola; 5,0% de óleo de soja, 2,5% de óleo de linhaça + 2,5% de óleo de soja, 2,5% de óleo de canola + 2,5% de óleo de soja e 2,5% de óleo de linhaça + 2,5% de óleo de canola.

Assim como os resultados observados para os demais períodos, aos 112 dias os ovos produzidos pelas aves suplementadas com 5% de óleo de linhaça apresentaram percentuais muito elevados de incorporação de ácidos graxos poliinsaturados  $\omega$ -3 na gemas, quando comparados aos ovos provenientes dos demais tratamentos. Já, os ovos oriundos das poedeiras alimentadas com ração sem suplementação de óleo apresentaram incorporação de  $\omega$ -3 nas gemas, significativamente, menor que os ovos provenientes das poedeiras alimentadas com rações suplementadas 2,5% de óleo de linhaça, 5,0% de óleo de linhaça, 5,0% de óleo de soja, 2,5% de óleo de linhaça + 2,5% de óleo de soja, 2,5% de óleo de canola + 2,5% de óleo de soja e 2,5% de óleo de linhaça + 2,5% de óleo de canola.

Diante dos resultados obtidos, observa-se que o óleo de linhaça promoveu maior percentual de incorporação de ácidos graxos  $\omega$ -3 nas gemas dos ovos, sendo que a suplementação com 5% do óleo na dieta das aves promoveu incremento 35 vezes maior

de  $\omega$ -3 na gemas, quando estas foram comparadas com gemas dos ovos provenientes de poedeiras que não foram suplementadas com qualquer tipo de óleo na dieta; já a suplementação com 2,5% do óleo de linhaça na dieta das aves promoveu incorporação 20 vezes maior de  $\omega$ -3.

A partir dos resultados obtidos, observou-se ainda que, já aos 20 dias de suplementação das aves com óleos vegetais, houve significativa incorporação dos ácidos graxos presentes na dieta para gemas dos ovos, sendo que, para ovos provenientes das aves alimentadas com rações suplementadas com 5% de óleo de linhaça, a máxima incorporação foi detectada aos 60 dias experimentais.

Os teores altamente elevados de ácidos graxos poliinsaturados  $\omega$ -3, registrados pelas gemas dos ovos provenientes das poedeiras suplementadas com 2,5 e 5% de óleo de linhaça, devem-se à composição rica em ácidos graxos  $\omega$ -3 apresentada por esse óleo.

Para ovos provenientes das poedeiras suplementadas com 2,5% de óleo de linhaça, maiores níveis de  $\omega$ -3 nas gemas foram registrados após 20 dias do fornecimento das dietas experimentais. Resultado semelhante foi observado para gemas dos ovos oriundos de poedeiras suplementadas com 2,5% de óleo de linhaça e 2,5% de óleo de soja.

As gemas dos ovos provenientes de poedeiras suplementadas com 5% de óleo de linhaça apresentaram maiores teores de  $\omega$ -3 aos 60 dias do período experimental.

Finalmente, para ovos oriundos das aves suplementadas com 2,5% de óleo de linhaça + 2,5% de óleo de canola, incorporações mais elevadas de  $\omega$ -3 nas gemas foram detectadas aos 20 e 60 dias do período experimental.

Os resultados obtidos na presente pesquisa corroboram com os obtidos por Pita (2003) que, suplementando a dieta de poedeiras com 3% de óleo de linhaça, demonstrou maior incorporação de PUFAs n-3, bem como de PUFAs totais nos ovos, quando comparados com ovos oriundos de poedeiras alimentadas com dietas ricas em óleos de canola ou mistura dos dois óleos.

Pita (2007) suplementando a dieta de poedeiras com diferentes óleos, obteve diferenças para incorporação de ácidos graxos  $\omega$ -3 nas gemas dos ovos, em que o menor percentual de incorporação foi obtido com o emprego de 3% de óleo de milho na dieta, incorporações intermediárias, através da suplementação com 3% dos óleos de soja e

canola, sendo que a maior deposição desses ácidos graxos foi registrada para ovos provenientes de poedeiras suplementadas com 3% de óleo de linhaça, resultado também obtido com o presente estudo.

Baucells et al. (2000), Galobart et al. (2001), Mori (2001), Pita (2003) e Pita (2007) obtiveram maiores concentrações de ácidos graxos poliinsaturados  $\omega$ -3 totais nas gemas de ovos oriundos de poedeiras suplementadas com linhaça ou com seu óleo, quando comparados com gemas dos ovos provenientes de poedeiras suplementadas com diversos tipos de óleos, tais como milho, canola, soja, girassol, marinho ou de peixes. Assim como no presente estudo, isto pode ser explicado pelos elevados teores de ácidos graxos  $\omega$ -3 encontrados no óleo de linhaça.

Com relação ao tempo de incorporação dos ácidos graxos nas gemas dos ovos, Pita (2007) observou que a incorporação total dos mesmos não ocorreu nos dois primeiros dias de arraçamento das aves, levando um período máximo de 10 dias para que os teores dos diferentes ácidos graxos da dieta se estabilizassem na gema dos ovos. No presente estudo, as primeiras análises do perfil de ácidos graxos dos ovos foram realizadas após 20 dias de fornecimento das dietas experimentais às aves, período em que se observou incorporação total de praticamente todos os ácidos graxos estudados. Existem, em média, cinco a sete gemas pré-formadas no ovário das galinhas poedeiras dentro da hierarquia folicular, o que permite o entendimento de que a incorporação de novos nutrientes ao ovo e, conseqüentemente, à gema, após administração de nova dieta, só poderá ocorrer, em sua totalidade, a partir do quinto ao sétimo dia após o fornecimento da ração experimental (Grimminger, 1986).

Em contrapartida, Hargis et al. (1991) afirmaram que, à medida que a galinha consome nova dieta suplementada com fontes de lipídeos, o perfil de ácidos graxos do ovo é modificado gradualmente, sendo que as mudanças mais acentuadas são observadas entre 12 e 15 dias após o fornecimento da nova dieta.

### **Colesterol**

Foi evidenciada interação significativa entre os tratamentos empregados e os períodos estudados para o teor de colesterol das gemas dos ovos, conforme apresentado nas Tabelas 5 e 6.

Após 20 dias de fornecimento das dietas experimentais, observou-se que os

teores de colesterol determinados nas gemas dos ovos provenientes de poedeiras que não foram suplementadas com óleo, na dieta, apresentaram-se semelhantes aos teores de colesterol encontrados para os ovos dos demais tratamentos, com exceção dos ovos oriundos das poedeiras que foram suplementadas com 2,5% de óleo de canola + 2,5% de óleo de soja e 2,5% de óleo de linhaça + 2,5% de óleo de canola, os quais apresentaram os menores níveis.

Aos 60 dias de fornecimento das dietas experimentais, constatou-se que ovos provenientes das poedeiras que não foram suplementadas com óleo, na dieta, apresentaram teores de colesterol significativamente inferiores aos ovos oriundos das poedeiras suplementadas com 5% de óleo de linhaça, 5% de óleo de canola, 5% de óleo de soja, 2,5% de óleo de linhaça + 2,5% de óleo de soja, 2,5% de óleo de canola + 2,5% de óleo de soja e 2,5% de óleo de linhaça + 2,5% de óleo de canola.

Tabela 5. Teores de colesterol das gemas (mg/100g) dos ovos de poedeiras alimentadas com rações suplementadas com óleos vegetais.

Tratamentos	Colesterol (mg/100g)
Controle (sem óleo)	1078,81
2,5% linhaça	1049,83
2,5% canola	1023,41
2,5% soja	1066,43
5% linhaça	1114,11
5% canola	1138,12
5% soja	1096,14
2,5% linhaça + 2,5% soja	1090,15
2,5% canola + 2,5% soja	1055,68
2,5% linhaça + 2,5% canola	987,53
Probabilidade	P<0,01
Períodos	
20	792,04
60	1356,56
112	1061,47
Probabilidade	P<0,01
TratxPer	P<0,01
CV (%)	8,74

Tabela 6. Desdobramento da interação entre os períodos de fornecimento das dietas experimentais e os tratamentos experimentais para os níveis de colesterol presentes nas gemas dos ovos de poedeiras comerciais leves suplementadas com óleos vegetais.

Período (dias)	Tratamento										
	Sem óleo	2,5%L	2,5%C	2,5%S	5%L	5%C	5%S	2,5%L+ 2,5S	2,5%L+ 2,5S	2,5%C+ 2,5S	2,5%L+ 2,5%C
20	844,37Ab	834,092ABc	797,59ABCc	827,71ABc	836,05ABc	824,57ABc	823,56ABc	745,72ABCc	745,72ABCc	680,22Cc	706,55BCc
60	1233,28Ca	1324,95ABCa	1306,53ABCa	1271,42BCa	1373,62ABa	1448,43Aa	1390,34ABa	1432,64Aa	1432,64Aa	1374,75ABa	1409,65Aa
112	1158,80Aa	990,47Bb	966,12BCb	1100,18ABb	1132,67Ab	1141,39Ab	1074,51ABb	1092,12ABb	1092,12ABb	1112,09ABb	846,42Cb

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem, significativamente, pelo teste Tukey ( $P < 0,05$ ).

**Sem óleo**= Controle; **2,5%L**= 2,5% linhaça; **2,5%C**= 2,5% canola; **2,5%S**= 2,5% soja; **5%L**=5,0% linhaça; **5%C**= 5,0% canola; **5%S**= 5,0% soja; **2,5%L+2,5%S**=2,5% linhaça + 2,5% soja; **2,5%C+2,5%S**= 2,5% canola + 2,5% soja; **2,5%L+2,5%C**=2,5% linhaça + 2,5% canola

Após 112 dias, ovos produzidos pelas poedeiras submetidas à dieta sem suplementação de óleo apresentaram maiores teores de colesterol nas gemas, quando comparados com ovos oriundos das poedeiras submetidas às dietas com suplementação de 2,5% de óleo de linhaça, 2,5% de óleo de canola e 2,5% de óleo de linhaça + 2,5% de óleo de canola, não diferindo significativamente dos demais.

Observou-se interação significativa entre os tratamentos e períodos estudados para os teores de colesterol nas gemas dos ovos oriundos das poedeiras submetidas a todos os tratamentos experimentais. Para ovos das poedeiras que não foram suplementadas com óleo, na dieta, maiores teores de colesterol nas gemas foram registrados aos 60 e 112 dias do período experimental.

Os ovos produzidos pelas aves que foram suplementadas com óleo registraram menores teores de colesterol após 20 dias do fornecimento das dietas experimentais, entretanto, aos 60 dias de fornecimento, os teores de colesterol dos ovos encontraram-se mais elevados, sendo valores intermediários a estes registrados aos 112 dias do período experimental. Observa-se que com o avanço da idade das aves, o teor de colesterol dos ovos tendeu a aumentar. Esses resultados concordam com os relatos de Beyer e Jensen (1989), que afirmam que o colesterol dos ovos possui correlação positiva com a linhagem e a idade das aves, peso do ovo e peso da gema e, correlação negativa com o percentual de produção e níveis proteicos da dieta.

Os teores elevados de colesterol na gema dos ovos suplementados com 5% de óleo podem ser justificados segundo os relatos de Vargas e Naber (1984), que correlacionaram os teores de colesterol da gema dos ovos com o balanço energético das dietas, pois a energia consumida em excesso, acima das necessidades de manutenção e produção das aves, seria refletida no aumento do peso corporal e no aumento da síntese de colesterol. Dessa forma, o excesso de colesterol seria transferido para a gema do ovo.

Pesquisas utilizando-se da manipulação da dieta das aves, com o objetivo de reduzir-se os níveis de colesterol nos ovos, têm revelado resultados bastante divergentes. Estudos relatam que os ácidos graxos poliinsaturados que compõem os óleos vegetais suplementados na dieta diminuem, simultaneamente, a concentração de colesterol do ovo e do plasma das aves (Harris e Wilcox, 1963; Holland et al., 1980; Mori et al., 1999). Entretanto, os mesmos resultados não foram obtidos por outros autores (Bartov et al., 1971 e Wasburn e Nix, 1974) nem pela presente pesquisa.

Santos (1998) verificou que a adição de óleos de soja (2 e 4%), canola (2 e 4%) e óleo poliinsaturado marinho (0,1 a 0,2%), na dieta de poedeiras comerciais, não alterou os níveis de colesterol na gema dos ovos.

Resultados semelhantes foram obtidos por Grobas et al. (1997), que não observaram diferença no conteúdo de colesterol dos ovos, quando compararam uma dieta à base de trigo e de soja, sem adição de gordura (controle), com dietas suplementadas com 7,5% de sebo e óleos de oliva, soja, linhaça ou peixe.

De acordo com Bertechini (2003), a galinha possui dez vezes mais capacidade de produção de colesterol, por quilograma de fígado, que o homem. Dessa forma, a manipulação da dieta das aves com intuito de abaixar o colesterol dos ovos é pouco significativa, já que as aves conseguem manter seu conteúdo como sendo essencial em sua composição, como pode ser observado com os resultados obtidos pela presente pesquisa.

A concentração de colesterol na gema é muito resistente a mudanças porque a ave mantém um determinado nível de colesterol para garantir o desenvolvimento do embrião (Shafey e Cham, 1994). Por outro lado, a ave tem habilidade para alterar o conteúdo de ácidos graxos poliinsaturados na gema, em resposta ao tipo de fonte de lipídeos fornecidos na ração. Isto ocorre porque nas aves, ao contrário dos mamíferos, a absorção da gordura da dieta ocorre via sistema portal na forma de portomicrons que são absorvidos diretamente para o sangue e transportados para o fígado, que é o maior local de lipogênese, permitindo, assim, a absorção direta da gordura pelo fígado (Van-Elswyk et al., 1994).

## **CONCLUSÕES**

Diante dos resultados obtidos com a presente pesquisa, pode-se concluir que o emprego de óleos vegetais na dieta de poedeiras comerciais leves, com o objetivo de melhorar a composição lipídica dos ovos, não altera a composição nutricional (sólidos totais, proteína, lipídeos e minerais) dos mesmos. Entretanto, a composição de ácidos graxos da gema dos ovos é diretamente influenciada pelos ácidos graxos fornecidos pela dieta das aves. A relação entre os ácidos graxos poliinsaturados e saturados da gema dos ovos é significativamente aumentada, à medida que se aumenta a inclusão de óleos vegetais ricos em ácidos graxos poliinsaturados na dieta das aves.

Conclui-se, ainda, que a suplementação na dieta de poedeiras com óleos vegetais ricos em ácidos graxos poliinsaturados ômega 3 e ômega 6 promove alteração no perfil de ácidos graxos dos ovos, enriquecendo-os com ácidos graxos poliinsaturados ômega 3 e ômega 6.

O fornecimento de dietas enriquecidas com óleos ricos em ácidos graxos poliinsaturados não diminui o colesterol da gema dos ovos. Entretanto, o teor de colesterol dos ovos tende a aumentar com o avanço da idade das aves.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahn DU, Sunwoo HH, Wolfe FH, Sim JS. Effects of dietary – linolenic acid and strain of hen on the fatty acid composition, storage stability, and flavor characteristics of chicken eggs. *Poultry Science* 1995; 74:1540-47.
- Association of Official Analytical Chemists. *Official methods of analysis*. 18.ed. Maryland: Current through Revision 2; 2007.
- Aymond WM, Van Elswyk ME. Yolk thiobarbituric acid reactive substances and n-3 fatty acids in response to whole and ground flaxseed. *Poultry Science* 1995; 74:1388-94.
- Bartov I, Bornstein S, Budwoski P. Variability of cholesterol concentration in plasma and egg yolks of hens and evaluation of the effect of some dietary oils. *Poultry Science* 1971; 50:1357-64.
- Baucells MD, Crespo N, Barroeta AC, López-Ferrer S, Grashorn MA. Incorporation of different polyunsaturated fatty acids into eggs. *Poultry Science* 2000; 79:51-59.
- Bertechini AG. Mitos e verdades sobre o ovo de consumo. In: 21ª Conferência de Ciência e Tecnologia Avícola; 2003; Santos, São Paulo. Brasil.p.19.
- Beyer RS, Jensen LS. Overestimation of the cholesterol content of eggs. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 1989; 37:917-20.
- Botsoglou NA, Yannakopoulos AL, Fletouris DJ, et al. Yolk fatty acid composition and cholesterol content in response to level and form of dietary flaxseed. *Journal Food Agriculture Chemistry* 1998; 46:4652-56.
- Bragagnolo N, Rodriguez-Amaya DB. Comparison of the cholesterol content of brazilian chicken and quail eggs. *Journal Food Composition Analysis*, 2003.
- Carvalho PR. Influência da adição de fontes ricas em PUFA's n-3 na dieta de galinhas sobre a composição lipídica do ovo. [Dissertação]. São Paulo (SP):Universidade de São Paulo; 2006.
- Cherian G, Sim JS. 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; 70:917-22.
- Cherian G, Sim JS. Omega-3 fatty acid and cholesterol content of newly hatched chicks from  $\alpha$ -linolenic acid enriched eggs. *Lipids* 1992; 27(9):706-10.
- Cherian G, Wolfe FH, Sim JS. Dietary oils with added tocopherols: effects on egg or tissue oopherols, fatty acids, and oxidative stability. *Poultry Science* 1996; 75:423-31.
- Cherian G, Sim JS. Maternal dietary  $\alpha$ -linolenic acid (18:3 n-3) alters n-3 polyunsaturated fatty acid metabolism and liver enzyme activity in hatched chicks. *Poultry Science* 2001; 80:901-05.

Chwalibog A. Factorial estimation of energy requirement for egg production. *Poultry Science*, 1992; 71: 509-515.

Cobos A, Hoz L, Cambero MI, Ordóñez JA. Dietary modification and hen strain dependence of egg yolk lipids. *Food Research International* 1995; 28: 71-76.

Fennema OR. *Química de los alimentos*, Zaragoza: Acribia; 1993.

Filardi RS, Junqueira OM, Laurentiz AC, Casartelli EM, Duarte KF, Rodrigues EA. Efeito de diferentes fontes de gordura sobre o desempenho, qualidade e perfil lipídico dos ovos de poedeiras vermelhas em segundo ciclo. In: 22ª Conferência de Ciência e Tecnologia Avícola; 2004; Santos, São Paulo. Brasil. p. 30.

Galobart J, Barroeta AC, Baucells MD, et al. Lipid oxidation in fresh and spray-dried eggs enriched with n-3 and n-6 polyunsaturated fatty acids during storage as affected by dietary vitamin E and  $\alpha$ -tocopherol supplementation. *Poultry Science* 2001; 80:327-37.

Gómez MEDB. Modulação da composição de ácidos graxos poliinsaturados ômega 3 de ovos e tecidos de galinhas poedeiras, através da dieta. I. Estabilidade oxidativa. [Tese]. São Paulo (SP):Universidade de São Paulo; 2003.

Grimminger P. Lipid Metabolism. In: STURKIE, P.D. (Ed.) *Avian Physiology*, 4.ed. New York: Springer; 1986.

Grobas S, Mateos GG. Influencia de la nutrición sobre la composición nutricional del huevo. In: 12º Curso de Especialización Fedna: Avances en nutrición y alimentación animal; 1996; Madrid, Madrid. Espanha. 219.

Grobas S, Mendes J, Medel P, Lazaro R, Mateos GG. Influence of energy, linoleic acid and fat content of the diet on performance and weight of egg components of brown layers. *Poultry Science* 1997; 76:256.

Grobas S. et al. Influence of source and percentage of fat added to diet on performance and fatty acid composition of egg yolk of two strains of laying hens. *Poultry Science* 2001; 80:1171-79.

Hall LM, McKay JC. The relationship between yolk cholesterol and total lipid concentration throughout the first year of egg production in the domestic fowl. *Poultry Science* 1993; 74: 487-95.

Hara A, Radin NS. Lipid Extraction of Tissues with Low-toxicity Solvent. *Analysis Biochemistry* 1978; 90 (1):420-26.

Hargis PS, Van Elswyk ME, Hargis BM. Dietary modification of yolk lipid with savelha oil. *Poultry Science* 1991; 70:874-83.

Harris PC, Wilcox FH. Studies on egg cholesterol: 1. Genetic variation and some phenotypic correlations in a random bred population. *Poultry Science* 1963; 42:186-89.

Holland KG, Grunder AA, Williams CL. Response to five generations of selection for blood cholesterol levels in White Leghorns. *Poultry Science* 1980; 59:1316-26.

Holland B, Welch AA, Unwin ID, Buss DH, Paul AA, Southgate DAT. *The composition of foods*. 5<sup>th</sup> ed. Cambridge: Redwood Books; 1997.

Leeson S, Summers JD. *Nutrition of the chicken*, 4. edition. Guelph: University Books; 2001.

Lima Neto RC, Souza JG, Costa FGP, Goulart CC, Queiroga RCRE, Silva JHV. Efeito do óleo de linhaça sobre o perfil dos ácidos graxos dos ovos de poedeiras comerciais. In: 44<sup>a</sup>. Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia; 2007; Jaboticabal, São Paulo. Brasil. Anais...cd room.

Lopez-Bote CJ, Sanz Arias R, Rey AI, Castaño A, Isabel B, Thos J. Effect of free-range feeding on n-3 fatty acid and  $\alpha$ -tocopherol content and oxidative stability of eggs. *Animal Feed Science Technology* 1998; 72:33-40.

Manson JM, Picken KJ, Draper MH, Thompson R. Variation among individual white-leghorn hens in the concentration of minerals in the albumen and yolk content of their eggs. *British Poultry Science* 1993; 34: 899-909.

Mazalli MR, Saldanha T, Bragagnolo N. Determinação de colesterol em ovos: comparação entre um método enzimático e um método por cromatografia líquida de alta eficiência. *Revista Instituto Adolfo Lutz* 2003; 62(1):49-54.

Mazalli MR. A comparison of the feeding value of different sources of fats for laying hens: 2. Lipid, cholesterol and vitamin E profiles of egg yolk. *Journal Applied Poultry Research* 2004; 13:280-290.

Mori AV, Mendonça CX, Santos COF. Effect of dietary lipid lowering-drugs upon plasma lipids and egg yolk cholesterol levels of laying hens. *Journal of Agriculture and Food Science* 1999; 47:4731-35.

Mori AV. Utilização de óleo de peixe e linhaça na ração como fontes de ácidos graxos poliinsaturados ômega 3 em ovos. [Tese]. São Paulo (SP): Universidade de São Paulo; 2001.

Murata LS, Ariki J, Machado CR, et al. Effect of oils sources on blood lipid parameters of commercial laying hens. *Brazilian Journal of Poultry Science* 2003; 5(3):203-206.

Naber EC. The effect of nutrition on the composition of eggs. *Poultry Science* 1979; 58: 518-28.

Nogueira GC, Bragagnolo N. Assessment of methodology for the enzymatic assay of cholesterol in egg noodles. *Food Chemistry* 2002; 79: 267-70.

Piber Neto E. Enriquecimento do ovo: utilização de óleos de peixe e alga marinha como fontes de ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 em rações de galinhas. [Dissertação]. São Paulo (SP):Universidade de São Paulo; 2006.

Pita MCG. Efeito da suplementação de linhaça, óleo de canola e vitamina E na dieta, sobre as concentrações de ácidos graxos poliinsaturados e alfa tocoferol em ovos de galinha. [Dissertação]. São Paulo (SP): Universidade de São Paulo; 2003.

Pita MCG. Fontes marinhas e vegetais de PUFAs na dieta de galinhas poedeiras: efeito na composição lipídica da gema do ovo e tempo de incorporação dos ácidos graxos. [Tese]. São Paulo (SP): Universidade de São Paulo; 2007.

Santos COF. Efeito da adição de óleos poliinsaturados à ração nos níveis de lipídios plasmáticos e de colesterol no ovo de galinhas poedeiras. [Dissertação]. São Paulo (SP): Universidade de São Paulo; 1998.

SAS Learning Edition. Getting Started with the SAS Learning Edition, Care. North Carolina: SAS Institut; 2000.

Scheideler SE, Froning GW. The combined influence of dietary flaxseed variety, level, form, and storage conditions on egg production and composition among vitamin E-supplemented hens. *Poultry Science* 1996; 75: 1221-26.

Seibel NF, Barbosa LN, Gonçalves PM, Souza-Soares LA. 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. 3ª.ed. Viçosa: UFV; 2002.

Shafey TM, Cham BE. Altering fatty acid and cholesterol contents of eggs for human consumption. In: Sim, J.S.; Nakai, S. *Egg uses and processing technologies: new developments..* CAB International 1994; 374-85

Simopoulos AP. Role of poultry products in enriching the human diet with n-3 PUFA. Human requirement for n-3 polyunsaturated fatty acids. *Poultry Science* 2000; 79:961-70.

Sotelo A, González L. Huevo em polvo con bajo contenido de colesterol. Características nutricias y sanitarias del producto. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 2000; 50: 134-41.

Surai PF, Sparks NHC. Designer eggs: from improvement of egg composition to functional food. *Trends in Food Science & Technology* 2001; 12: 7-16.

Van-Elswkly ME, Hargis BM, Willians JD, Hargis PS. Dietary menhaden oil contributes to hepatic lipidosis in laying hens. *Poulty Science* 1994; 73(5):653-62.

Vargas R, Naber E. Relationship between dietary fiber and nutrient density and its effect on energy balance, egg yolk cholesterol and hen performance. *Journal of Nutrition* 1984; 114:645-52.

Wasburn KW, Nix DF. Genetic basis of yolk cholesterol content. *Poultry Science* 1974; 53: 109-15.

**Capítulo 4**

**QUALIDADE ÓSSEA DE POEDEIRAS COMERCIAIS BRANCAS  
ALIMENTADAS COM RAÇÕES SUPLEMENTADAS COM ÓLEOS  
VEGETAIS FONTES DE ÁCIDOS GRAXOS ÔMEGA 3 E ÔMEGA 6**

## RESUMO

O presente experimento, com 112 dias de duração, foi conduzido com o objetivo de estudar o efeito da adição de óleos vegetais, fontes de ácidos graxos ômega 3 e ômega 6 na dieta, sobre a qualidade óssea de poedeiras comerciais leves. Foram utilizadas 50 poedeiras comerciais brancas da linhagem Lohmann LSL, submetidas a 10 tratamentos experimentais (T1 – Controle; T2 – inclusão de 2,5% de óleo de linhaça na dieta; T3 – inclusão de 2,5% de óleo de canola na dieta; T4 – inclusão de 2,5% de óleo de soja na dieta; T5 – inclusão de 5% de óleo de linhaça na dieta; T6 – inclusão de 5% de óleo de canola na dieta; T7- inclusão de 5% de óleo de soja na dieta; T8 – inclusão de 2,5% de óleo de linhaça +2,5% de óleo de soja na dieta; T9 – inclusão de 2,5% de óleo de canola + 2,5% de óleo de soja na dieta e T10 – inclusão de 2,5% de óleo de linhaça + 2,5% de óleo de canola na dieta). As características avaliadas foram: resistência óssea à quebra e densidade mineral óssea. Através da análise histológica das tíbias, realizou-se contagem de osteoclastos e foram mensuradas a espessura de osso compacto e área ocupada por osso esponjoso. Empregou-se um delineamento experimental inteiramente ao acaso, com 10 tratamentos (diferentes inclusões lipídicas), sendo 5 repetições (tíbias) por tratamento. Os dados obtidos foram avaliados através da análise de variância. Constataram-se efeitos significativos da inclusão de óleos vegetais na dieta de poedeiras comerciais sobre as regiões epifisárias proximal, distal e diafisária das tíbias. A inclusão de óleos vegetais na dieta de poedeiras leva à redução da retenção de minerais nos ossos, entretanto essa redução pode ser amenizada, quando a suplementação é realizada com inclusões mais altas de óleos ricos em  $\omega$ -3. A inclusão de ácidos graxos poliinsaturados  $\omega$ -3 e  $\omega$ -6 na dieta de poedeiras não influencia a formação e a reabsorção de tecido ósseo.

**Palavras Chave:** ácidos graxos poliinsaturados, densidade mineral óssea, histologia, nutrição de poedeiras, resistência óssea.

## **ABSTRACT**

The present experiment was conducted on 112 days, with the aim of studying the effect of adding vegetable oil sources of omega 3 and omega 6 in the diet on bone quality of white layers. A total of 50 white layers, Lohmann LSL, underwent 10 treatments (T1 - control, T2- inclusion of 2.5% of linseed oil in the diet, T3- inclusion of 2.5% of canola oil in the diet; T4-inclusion of 2.5% of soybean oil in the diet; T5- inclusion of 5% of linseed oil in the diet; T6- inclusion of 5% of canola oil in the diet; T7-inclusion of 5% oil soy in the diet; T8- inclusion of 2.5% of linseed oil +2.5% soybean oil in the diet; T9- inclusion of 2.5% canola oil + 2.5% soybean oil in the diet and T10- inclusion of 2.5% of linseed oil + 2.5% of canola oil in the diet). The characteristics assessed were: resistance to breakage and bone mineral density. Through histological analysis of tibia, there was counting of osteoclasts were measured and the thickness of compact bone and the area occupied by cancellous bone. It was used a completely randomized design with 10 treatments (different lipid inclusions) and five replicates of tibia per treatment. The data were evaluated by analysis of variance. We found significant effects of the inclusion of vegetable oils in the diet of laying hens on the epiphyseal regions proximal and distal shaft of the tibia. The inclusion of vegetable oils in the diet of laying hens leads to reduced bone mineral retention, however this reduction can be mitigated when supplementation is performed with highest inclusions of oils rich in  $\omega$ -3. The inclusion of polyunsaturated fatty acids  $\omega$ -3 and  $\omega$ -6 in the diet of laying hens did not influence the formation and resorption of bone tissue.

**Keywords:** polyunsaturated fatty acids, bone mineral density, histology, nutrition hens, bone strength.

## INTRODUÇÃO

Sabe-se que muitos nutrientes presentes na dieta avícola influenciam diretamente o crescimento e a manutenção óssea, destacando-se, principalmente, o cálcio, fósforo e a vitamina D3. Atualmente, pesquisas têm revelado efeitos benéficos da ingestão de ácidos graxos para o metabolismo ósseo das aves (Mazzuco, 2006). Os osteoblastos são as células formadoras do tecido ósseo, que se originam localmente à partir de células tronco mesenquimais (Bernardino, 2009) e, são as células responsáveis por sintetizar e secretar a matriz orgânica contendo o colágeno do tipo I, além de sintetizar também várias proteínas. Além disso, os osteoblastos ainda são responsáveis pela produção de inúmeros fatores regulatórios, como as prostaglandinas, citocinas e fatores de crescimento, que estimulam tanto a formação bem como a reabsorção óssea (Liu, 2000).

Os osteoclastos são as células responsáveis pela desmineralização óssea e digestão da matriz do osso. Durante o processo de crescimento ósseo, essas células são necessárias para a reabsorção da cartilagem calcificada e também para a modelação óssea (Gay et al; 2000).

O consumo excessivo de ácidos graxos poliinsaturados ômega 6 ( $\omega 6$ ) pode influenciar negativamente o metabolismo ósseo das aves, estimulando a reabsorção óssea em função da elevada produção endógena de prostaglandinas. Entretanto, os ácidos graxos da família ômega 3 ( $\omega 3$ ) podem exercer ação oposta, contribuindo para minimizar o processo de reabsorção óssea. Dessa forma, o decréscimo na proporção ômega-6/ômega-3 da dieta poderia atenuar o desenvolvimento de doenças metabólicas ósseas, pelo decréscimo no acúmulo de ácido araquidônico (família Ômega-6) responsável pela formação das prostaglandinas. Os ácidos graxos ômega-3 exercem função de proteção no esqueleto, indicada pelos níveis elevados de marcadores da deposição óssea, promovendo maior atividade dos osteoblastos. Alguns resultados de pesquisas indicam que o decréscimo na proporção de poliinsaturados  $\omega 6/\omega 3$  pode proteger o organismo contra a perda da massa óssea (Mazzuco, 2006).

Os lipídeos possuem, ainda, papel importante na produção e regulação dos eicosanoides, substâncias envolvidas na regulação local do crescimento e desenvolvimento do osso. Tais substâncias são derivadas do ácido linoleico ( $\omega 6$ ) e do ácido araquidônico (AA) e serão precursores da prostaglandina E2 (PGE2), enquanto

que o ácido linolênico ( $\omega$ -3) inibe a enzima desaturase, cuja função é diminuir a produção do ácido araquidônico (Hirayama, 2006), o que implica na diminuição da PGE2. Dessa forma, pode-se supor que alta ingestão de alimentos ricos em ácido linoleico somada à baixa ingestão de ácido linolênico pode acarretar distúrbios na produção de eicosanoides.

Entre os óleos vegetais utilizados na alimentação animal, o de linhaça se caracteriza pela alta concentração de ácido linolênico, um ácido graxo poliinsaturado (AGPI) da série ômega 3 (Kratzer e Vohra, 2009) que compete com o ácido linoleico pelas enzimas hepáticas envolvidas nos processos de insaturação e alongamento da cadeia dos ácidos graxos, reduzindo a produção de ácido araquidônico e a síntese de PGE2. Dessa forma, a ingestão de maiores concentrações de óleos ricos em AGPI da série ômega 3 pode reduzir a incorporação de ácido araquidônico nas membranas e diminuir a capacidade de síntese de eicosanoides provenientes desse ácido graxo (Calder, 1998; Murakami, et al., 2009).

Segundo Mazzuco (2006), dietas com baixa proporção de  $\omega$ -6: $\omega$ -3 exercem efeitos benéficos sobre os ossos, entre eles, aumento na absorção do cálcio intestinal, redução do “turnover” ósseo, maior deposição de cálcio nos ossos, incremento ao transporte de cálcio no duodeno, elevada síntese de colágeno ósseo, aumento da IGF-1 (hormônio também conhecido como Fator do Crescimento do Tipo Insulina 1) circulante e decréscimo na produção de prostaglandina atuante no osso.

Deve-se lembrar também de que a rigidez do tecido ósseo é resultante da deposição de cálcio e fósforo, na forma de hidroxiapatita, durante o processo de mineralização óssea. Esses dois minerais perfazem cerca de 70% da composição óssea e os 30% restantes são compostos de matéria orgânica, principalmente colágeno (Kälebo e Strid, 1988; Field, 1999; Bruno, 2002).

A hidroxiapatita e o alumínio possuem densidades muito semelhantes. Desta forma, muitos autores realizaram estudos com o objetivo de relacionar o grau de mineralização óssea e a densidade do alumínio e concluíram que é possível comparar, através de um estudo radiológico, a quantidade de cálcio e fósforo depositados nos ossos com a quantidade de alumínio encontrada em uma escala pré-definida, através da análise de densitometria óssea em imagens radiográficas (Almeida Paz, 2006).

Diante do exposto, surge a proposta do presente estudo que tem por objetivo estabelecer uma relação entre suplementação, via dieta, de poedeiras comerciais com ácidos graxos fontes de  $\omega$ -3 e  $\omega$ -6 e qualidade óssea dessas aves, utilizando-se, para tanto, as técnicas de densitometria mineral óssea em imagens radiográficas, resistência óssea à quebra e análise histológica dos ossos.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido na UNESP- Universidade Estadual Paulista, campus de Botucatu - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia e teve duração de 112 dias. Foram utilizadas 50 tíbias de poedeiras comerciais da linhagem leve LOHMANN LSL com 51 semanas de idade.

Durante o período experimental, as aves foram mantidas sob as mesmas condições de manejo e alimentação.

Os tratamentos experimentais consistiram na alimentação das aves com rações suplementadas com óleos vegetais ricos em ácidos graxos poliinsaturados das famílias ômega 3 e ômega 6, conforme se segue: ração convencional sem adição de óleo (T1); inclusão de 2,5% de óleo de linhaça (T2); inclusão de 2,5% de óleo de canola (T3); inclusão de 2,5% de óleo de soja (T4); inclusão de 5% de óleo de linhaça (T5); inclusão de 5% de óleo de canola (T6); inclusão de 5% de óleo de soja (T7); inclusão de 2,5% de óleo de linhaça + 2,5% de óleo de soja (T8); inclusão de 2,5% de óleo de canola + 2,5% de óleo de soja (T9) e inclusão de 2,5% de óleo de linhaça + 2,5% de óleo canola (T10).

As rações experimentais foram formuladas à base de milho e farelo de soja, diferindo entre si apenas em relação ao tipo de óleo vegetal empregado e ao seu nível de inclusão.

Após os 112 dias, cinco aves por tratamento foram sacrificadas por meio do corte da veia jugular e da artéria carótida, após atordoamento por eletronarcole, para retirada de suas tíbias que, posteriormente, foram avaliadas através da densitometria óssea e resistência à quebra para a determinação da qualidade óssea.

Após o abate, as tíbias foram retiradas, descarnadas e limpas. As tíbias direitas foram mantidas inteiras e em estado natural, sendo submetidas inicialmente à análise de densidade mineral, por meio da análise de densitometria óssea, de acordo com metodologia proposta por Louzada (1994). Após a realização das análises de

densitometria mineral óssea, as mesmas tíbias foram submetidas à análise de resistência ao rompimento. As tíbias esquerdas, em estado natural, foram seccionadas em sua porção mediana, no sentido transversal, de onde foram coletados fragmentos de 2,0 cm de cada osso. Os fragmentos foram imediatamente imersos em solução de formol 10%, descalcificados para posterior inclusão em parafina. Cortes histológicos com 8µm de espessura foram realizados e corados pela Hematoxilina e Eosina. Esses foram utilizados para a realização das análises morfométricas.

### **Densitometria mineral óssea**

No abate das aves, os tibiotarsos foram retirados e identificados para a posterior realização da densitometria óssea. As avaliações densitométricas foram realizadas na UNESP- Universidade Estadual Paulista, campus de Jaboticabal, a partir de imagens radiográficas obtidas das tíbias, utilizando-se o software específico Image-Pro Plus, Media Cybernetics, versão 4.1.

Como referencial densitométrico para as amostras radiográficas, utilizou-se uma escada de alumínio (liga 6063, ABNT) de 12 degraus (0,5mm de espessura para o primeiro degrau), variando de 0,5 em 0,5mm até o décimo, sendo que o décimo primeiro degrau apresentava 6,0 mm de espessura e o décimo segundo 8,0mm; cada degrau possuía 5 X 25mm<sup>2</sup> de área radiografada, concomitantemente, com os ossos das aves. A escada foi posicionada paralelamente aos ossos de interesse, de forma que os degraus mais altos permaneceram no alto do chassi.

Para calibração do aparelho radiográfico, adotou-se determinada técnica para tecido ósseo que relaciona quilovoltagem (kV), miliamperagem (mA), miliamperagem-segundo (mAs) e espessura da região em análise. O aparelho de raios-x utilizado foi o padrão do setor de radiologia do Hospital Veterinário da UNESP de Jaboticabal, que foi calibrado com a técnica de 38 kV, 200mA e 4mAs. As radiografias foram realizadas em aparelho de raios-x, marca Siemens, modelo Tridoro 812 E, empregando-se filmes P-MATG/RA Kodak e chassis de 18x24cm, 24x30cm e 30x40cm. O chassi metálico foi montado com ecrans intensificadores Lanex Regular. Os ossos de interesse foram colocados sobre o chassi metálico, respeitando um intervalo de 2 cm de cada lado do chassi, com o objetivo de favorecer de forma uniforme a incidência dos raios-x sobre as estruturas ósseas analisadas. Os filmes, previamente identificados por impressão

luminosa, foram revelados e fixados em processadora automática da marca Kodak X-OMAT 200.

Para realização das leituras densitométricas, utilizou-se um scanner A3 scanion para digitalização das imagens radiográficas e, posteriormente, as mesmas foram armazenadas em microcomputador. Estas imagens digitalizadas foram submetidas ao software computacional Image-Pro Plus, Media Cybernetics, versão 4.1, onde se realizou a calibração do aparelho para a densidade mineral óssea. Em seguida, foram aferidas as medidas da densidade mineral óssea do osso de interesse nas diferentes regiões (epífise proximal, diáfise, e epífise distal). Os valores densitométricos foram expressos em milímetros de alumínio (mm Al).

Na Figura 1, é possível verificar radiografia das tíbias de poedeiras utilizadas na avaliação da densitometria óssea, juntamente com o referencial densitométrico empregado.

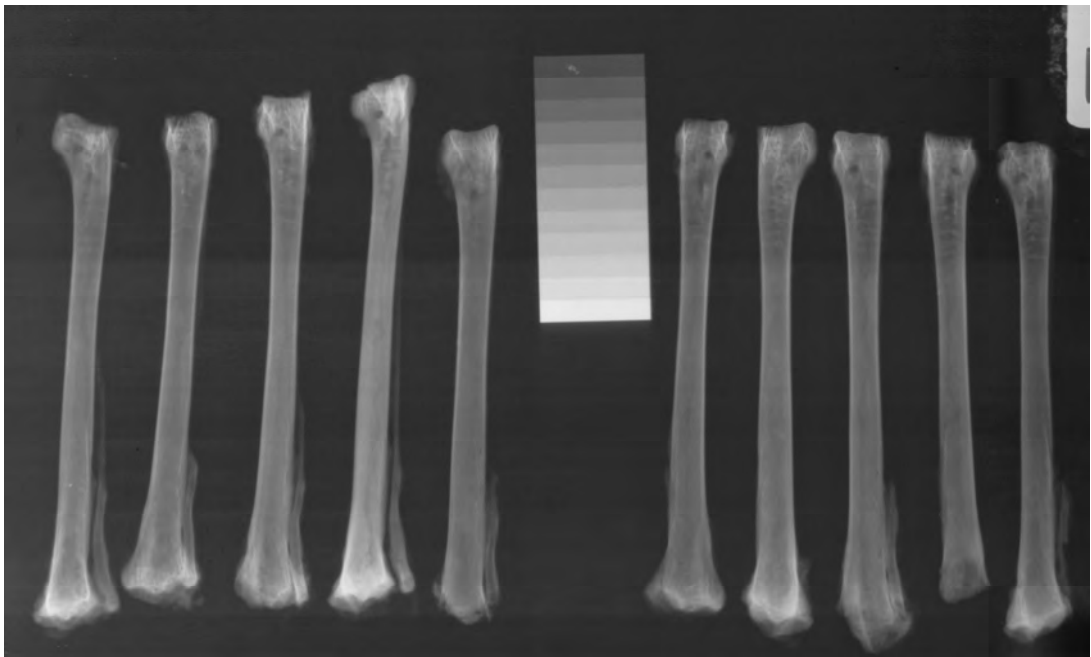


Figura 1. Radiografia das tíbias de poedeiras comerciais, com 51 semanas de idade.

### **Resistência óssea**

As análises foram realizadas por meio de uma célula específica acoplada ao equipamento Texture Analyser TA. XT Plus, com a utilização da sonda Blade Set HDP/BS, com velocidade de pré teste de 2,0 mm/segundo, velocidade de teste de

1,0mm/segundo e velocidade de pós teste de 4,0mm/segundo. As tíbias foram acomodadas e centralizadas em suporte com vão livre de 6 cm. Somente após fixação de um vão livre para a realização das avaliações de resistência, pôde-se comparar os valores obtidos (kgf). Um software específico foi utilizado para registrar a força necessária empregada para o rompimento total dos ossos.

### **Análise Histológica**

Após a coleta dos fragmentos ósseos de cada tratamento, estes foram mantidos em solução de formol a 10% por 48 horas, para a fixação dos mesmos. Após esse período, os fragmentos ósseos foram submetidos à descalcificação através de imersão em solução composta por ácido fórmico 30% e citrato de sódio 20% por aproximadamente 10 dias. Posteriormente, os fragmentos ósseos foram submetidos à desidratação alcoólica, passando pelos alcoóis 70%, 80%, 90%, 95%, absoluto I, absoluto II e absoluto III, permanecendo aproximadamente 50 minutos em cada. Após a desidratação, o material foi submetido à diafanização, processo pelo qual os tecidos são infiltrados por substância solvente da parafina e ao mesmo tempo, desalcoolizante, o Xilol. Os tecidos foram mantidos uma noite em solução de álcool absoluto + Xilol (1:1), posteriormente passando pelas soluções de Xilol I, II e III, respectivamente, permanecendo 1 hora em cada. Finalmente, os fragmentos ósseos foram incluídos em parafina e posteriormente, conduzidos, à microtomia, onde o material, foi seccionado, e cujos cortes apresentaram espessuras variando de 1 a 6  $\mu$ . Para a coloração das lâminas utilizou-se a técnica Hematoxilina – Eosina e para a fixação das lamínulas fez-se uso de bálsamo do Canadá.

Nas lâminas histológicas, mensurou-se a área de tecido ósseo formado (compacto e esponjoso) e realizou-se a contagem de osteoclastos. Todas as análises foram efetuadas em 5 campos distintos, previamente delimitados em cada lâmina. As lâminas histológicas foram analisadas com o auxílio de microscópio ótico com aumento de 40x, acoplado ao sistema analisador de imagens Leica Qwin.

### **Delineamento Experimental e Análise dos Resultados**

O delineamento experimental utilizado para a densitometria e resistência óssea foi o inteiramente ao acaso, com 10 tratamentos (diferentes inclusões lipídicas) e 5 repetições por tratamento experimental.

Para as análises histológicas utilizou-se um delineamento experimental inteiramente ao acaso em parcelas subdividas no espaço com 4 tratamentos, 5 repetições por tratamento e 5 campos por repetição.

Os valores obtidos foram avaliados através da análise de variância de acordo com o pacote computacional SAS (2002). A comparação entre as médias foi efetuada através do teste Tukey ao nível de 5% de significância.

## RESULTADO E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, estão apresentados os dados referentes à composição em ácidos graxos dos óleos vegetais que compuseram as dietas experimentais.

Tabela 1. Composição analisada em ácidos graxos dos óleos vegetais empregados nas dietas experimentais (% do total de ácidos graxos).

Ácidos Graxos	Óleo de Canola	Óleo de Linhaça	Óleo de Soja
	%		
C16:0 – Ác. Palmítico	12,3751	6,3720	13,0608
C18:0 – Ác. Esteárico	2,4502	3,9842	2,2366
C18:1 – Ác. Oleico	45,2735	24,8235	23,0449
C18:2 – Ác. Linoleico ( $\omega$ 6)	36,5747	14,6624	56,4484
C18:3 – Ac. Linolênico ( $\omega$ 3)	3,3264	50,1580	5,2094

### Densitometria mineral e Resistência óssea

Os dados referentes à resistência à quebra e densitometria mineral óssea das tíbias de poedeiras comerciais submetidas aos tratamentos experimentais encontram-se descritos na Tabela 2.

Tabela 2. Resistência à quebra (Resist. óssea), densidade mineral óssea da epífise distal (ED), da diáfise (DF) e da epífise proximal (EP) das tíbias de poedeiras comerciais alimentadas com rações suplementadas com óleos vegetais fontes de ácidos graxos ômega 3 e ômega 6.

Tratamentos	Resist. Óssea (kgf)	ED (mm de Al)	DF (mm de Al)	EP (mm de Al)
Controle (sem óleo)	9,13	4,09ab	6,24a	6,63 <sup>a</sup>
2,5% linhaça	9,14	4,65a	5,31b	5,30bc
2,5 canola	8,56	2,82c	4,74cd	5,26bcd
2,5% soja	9,30	3,86ab	5,36b	5,63b
5% linhaça	8,84	4,36ab	5,29b	6,00ab
5% canola	9,80	3,72abc	4,66d	4,55cd
5% soja	9,35	3,46bc	4,70d	5,20bcd
2,5% linhaça +2,5% soja	9,56	3,43bc	4,55d	4,57cd
2,5% canola +2,5% soja	9,41	4,40ab	5,25bc	5,22bcd
2,5% linhaça +2,5% canola	10,02	3,96ab	4,38d	4,40d
Probabilidade	P>0,05	P<0,001	P<0,001	P<0,001
CV(%)	18,39	12,04	4,95	7,78

Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes na coluna diferem, significativamente, pelo Teste Tukey (P<0,05).

Considerando-se a resistência dos ossos à quebra, os resultados obtidos demonstram não haver efeitos significativos da inclusão de óleos vegetais na dieta de poedeiras sobre tal característica.

As ações positivas dos ácidos graxos poliinsaturados ômega 3 (ácido graxo eicosapentaenóico – EPA) sobre os ossos podem ser atribuídas à sua ação de aumentar a absorção de cálcio no intestino e melhorar a formação óssea pelo aumento na deposição de cálcio e pela redução na reabsorção óssea por meio da menor excreção urinária de cálcio (Claassen et al., 1995; Krueger e Horrobin, 1997); entretanto, no presente estudo, não se observou efeito da suplementação com ácidos graxos poliinsaturados, na dieta, sobre a resistência óssea das poedeiras.

Murakami et al. (2009) trabalhando com inclusão de diferentes níveis de óleo de linhaça (2,0; 3,5; 5,0 ou 6,5) na dieta de frangos de corte por 42 dias, não constataram efeitos sobre a resistência óssea das aves; entretanto, os autores verificaram interação entre idade x nível de óleo de linhaça para densidade mineral óssea, em que os melhores efeitos foram constatados na fase inicial de criação das aves.

Analisando-se os dados de densidade mineral óssea, foram constatados efeitos

significativos da inclusão de óleos vegetais na dieta de poedeiras comerciais sobre as regiões epifisárias proximal e distal e diafisária das tíbias.

Observou-se que tíbias provenientes das poedeiras alimentadas com rações sem suplementação de óleo (controle) apresentaram valores de densidade mineral da epífise distal semelhantes aos valores obtidos para os demais tratamentos, diferindo, apenas, dos valores encontrados para as tíbias das aves suplementadas com 2,5% de óleo de canola.

Para a região diafisária das tíbias, o tratamento controle (sem óleo) promoveu maior retenção de minerais, fato que pôde ser comprovado pelo maior valor de densidade mineral encontrado para essa região do osso.

Constatou-se que, para a região epifisária proximal das tíbias, o tratamento em que as aves não foram suplementadas com óleo também promoveu maior retenção de minerais. Tal resultado foi, estatisticamente, semelhante ao encontrado para as tíbias das poedeiras suplementadas com 5% de óleo de linhaça na ração.

De acordo com Ensminger et al. (1990), vários fatores interferem na absorção de minerais pelas aves, tais como: composição do alimento, tipo de processamento da matéria prima, idade e espécie do animal, entre outros.

Alguns autores (Griffith et al., 1961; Waibel e Mraz, 1964; Whitehead et al., 1971) relataram que a adição de gorduras à ração de frangos de corte interfere no metabolismo mineral, reduzindo a retenção e absorção intestinal do cálcio e os teores de cinzas e do cálcio nos ossos. Isso é atribuído à formação de sabões insolúveis de ácidos graxos com o cálcio e fósforo no intestino delgado das aves, o que diminui a absorção intestinal e a retenção do cálcio (Atteh e Lesson, 1983 a,b; Atteh e Lesson, 1984; Griffith et al., 1961; Waibel e Marz, 1964; Whitehead et al., 1971).

Dell'Isola et al. (2003) constatou maior retenção de cálcio e fósforo nos ossos de frangos de corte alimentados com dietas sem adição de óleo, independentemente do nível de cálcio presente na ração. Segundo o mesmo autor, a deposição de fósforo nos ossos acompanha a deposição de cálcio, o que caracteriza a interdependência entre esses minerais, formando sais insolúveis que interferem na absorção de ambos pela ave.

De acordo com Mazzuco (2006), dietas com baixa proporção  $\omega$ -6: $\omega$ -3 exercem efeitos benéficos sobre os ossos, entre estes, podem-se destacar: aumento na absorção do cálcio intestinal e redução no “turnover” ósseo, maior deposição de cálcio nos ossos,

incremento ao transporte do cálcio no duodeno, elevada síntese do colágeno ósseo e decréscimo na produção da prostaglandina (PG) atuante no osso. Além disso, segundo o mesmo autor, ácidos graxos  $\omega$ 3 exercem função de proteção do esqueleto, aumentando a atividade das células formadoras ou osteoblastos. Os resultados obtidos pela presente pesquisa concordam com os relatos do autor supra citado e apontam que os ossos provenientes dos tratamentos em que foram empregadas altas concentrações de ácidos graxos  $\omega$ -3, na dieta, apresentaram valores elevados de densidade mineral, demonstrando-se semelhantes aos valores obtidos para as tíbias das aves provenientes do tratamento em que não houve suplementação de óleo na dieta; sendo, assim, o efeito negativo da alta inclusão de lipídeos, na dieta, sobre o metabolismo do cálcio pode ter sido contornado pelos efeitos positivos da alta ingestão de  $\omega$ -3 pelas aves.

### Análise Histológica

Na Tabela 3 encontram-se descritos os dados referentes às médias obtidas para o número de osteoclastos, espessura de osso compacto e área de osso esponjoso nas tíbias de poedeiras comerciais submetidas aos tratamentos experimentais.

Tabela 3. Número de osteoclastos, espessura de osso compacto e área de osso esponjoso das tíbias de poedeiras comerciais alimentadas com rações suplementadas com óleos vegetais fontes de ácidos graxos ômega 3 e ômega 6.

Tratamentos	Número de Osteoclastos	Espessura Osso Compacto ( $\mu$ m)	Área de Osso Esponjoso ( $\mu$ m <sup>2</sup> )
Controle (sem óleo)	13,1600	565,1064	18935,93
5% linhaça	15,8000	509,7696	17815,60
5% canola	16,2800	464,5340	18220,43
5% soja	17,0800	482,6180	18261,46
Probabilidade	P>0,05	P>0,05	P>0,05
CV(%)	20,50	22,77	22,41

Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes na coluna diferem, significativamente, pelo Teste Tukey (P<0,05).

As análises histológicas foram realizadas nas tíbias de poedeiras alimentadas com rações sem inclusão e com inclusões mais elevadas (5%) dos óleos de soja, canola e linhaça e, de acordo com os resultados obtidos, não foram observadas diferenças estatísticas entre os tratamentos (P>0,05), não havendo assim, a necessidade da análise das lâminas das tíbias dos demais tratamentos empregados, uma vez que, os tratamentos

restantes foram suplementados com menores proporções de óleo (menores proporções de  $\omega$ -3 e  $\omega$ -6) e, provavelmente, também não apresentariam diferenças entre si.

Durante a análise das lâminas não foi possível observar-se e nem identificar as células formadoras do tecido ósseo, os osteoblastos, provavelmente porque as poedeiras já se encontravam em idade avançada (51 semanas), apresentando reduzida formação ou remodelação óssea. Entretanto, facilmente foram identificados vários osteoclastos, o que também pode ser explicado pela idade avançada das aves, indicando reabsorção óssea.

Não foram observadas diferenças estatísticas ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos para espessura de osso compacto e nem para área ocupada por osso esponjoso nas tíbias, o que indica pouca atividade de osteoblastos, ou seja, a suplementação com ácidos graxos  $\omega$ -3 ou  $\omega$ -6 não influenciou a produção e nem atividade dos osteoblastos, não afetando dessa forma, a formação óssea.

Os resultados obtidos no presente estudo, discordam dos relatos de Mazzuco (2006), que afirma que o consumo excessivo de ácidos graxos poliinsaturados  $\omega$ -6, pode influenciar negativamente o metabolismo ósseo das aves, estimulando a reabsorção óssea. Segundo o mesmo autor, os ácidos graxos da família  $\omega$ -3 contribuem para minimizar o processo de reabsorção óssea, exercendo função de proteção no esqueleto, promovendo maior atividade dos osteoblastos.

As Figuras 2 e 3 ilustram cortes transversais da tíbia de poedeiras comerciais, indicados pelas setas, observa-se as células responsáveis pela reabsorção óssea, os osteoclastos e regiões formadas por osso esponjoso, osso compacto e matriz óssea.

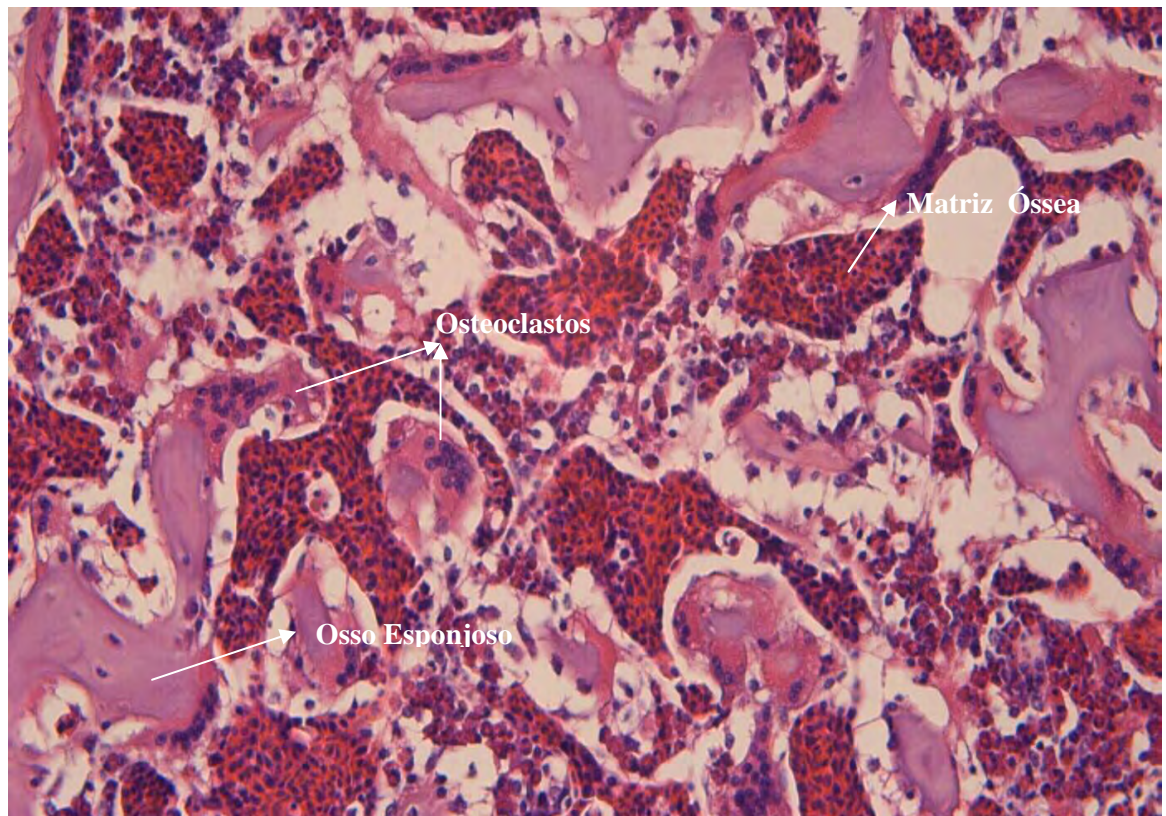


Figura 2. Corte transversal da tíbia de poedeiras comerciais: osso esponjoso, osteoclastos e matriz óssea encontram-se indicados pelas setas. Hematoxilina e Eosina. Obj. 40X.



Figura 3. Corte transversal da tíbia de poedeiras comerciais, a seta indica a região formada por osso compacto. Coloração Hematoxilina e Eosina. Obj. 40X.

## CONCLUSÕES

Diante dos resultados obtidos com a presente pesquisa, concluiu-se que a suplementação da dieta com óleos vegetais ricos em ácidos graxos poliinsaturados  $\omega$ -3 e  $\omega$ -6 não altera a resistência óssea de poedeiras comerciais e nem influencia na formação/remodelação dos ossos.

A inclusão de óleos vegetais, na dieta de poedeiras, levou à redução na retenção de minerais nas regiões diafisária e epifisária proximal das tíbias.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida Paz ICL. Avaliação da densidade mineral óssea em matrizes pesadas por meio da técnica de densitometria óptica em imagens radiográficas. [Tese]. Botucatu (SP): Universidade Estadual Paulista; 2006.
- Atteh JO, Lesson S. Effects of dietary fatty acids and calcium levels on performance and mineral metabolism of broiler chickens. *Poultry Science* 1983a; 62:2412-19.
- Atteh JO, Lesson S. Effects of dietary levels and types of fat on performance and mineral metabolism of broiler chicks. *Poultry Science* 1983b; 62:2403-11.
- Atteh JO, Lesson S. Effects of dietary saturated or unsaturated fatty acids and calcium levels on performance and mineral metabolism of broiler chicks. *Poultry Science* 1984; 63:2252-60.
- Bernardino MP. Influência dos lipídeos da dieta sobre o desenvolvimento ósseo de frangos de corte. *Revista Eletrônica Nutritime* 2009; 6 (3): 960-66.
- Bruno LDG. Desenvolvimento ósseo em frangos: influência da restrição alimentar e da temperatura ambiente. [Tese]. Jaboticabal (SP): Universidade Estadual Paulista; 2002.
- Calder PC. Immunoregulatory and anti-inflammatory effects of n-3 polyunsaturated fatty acids. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research* 1998; 31:467-90.
- Claassen N, Coetzer H, Steinmann CM, et al. The effect of different n-6/n-3 essential fatty acid ratios on calcium balance and bone in rats. *Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids* 1995; 53:13-9.
- Dell'Isola ATP, Veloso JAF, Baião NC, Medeiros SL. Efeito do óleo de soja em dietas com diferentes níveis de cálcio sobre a absorção e retenção óssea de cálcio e de fósforo em frangos de corte. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* 2003; 55 (4):461-66.
- Ensminger ME, Oldfield JE, Heinemann WW. *Feeding poultry: feeds and nutrition*. 2 ed. California: Ensminger; 1990.
- Field RA. Ash and calcium as measures of bone in meat and bone moistures. *Meat Science* 1999; 55:255-64.
- Gay CV, Gilman VR, Sugiyama T. Perspectives on osteoblast and osteoclast function. *Poultry Science* 2000; 79:1005-08.
- Griffith FD, Grainger RB, Begin JJ. The effect of dietary fat and cellulose on apparent calcium digestibility in growing chickens. *Poultry Science* 1961; 40:1492-97.
- Hirayama KB, Patrícia GL, Speridião PGL, Fagundes Neto U. Ácidos graxos polinsaturados de cadeia longa. *The Electronic Journal of Pediatric Gastroenterology*,

Nutrition and Liver Diases 2006; 10(3) [cited 2010 jan. 10]. Available from: <http://e-gastroped.com.br/sep06/acidosgraxos.htm>.

Kälebo P, Strid KG. Bone mass determination from microradiographs by computer-assisted videodensitometry. *Acta Radiologica* 1988; 29:465-72.

Kratzer FH, Vohra P. The use of flaxseed as a poultry feedstuff. [cited 2009 dec. 1] Available from: <http://animalscience.ucdavis.edu/avian/pfs21.htm>.

Krueger MC, Horrobin DF. Calcium metabolism, osteoporosis and essential fatty acids: a review. *Progress in Lipid Research* 1997; 36:131-51.

Liu D. The effects of dietary lipids on bone chemical, mechanical, and histological properties in japanese quail (*Coturnix c. japonica*) [Tese]. Blacksburg: Virginia Polytechnic Institute and State University; 2000.

Louzada MJQ. Otimização da técnica de densitometria óptica em imagens radiográficas de peças ósseas. Estudo in vitro [Tese]. Campinas (SP): Universidade Estadual de Campinas; 1994.

Mazucco H. Integridade óssea em poedeiras comerciais: influência de dietas enriquecidas com ácidos graxos poliinsaturados e tipo de muda induzida. Concórdia: EMBRAPA, CNPSA, 2006. 12 p. (Circular técnica, 47) [cited 2006 jul 10]. Available from: <http://www.cdc.gov/ncidod/dbmd/phlisdata/salmtab/2005/SalmonellaAnnualSummary2005.pdf>.

Murakami AE, Garcia ERM, Martins EM, Moreira I, Scapinello C, Oliveira AFG. Efeito da inclusão de óleo de linhaça nas rações sobre o desempenho e os parâmetros ósseos de frangos de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia* 2009; 38(7):1256-64.

SAS Learning Edition. Getting started with the SAS learning edition. Cary (NC): SAS Institute; 2002.

Waibel PE, Mraz FR. Calcium, strontium and phosphorus utilization by chicks as influenced by nutrition and endocrine variations. *Journal Nutrition* 1964; 84:58-64.

Whitehead CC, Dewar WA, Downie JN. Effect of dietary fat on mineral retention in the chick. *British Poultry Science* 1971; 12:249-54.

**Capítulo 5****ANÁLISE SENSORIAL E OXIDAÇÃO LIPÍDICA DAS GEMAS EM  
OVOS DE POEDEIRAS COMERCIAIS ALIMENTADAS COM  
RAÇÕES SUPLEMENTADAS COM ÓLEOS VEGETAIS**

## RESUMO

O objetivo da presente pesquisa foi avaliar a influência da suplementação na dieta de poedeiras com óleos vegetais ricos em ácidos graxos poliinsaturados sobre as características sensoriais de seus ovos. A partir dessa suplementação, objetivou-se, também, avaliar a oxidação lipídica das gemas dos ovos dessas poedeiras, quando armazenados em temperatura ambiente por 10 dias. Utilizaram-se 60 ovos provenientes de poedeiras comerciais brancas da linhagem Lohmann LSL alimentadas, previamente, com rações suplementadas com diferentes óleos vegetais, de acordo com os tratamentos: ração convencional sem óleo (T1); inclusão de 2,5% de óleo de linhaça na ração (T2); inclusão de 2,5% de óleo de canola na ração (T3); inclusão de 2,5% de óleo de soja na ração (T4); inclusão de 5,0% de óleo de linhaça na ração (T5); inclusão de 5,0% de óleo de canola na ração (T6); inclusão de 5,0% de óleo de soja na ração (T7); inclusão de 2,5% de óleo de linhaça + 2,5% de óleo de soja na ração (T8); inclusão de 2,5% de óleo de canola + 2,5% de óleo de soja na ração (T9) e inclusão de 2,5% de óleo de linhaça + 2,5% de óleo de canola na ração (T10). Os parâmetros avaliados nos ovos foram a oxidação lipídica das gemas, através dos valores de TBARS, e a coloração das gemas através de colorímetro e análise sensorial. Os resultados obtidos para os diferentes testes foram submetidos à análise de variância e as médias entre tratamentos, comparadas pelo teste Tukey ao nível de significância de 5%. Concluiu-se que o emprego de óleos vegetais na alimentação de poedeiras comerciais não promoveu alterações na pigmentação das gemas dos ovos, quando estas foram comparadas com as gemas dos ovos das poedeiras comerciais alimentadas com rações sem suplementação de óleo. As gemas dos ovos provenientes de poedeiras suplementadas com fontes ricas em ácidos graxos poliinsaturados apresentaram deterioração lipídica expressiva, principalmente quando foram comparadas com as gemas dos ovos provenientes de poedeiras que não tiveram suplementação de óleo na dieta.

**Palavras Chave:** características sensoriais, cor das gemas, ovos, oxidação lipídica, poedeiras comerciais

**ABSTRACT**

This research aim was to weigh up the supplementation influence in the laying hens diet with vegetal oils rich in polyunsaturated fatty acids on the eggs sensorial characteristics. From this supplementation it was also aimed to estimate the lipid oxidation of these laying hens yolk eggs when stored at room temperature for 10 days. Sixty eggs from Lohmann LSL commercial white laying hens were used. There were previously fed with supplemented rations by different vegetal oils according to the following treatments: oil free conventional ration (T1); inclusion of 2.5% of linseed oil in the diet (T2), inclusion of 2.5% of canola oil in the diet (T3); inclusion of 2.5% of soybean oil in the diet (T4); inclusion of 5% of linseed oil in the diet (T5); inclusion of 5% of canola oil in the diet (T6); inclusion of 5% oil soy in the diet (T7); inclusion of 2.5% of linseed oil +2.5% soybean oil in the diet (T8); inclusion of 2.5% canola oil + 2.5% soybean oil in the diet (T9) and inclusion of 2.5% of linseed oil + 2.5% of canola oil in the diet (T10). The yolk lipid oxidation, through colorimeter and instrumental analysis were the eggs weighed up parameters. The obtained results to the different tests were proposed to the analysis of variance and to the among treatments, compared through Tukey test to 5% significance level. It was concluded that the vegetal oils used in the commercial laying hens food didn't promote alteration on the yolk eggs of commercial laying hens fed with oil free supplementation ration. The yolk eggs from laying hens supplemented with rich source in polyunsaturated fatty acids present expressive lipid damage, mainly when compared with the yolk eggs from laying hens that had oil free supplementation on the diets.

**Keywords:** sensorial characteristics, yolk color, eggs, lipid oxidation, commercial laying hens.

## INTRODUÇÃO

O painel sensorial é ferramenta utilizada para avaliar a aceitação de produtos no mercado. Pesquisando os gostos e preferências de consumidores, por meio de uma metodologia científica referendada internacionalmente, apresenta-se, ainda, como ferramenta moderna, utilizada para o desenvolvimento de novos produtos, reformulação de produtos já estabelecidos, estudo de vida de prateleira, determinação das diferenças e similaridades entre produtos concorrentes e, finalmente, para otimização e melhoria da qualidade de produtos existentes no mercado. Tal avaliação é realizada, utilizando-se o paladar, olfato, visão e tato (Santangelo, 2006).

A realização de análises sensoriais, em ovos oriundos de poedeiras alimentadas com dietas contendo ingredientes ricos em ácidos graxos poliinsaturados (PUFas) n-3, tem sugerido que o principal odor e sabor descritos é o de peixe, mesmo que as rações não contenham óleo ou farinha de peixe em suas composições (Jiang e Sim, 1992).

Murata (1998) não observou diferenças quanto ao sabor, aroma e texturas da gema e albúmen em ovos de poedeiras alimentadas com rações contendo 3% dos óleos de soja, canola e peixe.

De acordo com Scheideler et al. (1997) e Van Elswyk (1997), a inclusão de sementes de linhaça na dieta de poedeiras comerciais, independentemente do seu nível de inclusão, levaram à produção de ovos com sabor desagradável.

Segundo Leeson et al. (1998), os ovos provenientes de poedeiras alimentadas com dietas contendo 10% a 20% de semente de linhaça apresentaram menor aceitabilidade em termos de odor e sabor, quando comparados com ovos provenientes de aves que não receberam este ingrediente na ração.

Durante o processo de armazenamento, os ovos sofrem várias reações enzimáticas, entre as quais, a oxidação lipídica que se apresenta como um dos principais fatores que contribuem para perda de sua qualidade. Tal perda ocorre com maior velocidade quando o ovo é armazenado em condições inadequadas de temperatura e umidade (Giampietro et al., 2008).

Apesar de suas limitações, o método mais usual na avaliação da oxidação dos lipídeos de alimentos ricos em ácidos graxos é o teste de TBA (ácido tiobarbitúrico), devido à sua simplicidade e rapidez. Este tipo de teste quantifica o malonaldeído (MDA), um dos principais produtos de decomposição dos hidroperóxidos de ácidos

graxos poliinsaturados, o qual é formado durante o processo oxidativo. O MDA é um dialdeído de três carbonos com grupos carbonilas nos carbonos C-1 e C-3<sup>10</sup> (Osawa et al., 2005).

Giampietro et al. (2008) avaliaram, por meio da análise de TBARS, o grau de oxidação lipídica das gemas de ovos provenientes de poedeiras vermelhas, armazenados por 0, 7, 14 e 21 dias sob temperatura ambiente (25°C) e obtiveram perda da qualidade da gema, refletida pelo aumento progressivo do grau de oxidação lipídica até os 14 dias de armazenamento e concluíram que o armazenamento dos ovos sob condições de temperatura ambiente não é forma eficaz para se preservar sua qualidade interna.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O presente experimento foi conduzido na UNESP - Universidade Estadual Paulista - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia - Campus de Botucatu, nos aviários experimentais do Setor de Avicultura, e objetivou avaliar a influência da suplementação na dieta de poedeiras com óleos vegetais ricos em ácidos graxos poliinsaturados sobre as características sensoriais de seus ovos e, também, avaliar os efeitos dos ácidos graxos fornecidos, via dieta, sobre a oxidação lipídica das gemas dos ovos, após estes serem armazenados em temperatura ambiente por 10 dias.

Para o presente estudo, utilizaram-se 480 poedeiras da linhagem comercial Lohmann LSL com 33 semanas de idade no início do experimento. As aves foram alojadas em galpão de alvenaria com dimensões de 15m de comprimento e 7 m de largura, equipados com 84 gaiolas metálicas específicas para a produção de ovos, e medindo 100 cm de comprimento, 45 cm de altura e 45 cm de profundidade, com 2 compartimentos cada, e capacidade para alojar quatro aves por compartimento, perfazendo um total de 8 aves por gaiola. Foram utilizados comedouros independentes dispostos frontalmente à gaiola e bebedouros do tipo “nipple”. O programa de luz adotado foi de 17 horas diárias.

Os tratamentos experimentais empregados foram: ração convencional sem óleo (T1); inclusão de 2,5% de óleo de linhaça na ração (T2); inclusão de 2,5% de óleo de canola na ração (T3); inclusão de 2,5% de óleo de soja na ração (T4); inclusão de 5,0% de óleo de linhaça na ração (T5); inclusão de 5,0% de óleo de canola na ração (T6); inclusão de 5,0% de óleo de soja na ração (T7); inclusão de 2,5% de óleo de linhaça +

2,5% de óleo de soja na ração (T8); inclusão de 2,5% de óleo de canola + 2,5% de óleo de soja na ração (T9) e inclusão de 2,5% de óleo de linhaça + 2,5% de óleo canola na ração (T10).

As aves receberam água e alimentação à vontade durante todo o período experimental. Todas as rações empregadas foram isoenergéticas e isoproteicas, formuladas à base de milho, farelo de soja e de trigo, satisfazendo todas as exigências nutricionais propostas por Rostagno et al. (2005) e diferiram entre si apenas em relação ao tipo de óleo empregado.

### **Oxidação lipídica das gemas - Análise de TBARS**

As análises de TBARS (grau de oxidação lipídica) das gemas dos ovos foram realizadas na UNESP – Universidade Estadual Paulista - Faculdade de Ciências Agrônômicas e Veterinárias – Campus de Jaboticabal, Departamento de Tecnologia no Laboratório de Tecnologia de Produtos de Origem Animal.

Aos 60 dias do período experimental, seis ovos por tratamento foram colhidos e armazenados em bandejas de polpa de celulose, sob condições de temperatura ambiente, ( $19 \pm 2^\circ\text{C}$ ) por um período de 10 dias. Ao final desse período, os ovos correspondentes aos diferentes tratamentos foram quebrados e tiveram suas gemas separadas e congeladas. Após o congelamento, as gemas foram submetidas ao processo de liofilização, removendo-se a água e outros solventes das gemas pelo processo de sublimação, ou seja, a água no estado sólido foi convertida diretamente em vapor de água, sem passar pelo estado líquido. As gemas desidratadas foram submetidas então à análise, para determinação de seu grau de oxidação lipídica (TBARS), segundo a metodologia descrita por Vyncke (1970) e Ramanathan e Das (1992).

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente ao acaso com dez tratamentos e repetições de seis ovos por tratamento.

### **Análise Sensorial**

O painel sensorial dos ovos foi realizado ao final do período experimental na UNESP – Universidade Estadual Paulista - Faculdade de Ciências Agrônômicas – Campus de Botucatu, Departamento de Gestão e Tecnologia Agroindustrial, no Laboratório de Tecnologia de Produtos de Origem Animal.

A cor da gema foi avaliada tanto pelo teste sensorial de Comparação Múltipla como também instrumentalmente, através do emprego de um colorímetro Minolta CR-400, segundo Honikel (1998).

### **Teste sensorial de Comparação Múltipla**

A análise sensorial da cor das gemas foi conduzida conforme Meilgaard et al. (1990) e Roça et al. (1988), com 23 provadores treinados e selecionados (Roça e Bonassi, 1985). Utilizou-se o teste de comparação múltipla com escala estruturada de nove pontos, variando de 1 = extremamente menos intenso que o padrão a 9 = extremamente mais intenso que o padrão. Para a realização do teste, os ovos foram submetidos a cozimento prévio por 10 minutos à temperatura de 96°C e, em seguida, cortados longitudinalmente para a exposição das gemas a serem avaliadas.

O delineamento experimental empregado foi o inteiramente ao acaso, utilizando-se dez tratamentos com repetições de vinte e três provadores.

### **Avaliação Instrumental**

Para a realização da avaliação instrumental da cor da gema, foram colhidos 8 ovos por tratamento, os quais foram devidamente identificados, submetidos a cozimento prévio por 10 minutos à temperatura de 96°C e, em seguida, cortados longitudinalmente para a exposição da região interna das gemas, onde foram realizadas as leituras. A avaliação foi realizada com o auxílio de um colorímetro Minolta CR-400, segundo Honikel (1998), previamente calibrado em superfície de cerâmica branca, de acordo com padrões pré-estabelecidos (Bible e Singha, 1997). O sistema de avaliação da cor foi o da CIE (Comission Internationale de l'Eclairage), onde  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  caracterizam, respectivamente, a luminosidade cujo valor máximo de  $L^*$ - 100 representa perfeita reflexão difusa, enquanto que o valor mínimo, zero, constitui o preto; os eixos  $a^*$  e  $b^*$  não apresentam limites numéricos específicos, a coordenada  $a^*$  varia do vermelho ( $+a^*$ ) ao verde ( $-a^*$ ), e a coordenada  $b^*$  do amarelo ( $+b^*$ ) ao azul ( $-b^*$ ). A cor de cada gema foi determinada mediante a média de cinco leituras em um ponto central na gema do ovo.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com dez tratamentos e repetições de oito ovos. As variáveis obtidas foram submetidas à análise de variância (ANOVA). Utilizou-se o procedimento GLM (General Linear Models) do

programa estatístico SAS®, versão 9.0 para Windows® (SAS, 2002). Para efeito de comparação de médias entre tratamentos, utilizou-se o teste Tukey ao nível de significância de 5%.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, estão apresentados os dados referentes à composição em ácidos graxos dos óleos vegetais que compuseram as dietas experimentais.

Tabela 1. Composição analisada em ácidos graxos dos óleos vegetais empregados nas dietas experimentais (% do total de ácidos graxos).

Ácidos Graxos	Óleo de Canola	Óleo de Linhaça	Óleo de Soja
	%		
C16:0 – Ác. Palmítico	12,3751	6,3720	13,0608
C18:0 – Ác. Esteárico	2,4502	3,9842	2,2366
C18:1 – Ác. Oleico	45,2735	24,8235	23,0449
C18:2 – Ác. Linoleico ( $\omega$ 6)	36,5747	14,6624	56,4484
C18:3 – Ac. Linolênico ( $\omega$ 3)	3,3264	50,1580	5,2094

## OXIDAÇÃO LIPÍDICA

Na Tabela, 2 estão apresentados os dados referentes ao grau de oxidação lipídica das gemas, obtido pelas leituras de absorbância registradas para os diferentes tratamentos.

Tabela 2. Médias obtidas para as análises de oxidação lipídica das gemas de ovos armazenados por 10 dias provenientes de poedeiras comerciais alimentadas com rações suplementadas com diferentes óleos vegetais.

Tratamento	TBARS (mgTMP/kg)
1 (Controle)	0,1700c
2 (2,5% linhaça)	0,2583abc
3 (2,5 %canola)	0,2150abc
4 (2,5% soja)	0,1467c
5 (5% linhaça)	0,3000 <sup>a</sup>
6 (5% canola)	0,2000abc
7 (5% soja)	0,2217abc
8 (2,5% linhaça +2,5% soja)	0,1817bc
9 (2,5%canola +2,5% soja)	0,2917ab
10 (2,5% linhaça +2,5% canola)	0,1867abc
Probabilidade	P<0,05
CV(%)	27,32

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem, significativamente, pelo teste Tukey ( $p>0,05$ ).

A análise de variância indicou haver diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos quanto ao grau de oxidação lipídica das gemas, representado pelos valores de absorbância obtidos.

Observou-se que, após 10 dias de armazenamento em temperatura ambiente, os ovos oriundos das aves alimentadas com ração sem suplementação de óleo e as alimentadas com rações suplementadas com 2,5% de óleo de soja registraram menor grau de oxidação lipídica das gemas, quando comparados com os ovos provenientes das aves alimentadas com rações suplementadas com 5% de óleo de linhaça e com 2,5% de óleo de canola + 2,5% de óleo de soja, não diferindo, significativamente, dos demais tratamentos.

De acordo com Giampietro et al. (2008) a oxidação lipídica da gema dos ovos torna-se mais expressiva com o envelhecimento dos ovos. Ovos frescos apresentaram valores de TBA de 0,1343; ao serem armazenados durante 7 dias os valores elevaram-se para 0,1698 e, aos 14 dias de armazenamento para 0,2138.

Segundo Gómez (2003), os ácidos graxos poliinsaturados, pelo fato de possuírem várias duplas ligações, tornam-se muito suscetíveis à oxidação. Dessa forma, gemas de ovos enriquecidos com esses óleos tornam-se também suscetíveis à deterioração lipídica, resultado este comprovado pelo presente experimento, onde se observou que os ovos enriquecidos com ácidos graxos poliinsaturados, provenientes de poedeiras alimentadas com rações suplementadas com óleos de soja, canola e linhaça, apresentaram elevado grau de oxidação lipídica.

Os dados obtidos revelam ainda que, nos tratamentos com suplementação de 5% de óleo de linhaça, a oxidação lipídica dos ovos apresentou-se mais expressiva. Este resultado concorda com os obtidos por Gómez (2003), que obteve valores mais elevados de oxidação lipídica para os ovos provenientes de poedeiras alimentadas com dietas contendo 5% de óleo de linhaça, quando comparados com tratamentos sem suplementação, sugerindo que o maior número de insaturações do LNA (AG linolênico –  $\omega 3$ ) presente no óleo de linhaça seria responsável pelo maior grau de oxidação das gemas.

Provavelmente, se não empregássemos o antioxidante BHT na formulação das dietas experimentais, a oxidação lipídica das gemas teria se apresentado mais acentuada.

Estudos foram realizados por Aymond e Van Elswyk (1995) e tiveram por objetivo determinar os valores de TBARS das gemas de ovos enriquecidos com PUFA  $\omega$ -3, provenientes de poedeiras alimentadas com dietas suplementadas com 5 e 15% de semente de linhaça inteira e moída durante 5 semanas. Os autores não obtiveram, nesse ensaio, diferenças entre os valores de TBARS encontrados para os diferentes tratamentos em relação ao controle (sem linhaça). Contudo, na presente pesquisa, diferenças significativas foram detectadas entre o tratamento sem adição de óleo e aquele em que se empregaram 5% de óleo de linhaça na dieta; revelando, portanto, que a peroxidação lipídica ocorreu pela presença da maior quantidade de ácidos graxos poliinsaturados nas gemas.

### **Análise Sensorial**

Inicialmente, realizou-se uma pré-análise, na qual os ovos provenientes das poedeiras alimentadas com rações com maiores teores (5%) de óleo de soja, canola e linhaça foram avaliados quanto ao odor e à cor das gemas, por meio do teste de Comparação Múltipla. De acordo com os resultados obtidos no pré-teste para odor dos ovos, não foram observadas diferenças estatísticas entre os tratamentos com maiores inclusões de óleo, não havendo, assim, a necessidade de se fazer nova análise incluindo os dez tratamentos empregados experimentalmente, uma vez que os tratamentos restantes apresentando menores proporções de óleo, provavelmente, também não apresentariam diferenças entre si.

Como no pré-teste realizado para a variável cor da gema observaram-se diferenças estatísticas entre os tratamentos extremos, realizou-se, então, uma análise incluindo os dez tratamentos experimentais estudados.

Na Tabela 3, estão apresentados os dados referentes à avaliação sensorial comparativa e à avaliação objetiva da cor  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  de gemas provenientes dos ovos de poedeiras comerciais alimentadas com rações suplementadas com óleos vegetais.

Tabela 3. Valores médios obtidos com as avaliações sensorial e instrumental da cor das gemas de ovos de poedeiras submetidas a diferentes estratégias de alimentação.

Tratamentos	L* (luminosidade)	a* (teor vermelho/verde)	b* (teor de amarelo/azul)	Atributo Sensorial Cor da gema
Controle (sem óleo)	86,29	-2,41cd	42,45a	5,00cd
T2 (2,5% óleo linhaça)	85,55	-2,48bcd	37,68ab	2,86ab
T3 (2,5% óleo canola)	85,36	-2,24d	41,20a	2,60ab
T4 (2,5% óleo de soja)	86,33	-3,06ab	39,26ab	2,17a
T5 (5% óleo linhaça)	86,31	-2,87abcd	35,89ab	3,39ab
T6 (5% óleo canola)	86,06	-2,63bcd	34,94ab	3,86bc
T7 (5% óleo soja)	86,52	-2,53bcd	39,67ab	5,60d
T8 (2,5% óleo linhaça+ 2,5% óleo soja)	86,55	-3,39a	41,97a	2,95ab
T9 (2,5% óleo canola+ 2,5% óleo soja)	86,26	-2,85abcd	37,83ab	3,13ab
T10 (2,5% óleo linhaça+ 2,5% óleo canola)	86,28	-2,92abc	32,38b	3,78bc
Probabilidade	P>0,05	P<0,05	P<0,05	P<0,05
CV(%)	1,32	14,49	12,05	38,69

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem, significativamente, pelo teste Tukey ( $p>0,05$ ).

Observaram-se diferenças significativas entre os tratamentos, onde as gemas dos ovos provenientes de poedeiras alimentadas com rações suplementadas com 5% de óleo de canola; 5% de óleo de soja e 2,5% de óleo de linhaça + 2,5% de óleo de canola apresentaram pigmentação das gemas semelhante à dos ovos do tratamento padrão (sem óleo). Entretanto, as gemas dos ovos provenientes das aves alimentadas com rações suplementadas com 5% de óleo de soja apresentaram a pigmentação semelhante apenas ao padrão, tendendo, ligeiramente, a ser mais intensa.

Pode-se observar também que as gemas dos ovos provenientes das aves alimentadas com rações suplementadas com 2,5% de óleo de linhaça; 2,5% de óleo de canola; 5% de óleo de linhaça; 2,5% de óleo de linhaça + 2,5% de óleo de soja e 2,5% de óleo de canola + 2,5% de óleo de soja apresentaram pigmentação menos intensa do que as gemas dos ovos tidos como padrão de comparação (sem óleo).

A análise de variância indicou haver diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos para o teor de pigmentação na faixa do vermelho (a)/verde(-a) das gemas. Observou-se que as aves alimentadas com rações suplementadas com 2,5% óleo de linhaça+2,5% óleo de soja produziram ovos com as gemas com menor intensidade de pigmentação vermelha, quando comparadas com as gemas dos ovos das poedeiras alimentadas com rações sem inclusão de óleos e com rações com suplementação de 2,5% de óleo de linhaça; 2,5% de óleo de canola; 5% de óleo de canola e 5% de óleo de soja. Pôde-se observar, ainda, que as gemas provenientes dos ovos de poedeiras alimentadas com rações suplementadas com 2,5% de óleo de canola apresentaram maior tendência à pigmentação vermelha quando comparadas com as gemas dos ovos das aves suplementadas com 2,5% de óleo de soja; 2,5% de óleo de linhaça + 2,5% de óleo de soja e 2,5% de óleo de linhaça + 2,5% de óleo de canola.

Para o teor de pigmentação amarela (b) das gemas, também foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos ( $p < 0,05$ ), as aves alimentadas com rações sem suplementação de óleo e rações suplementadas com 2,5% de óleo de canola; 2,5% de óleo de linhaça + 2,5% de óleo de soja produziram ovos com as gemas mais amarelas, quando comparadas com as gemas dos ovos de aves suplementadas com 2,5% de óleo de linhaça + 2,5% de óleo de canola, não diferindo, significativamente, dos demais tratamentos. Observou-se que as gemas dos ovos provenientes de poedeiras alimentadas com rações sem adição de óleo apresentaram pigmentação mais amarela, o que pode ser explicado pela maior inclusão de milho (pigmentante natural) na formulação dessa dieta. Talvez, se uma maior amostragem de gemas tivesse sido avaliada, tal diferença fosse detectada estatisticamente. Sabe-se que as xantofilas são pigmentos carotenoides vermelhos ou amarelos que se encontram presentes em alguns vegetais, como é o caso do milho que contém aproximadamente 20mg kg<sup>-1</sup> (Cheeke, 1999), pigmentos esses responsáveis pela coloração das gemas.

Com relação ao teor de luminosidade das gemas, não foram detectadas diferenças significativas entre os tratamentos empregados ( $p > 0,05$ ).

Os resultados obtidos, neste trabalho, corroboram com relatos de Carbó (1987), que afirma que a inclusão de gorduras saturadas, na dieta, auxilia na transferência dos carotenoides do alimento para a gema dos ovos, uma vez que os carotenoides e xantofilas presentes na dieta são lipossolúveis, ou seja, a absorção desses pigmentos no

intestino é otimizada quando lipídeos são adicionados à dieta. As dietas empregadas, na presente pesquisa, foram ricas em ácidos graxos insaturados, por essa razão, o carreamento dos pigmentantes (carotenóides) para as gemas pode ter sido prejudicado. Por outro lado, Carbó (1987) sugere ainda que o emprego de antioxidantes em dietas ricas em ácidos graxos insaturados, susceptíveis à oxidação, promovem melhora na pigmentação da gema. O mesmo autor também afirma que, quando estão presentes na dieta lipídeos que contêm peróxidos, a pigmentação das gemas pode ser prejudicada devido à oxidação dos carotenóides.

## **CONCLUSÕES**

Nas condições em que foi realizada a presente pesquisa, concluiu-se que o emprego de óleos vegetais na alimentação de poedeiras comerciais não promove alteração expressiva na pigmentação das gemas dos ovos, quando estas são avaliadas instrumentalmente, entretanto, quando avaliados subjetivamente, as gemas dos ovos oriundos de poedeiras comerciais suplementadas com óleos vegetais tendem a ser mais pálidas.

As gemas dos ovos provenientes de poedeiras suplementadas com 5% de óleo de linhaça (rico em ácidos graxos poliinsaturados ômega 3) apresentaram elevada deterioração lipídica, principalmente quando essas foram comparadas com as gemas dos ovos provenientes de poedeiras que não tiveram suplementação de óleo na dieta.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aymond WM, Van Elswyk ME. Yolk thiobarbituric acid reactive substances and n-3 fatty acids in response to whole and ground flaxseed. *Poultry Science* 1995; 74:1388-94.

Bible BB, Singha S. Canopy position influences coordinates of peach color. *Hortscience* 1997; 28:992-3.

Carbo CB. La gallina ponedora: sistemas de exploração y técnicas de producción. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa; 1987.

Cheeke PR. Applied animal nutrition: feeds and feeding. 2 ed. New Jersey: Prentice-Hall; 1999.

Giampietro A, Scatolini AM, Boiago MM, Coró DMO, Souza Alves HB, Souza PA, Lima TMA, Pizzolante CC. Estudo da metodologia de TBARS em ovos. *Produção Animal: avicultura* 2008;18.

Gómez MEDB. Modulação da composição de ácidos graxos poliinsaturados ômega 3 de ovos e tecidos de galinhas poedeiras, através da dieta. I: estabilidade oxidativa. [Tese]. Jaboticabal (SP): Universidade de São Paulo; 2003.

Honikel KO. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Science* 1998; 49(4): 447-57.

Jiang Z, Sim JS. Consumption of n-3 polyunsaturated fatty acid enriched eggs and changes in plasma lipids of humans subjects. *Nutrition* 1992; 9(6):513-18.

Leeson S, Caston L, Maclaurin T. Organoleptic evaluation of eggs produced by laying hens fed diets containing graded levels of flaxseed and vitamin E. *Poultry Science* 1998; 77:1436-40.

Meilgaard M, Civille GV, Carr BT. Sensory evaluation techniques. Boca Raton: CRC Press; 1990.

Murata LS. Efeito de fontes de óleo da ração sobre o desempenho e o perfil lipídico dos ovos e sangue de poedeiras comerciais. [Tese]. São Paulo (SP): Universidade Estadual Paulista; 1998.

Osawa CC, Felício PE, Gonçalves LAG. Teste de TBA aplicado a carnes e derivados: métodos tradicionais, modificados e alternativos. *Química Nova* 2005; 28(4):655-63.

Ramanathan L, Das NP. Studies on the control of lipid oxidation in ground fish by some polyphenolic natural products. *Journal of Food Chemistry* 1992; 40(1):17-21.

Roça RO, Bonassi IA. Seleção de provedores para produtos cárneos. In: 7º Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos; 1985; Itabuna, Ilhéus. Brasil. p. 83.

Roça RO, Serrano AM, Bonassi IA. Utilização de toucinho na elaboração de fiambres com carne de frango. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* 1988; 8(1):67-76.

Rostagno HS, Albino LFT, Donzele JL, Gómez PC, Oliveira RF, Lopes DC, Ferreira AS, Barreto SLT. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. Viçosa (MG): Universidade Federal de Viçosa; 2005.

Santangelo SB. Utilização da farinha de semente de abóbora (*Cucurbita maxima*, L.) em panetone. [Dissertação]. Seropédica (RJ): Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; 2006.

SAS Learning Edition. Getting started with the SAS learning edition. Cary (NC): SAS Institute; 2002.

Scheideler SE, Froning G, Cuppett S. Studies of consumer acceptance of high omega-3 fatty acid-enriched eggs. *Journal of Applied Poultry Research* 1997; 6:137-46.

Van Elswyk ME. Nutrition and physiological effects of flax seed in diets for laying fowl. *World's Poultry Science Journal* 1997; 53:153-83.

Vyncke BW. Direct determination of the thiobarbituric acid value in trichloroacetic acid extracts of fish as a measure of oxidative rancidity. *Fette-Scifen Anstrichmittel* 1970; 72(12):1084-87.

**Capítulo 6**

**IMPLICAÇÕES**

O ovo é um alimento completo, rico em minerais e vitaminas, possui proteína de alto valor biológico e pequeno custo. Apesar de todas suas características nutricionais, o consumo de ovos no Brasil ainda apresenta-se bastante reduzido.

Atualmente, com o intuito de estimular o consumo de ovos, a indústria avícola está investindo no “enriquecimento” dos ovos com ácidos graxos poliinsaturados da família ômega-3, os conhecidos ovos PUFA, através da suplementação de fontes ricas nestes ácidos graxos, na dieta das aves.

Os ovos enriquecidos apresentam teores mais elevados de ácidos graxos ômega-3 do que os ovos convencionais, no entanto, poucas são as referências sobre a qualidade desses ovos comercializados.

Os dados obtidos com o presente experimento indicam que a modificação do perfil de ácidos graxos dos ovos através da manipulação da dieta das aves, com o objetivo de enriquecê-los com ácidos graxos poliinsaturados é facilmente alcançado. Entretanto, deve-se atentar para o período de armazenamento desses ovos, já que os ácidos graxos poliinsaturados presentes nas gemas, são altamente susceptíveis à oxidação.

Em circunstâncias reais, a opção pela produção desse tipo de produto, deve ser avaliada pelo produtor, a partir dos custos de produção e ao nicho de mercado a qual se destina sua produção.

Os dados obtidos com o presente experimento indicam ainda que, a suplementação com ácidos graxos poliinsaturados na ração das aves não diminui os teores de colesterol dos ovos, discordando dos resultados encontrados em algumas pesquisas. Entretanto, observou-se que o teor de colesterol das gemas possui correlação positiva com a idade das aves.