

Agnes Veridiana Mori

UTILIZAÇÃO DE ÓLEO DE PEIXE E LINHAÇA NA  
RAÇÃO COMO FONTES DE ÁCIDOS GRAXOS  
POLIINSATURADOS ÔMEGA-3 EM OVOS DE GALINHA

10:1123

N.º CLASSIFICAÇÃO
T. 1062
FmVZ
e11
N.º TOMBO
021399

545NOI1030266

Tese apresentada para obtenção do título de  
Doutor, junto à Faculdade de Medicina  
Veterinária e Zootecnia da Universidade de  
São Paulo

**Departamento:**

Clínica Médica

**Área de Concentração:**

Clínica Veterinária

**Orientador:**

Prof. Dr. Cássio Xavier de Mendonça Júnior

Acervo - FMVZ 021399



São Paulo  
2001

SERVIÇO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO  
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA  
E ZOOTECNIA DA USP

## **DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO-NA-PUBLICAÇÃO**

(Biblioteca da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo)

**Mori, Agnes Veridiana**

Utilização de óleo de peixe e linhaça na ração como fontes de ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 em ovos de galinha / Agnes Veridiana Mori.

162 f. : il.

Tese (doutorado em Clínica Veterinária) – Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. Departamento de Clínica Médica, São Paulo, 2001.

Área de concentração: Clínica Veterinária.

Orientador: Prof. Dr. Cássio Xavier de Mendonça Júnior.

Unitermos: 1.Ácidos graxos ômega-3. 2.Linhaça. 3.Ovos.  
4.Óleos de pescado.

*Ao meu pai (in memoriam),  
À minha mãe,  
À minha irmã,*

*Por me mostrarem com perseverança e amor no coração como transformar  
nossos sonhos em realidade.*

*Ao Prof. Dr. Cássio Xavier de Mendonça Júnior,*

*Se hoje tenho uma direção certa, devo a seu apoio, amizade, orientação segura, dedicação, palavras de estímulo e confiança depositada em todos os passos desta jornada.*

*Dedico este trabalho, pequeno frente a seus esforços e a minha  
gratidão.  
Obrigada, meu Deus, pelo presente de ter em meu caminho pessoas tão especiais.*

## AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Luiz Antonio Gioielli, pelo entusiasmo e paciência na transmissão de seus conhecimentos e por gentilmente ter permitido a utilização de seu laboratório para as análises de ácidos graxos nos ovos.

Ao Prof. Dr. Flávio Prada, pelos sábios conselhos e valiosas sugestões à elaboração da tese.

Ao Prof. Dr. Enrico Lippi Ortolani, pelo estímulo e observações relevantes ao desenvolvimento do trabalho.

Aos professores e amigos do Departamento de Clínica Médica: Prof. Dr. Wanderley Pereira de Araújo, Prof. Dr. Wilson Roberto Fernandes, Prof. Dr. Fernando José Benesi e Prof. Dr. Carlos Eduardo Larsson, pelos ensinamentos e momentos agradáveis que compartilhamos.

À Clara Satsuki Mori, química responsável pelo Laboratório de Doenças Nutricionais e Metabólicas, pelo auxílio nas análises laboratoriais, pela prontidão atenciosa em todos os momentos de dúvida e pela amizade.

À colega de pós-graduação, Cristiana Ribeiro Mariano de Almeida, pela agradável convivência e colaboração nas análises.

À amiga que encontrei na pós-graduação Maria Carolina Gonçalves Pita (Carô), pelos momentos de descontração e constante auxílio nos intermináveis experimentos que vêm sendo desenvolvidos no laboratório.

Ao sr. Abelardo Cecílio de Souza (Dinho), pela tranquilidade que o seu trabalho competente em todas as fases do doutorado me proporcionou.

Aos amigos e colegas da pós-graduação: Maria Claudia Araripe Sucupira, Celso Akio Maruta, Pierre Castro Soares, Sandra Satiko Kitamura e Clarisse Simões Coelho, pelo constante estímulo e alegrias compartilhadas.

## LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1 - Proporções dos principais lípides da gema (%)	28
Tabela 2 - Principais ácidos graxos dos lípides da gema (%)	30
Tabela 3 - Esquema dos tratamentos adotados - São Paulo - 2000	54
Tabela 4 - Composição em ácidos graxos dos principais ingredientes lipídicos utilizados (% do total de ácidos graxos) - São Paulo - 2000	56
Tabela 5 - Composição das rações dos tratamentos utilizados no experimento - São Paulo - 2000	57
Tabela 6 - Composição em ácidos graxos das rações (% do total de ácidos graxos), conforme os tratamentos estudados - São Paulo - 2000	58
Tabela 7 - Teores de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poliinsaturados (% do total de ácidos graxos) e relação n-6/n-3 das rações, conforme os tratamentos estudados - São Paulo - 2000	59
Tabela 8 - Teores de ácidos graxos (% do total de ácidos graxos) e relações P/S e n-6/n-3 das rações, conforme os teores dietéticos de óleo de peixe e linhaça - São Paulo - 2000	60
Tabela 9 - Modelo de análise de variância de acordo com os diferentes parâmetros estudados - São Paulo - 2000	68
Tabela 10 - Peso médio do ovo (g), índice de postura (%), consumo (g/ave/dia), conversão alimentar e seus respectivos erros da média, de acordo com os tratamentos estudados - São Paulo - 2000	70
Tabela 11 - Peso médio do ovo (g), índice de postura (%), consumo (g/ave/dia), conversão alimentar e seus respectivos erros da média, de acordo com os teores de óleo de peixe e linhaça na ração - São Paulo - 2000	71

Tabela 12 - Análise de variância dos valores de desempenho produtivo, de acordo com os tratamentos e ingredientes estudados - São Paulo - 2000	72
Tabela 13 - Parâmetros que expressam a qualidade do ovo, e seus respectivos erros da média, de acordo com os tratamentos estudados - São Paulo - 2000	81
Tabela 14 - Parâmetros que expressam a qualidade do ovo, e seus respectivos erros da média, de acordo com os teores de óleo de peixe e linhaça na ração - São Paulo - 2000	82
Tabela 15 - Análise de variância dos valores que expressam a qualidade do ovo, de acordo com os tratamentos e ingredientes estudados - São Paulo - 2000	83
Tabela 16 - Teores médios de colesterol na gema (total e por g), percentuais de alteração e peso médio da gema (g) e do ovo (g), com seus respectivos erros da média, de acordo com os tratamentos estudados - São Paulo - 2000	86
Tabela 17 - Teores médios de colesterol na gema (total e por g), percentuais de alteração e peso médio da gema (g) e do ovo (g), com seus respectivos erros da média, conforme os teores de óleo de peixe e linhaça na ração - São Paulo - 2000	87
Tabela 18 - Análise de variância dos valores de colesterol na gema, peso médio da gema (g) e do ovo (g), de acordo com os tratamentos e ingredientes estudados - São Paulo - 2000	88
Tabela 19 - Composição em ácidos graxos da gema (% do total de ácidos graxos), conforme os tratamentos estudados - São Paulo - 2000	91
Tabela 20 - Composição em ácidos graxos da gema (% do total de ácidos graxos), conforme os teores de óleo de peixe e linhaça na ração - São Paulo - 2000	92

Tabela 21 - Teores de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poliinsaturados (% do total de ácidos graxos), relação n-6/n-3, lípides totais (%) e peso (g) da gema, conforme os tratamentos estudados - São Paulo – 2000	93
Tabela 22 - Teores de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poliinsaturados (% do total de ácidos graxos), relação n-6/n-3, lípides totais (%) e peso (g) da gema, conforme os teores de óleo de peixe e linhaça na ração - São Paulo - 2000	94
Tabela 23 - Análise de variância dos teores de ácidos graxos da gema, de acordo com os tratamentos e ingredientes estudados - São Paulo - 2000	95
Tabela 24 - Análise de variância dos valores totais de ácidos graxos e relações P/S e n-6/n-3 da gema, de acordo com os tratamentos e ingredientes estudados - São Paulo - 2000	96
Tabela 25 - Coeficientes de correlação (r) e de determinação ( $r^2$ ) e equações de regressão entre teores de linhaça e de ácido linolênico na ração e concentrações dos principais ácidos graxos poliinsaturados e relação n-6/n-3 da gema - São Paulo - 2000	108
Tabela 26 - Resumo dos resultados da avaliação de odor e sabor dos ovos - São Paulo - 2000	112



## LISTA DE FIGURAS

Página

- Figura 1 - Metabolismo dos ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 e ômega-6 38
- Figura 2 - Peso médio semanal do ovo (g) de acordo com os tratamentos preconizados, durante o período experimental - São Paulo - 2000 74
- Figura 3 - Índice de postura (%) semanal no período experimental, de acordo com os tratamentos estudados - São Paulo - 2000 76
- Figura 4 - Consumo médio de alimento das aves (g/ave/dia), por semana, no período experimental, conforme os tratamentos preconizados - São Paulo - 2000 77
- Figura 5 - Conversão alimentar (kg de alimento por dúzia de ovos) por semana, conforme os tratamentos estudados - São Paulo - 2000 79
- Figura 6 - Conversão alimentar (kg de alimento por kg de ovos) por semana, conforme os tratamentos preconizados - São Paulo - 2000 79
- Figura 7 - Teores médios de ácido linolênico na ração e na gema do ovo (% do total de ácido graxos), de acordo com as concentrações de linhaça na ração - São Paulo - 2000 (Dados das Tabs.8 e 20) 104
- Figura 8 - Teores médios de ácidos graxos de cadeia longa (EPA + DPA + DHA) na ração e na gema do ovo (% do total de ácido graxos), conforme as concentrações de linhaça na ração - São Paulo - 2000 (Dados das Tabs.8 e 20) 104
- Figura 9 - Teores totais de PUFA's n-3 na ração e na gema do ovo (% do total de ácido graxos), de acordo com as concentrações de linhaça na ração - São Paulo - 2000 105

## LISTA DE QUADROS

Página

- Quadro 1 - Questionário de avaliação do odor e sabor dos ovos - São Paulo - 2000 67

## LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

°C	graus Celsius
μL	Microlitro
μm	Micrômetro
C <sub>14:0</sub>	ácido mirístico
C <sub>16:0</sub>	ácido palmítico
C <sub>16:1 n-7</sub>	ácido palmitoléico
C <sub>18:0</sub>	ácido esteárico
C <sub>18:1 n-9</sub>	ácido oléico
C <sub>18:2 n-6</sub>	ácido linoléico
C <sub>18:3 n-3</sub>	ácido linolênico
C <sub>20:0</sub>	ácido araquídico
C <sub>20:1 n-9</sub>	ácido gadoléico
C <sub>20:4 n-6</sub>	ácido araquidônico
C <sub>20:5 n-3</sub> (EPA)	ácido eicosapentaenóico
C <sub>22:1 n-9</sub>	ácido erúcico
C <sub>22:5 n-3</sub> (DPA)	ácido docosapentaenóico
C <sub>22:6 n-3</sub> (DHA)	ácido docosahexaenóico
CLAE	cromatografia líquida de alta eficiência
CON	controle
DHA	ácido docosahexaenóico
EPA	ácido eicosapentaenóico
g	grama
HDL	lipoproteína de densidade alta
kcal	quilocaloria
kg	quilograma
LDL	lipoproteína de densidade baixa
LIN	linhaça na ração
LIN7	linhaça a 7% na ração
LIN14	linhaça a 14% na ração
LIN21	linhaça a 21% na ração
LIN28	linhaça a 28% na ração
LIN35	linhaça a 35% na ração
LIN7+P	linhaça a 7% e óleo de peixe a 2% na ração
LIN14+P	linhaça a 14% e óleo de peixe a 2% na ração
LIN21+P	linhaça a 21% e óleo de peixe a 2% na ração
LIN28+P	linhaça a 28% e óleo de peixe a 2% na ração
LIN35+P	linhaça a 35% e óleo de peixe a 2% na ração
m	metro
mg	miligrama
mL	mililitro
mm	milímetro
nm	nanômetro
NRC	National Research Council
P	óleo de peixe a 2% na ração
PUFA	ácido graxo poliinsaturado
r	coeficiente de correlação
r <sup>2</sup>	coeficiente de determinação
TRAT	tratamento
UI	unidade internacional
USDA	United States Department of Agriculture
VLDL	lipoproteína de densidade muito baixa

## RESUMO

MORI, A.V. **Utilização de óleo de peixe e linhaça na ração como fontes de ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 em ovos de galinha** [Dietary fish oil and flaxseed as sources of omega-3 polyunsaturated fatty acids in chicken eggs]. São Paulo, 2001. 162 f. Tese (Doutorado em Clínica Veterinária) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo.

Foram utilizadas 288 galinhas poedeiras *Babcock*, durante o período de 9 semanas, com o objetivo de se verificar o efeito de teores crescentes de linhaça, associados ou não ao óleo de peixe na ração, sobre o perfil de ácidos graxos do ovo. Paralelamente, avaliou-se o desempenho das aves, qualidade externa e interna, características sensoriais e teor de colesterol dos ovos. Foi empregado esquema fatorial 2X6 em blocos casualizados, sendo as aves alimentadas com dieta controle (isenta de produtos de origem animal) contendo linhaça moída (0%, 7%, 14%, 21%, 28% e 35%), adicionada ou não de óleo de peixe (2%). O peso dos ovos sofreu redução significativa ( $p < 0,05$ ) a partir do uso de 21% de linhaça na ração, e de 14% quando da associação com o óleo de peixe. A postura das aves foi reduzida com a utilização de 28% e 35% de linhaça na ração, independentemente do uso de óleo de peixe na dieta. A qualidade dos ovos não foi alterada com o uso de ambos ingredientes e o teor de colesterol, expresso em mg/g, foi significativamente aumentado com 35% de linhaça. O teor de ácido linolênico na gema sofreu aumento crescente com a elevação da concentração dietética de linhaça, sendo sua deposição acentuada com a adição concomitante de óleo de peixe. A porcentagem de EPA (ácido eicosapentaenóico) na gema foi significativamente elevada com a utilização de 35% de linhaça na ração, sendo que o uso combinado de óleo de peixe determinou incremento do EPA a partir de 7% de linhaça na dieta. A concentração de DHA (ácido docosahexaenóico) na gema foi significativamente aumentada a partir de 7% de linhaça dietética, sendo este incremento mais marcante com a associação do óleo de peixe. O óleo de peixe e a linhaça na ração determinaram relação ômega-6/ômega-3 (n-6/n-3) estreita na gema, de acordo com recomendações nutricionais vigentes. As equações de regressão permitem estimar os teores de ácido linolênico, EPA, DHA, ácido araquidônico, total de ácidos graxos poliinsaturados (PUFAs) n-3 e relação n-6/n-3 na gema a partir de concentrações de linhaça e de ácido linolênico na ração. O sabor de peixe foi detectado nos ovos provenientes dos grupos alimentados com óleo de peixe combinado com 28 e 35% de linhaça. Para se maximizar os teores de PUFAs n-3, especialmente os de cadeia longa, sem resultar em prejuízo do desempenho produtivo e do sabor dos ovos, a combinação de 2% de óleo de peixe com 7% de linhaça na ração mostrou ser a mais adequada.

Unitermos: ácidos graxos ômega-3; linhaça; óleo de pescado; ovos

## SUMMARY

MORI, A.V. **Dietary fish oil and flaxseed as sources of omega-3 polyunsaturated fatty acids in chicken eggs.** [Utilização de óleo de peixe e linhaça na ração como fontes de ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 em ovos de galinha]. São Paulo, 2001. 162 f. Tese (Doutorado em Clínica Veterinária) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo.

To investigate the effect of increasing levels of dietary flaxseed, combined or not with fish oil, upon fatty acid composition of eggs, 288 *Babcock* laying hens were used for a 9 week experimental period. Reproductive performance of hens, internal and external egg quality, egg flavor, and yolk cholesterol levels were evaluated. The experiment had a 2X6 factorial design, hens were fed a basal diet (without animal products) supplemented with ground flaxseed (0%, 7%, 14%, 21%, 28% and 35%), combined or not with fish oil (2%). Egg weight was significantly decreased ( $p < 0,05$ ) from 21% dietary flaxseed, and from 14% when fish oil was added to the diet. In birds fed either 28% or 35% flaxseed, egg production was depressed, regardless of the addition of fish oil. Feeding diets containing both fat sources did not affect egg quality, and yolk cholesterol content (mg/g) was significantly increased in eggs laid by hens fed 35% flaxseed. Yolk concentrations of linolenic acid were enhanced as a result of feeding hens increasing levels of dietary flaxseed, and its deposition was markedly increased when fish oil was included in the diet. Yolk contents of EPA (eicosapentaenoic acid) were significantly increased when diets included 35% flaxseed, and the combination with fish oil produced enhanced levels of EPA from 7% dietary flaxseed. Egg contents of DHA (docosahexaenoic acid) were significantly increased from 7% dietary flaxseed, and the deposition of such n-3 fatty acid was greater when in combination with fish oil. Dietary fish oil and flaxseed caused a narrow ratio of n-6 to n-3 fatty acids, meeting the current dietary allowances. Regression equations allow to predict contents of linolenic acid, EPA, DHA, arachidonic acid, total of n-3 fatty acids and ratio of n-6 to n-3 in the yolk from levels of dietary flaxseed or linolenic acid. Fishy flavor was detected in eggs from hens fed 2% fish oil combined with flaxseed at 28 or 35%. In order to maximize the content of n-3, mainly the longer chain n-3 fatty acids, without impairing performance parameters and egg flavor, the combination of 2% fish oil and 7% flaxseed in the hen's diet is the most appropriate.

Uniterms: omega-3 fatty acids; flaxseed; fish oil; eggs

# SUMÁRIO

	Página
<b>1 INTRODUÇÃO</b>	16
1.1 Objetivos	20
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b>	21
2.1 Dieta e saúde humana	21
2.2 Composição lipídica e formação da gema do ovo	25
2.3 Colesterol	30
2.3.1 Balanço do colesterol na galinha	32
2.3.2 Fatores que alteram os teores de colesterol no ovo	33
2.4 Ácidos graxos poliinsaturados (PUFAs)	34
2.4.1 Aumento do teor de ácidos graxos poliinsaturados na gema	35
2.4.2 Metabolismo dos ácidos graxos poliinsaturados	37
2.4.3 Fontes de ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 (PUFAs n-3)	40
2.4.3.1 Algas marinhas	40
2.4.3.2 Óleos e Farinhas de Peixe	42
2.4.3.3 Sementes oleaginosas e óleos vegetais	45
2.4.4 Associação de fontes	49
<b>3 MATERIAL E MÉTODO</b>	51
3.1 Aves, instalações e equipamentos	51
3.2 Rações	54
3.3 Avaliação do desempenho das aves	61
3.4 Determinação da qualidade dos ovos	61
3.5 Determinação do colesterol na gema do ovo	62
3.6 Determinação dos ácidos graxos na gema do ovo	63
3.7 Avaliação do odor e sabor dos ovos	64
3.8 Análise estatística	67

<b>4 RESULTADOS</b>	69
4.1 Desempenho produtivo das aves	69
4.1.1 Peso dos ovos	73
4.1.2 Índice de postura	74
4.1.3 Consumo alimentar	76
4.1.4 Conversão alimentar	78
4.1.2 Qualidade dos ovos	80
4.2.4 Teores de colesterol nos ovos	85
4.2.5 Teores de ácidos graxos nos ovos	90
4.2.5.1 Ácidos graxos saturados	97
4.2.5.2 Ácidos graxos monoinsaturados	98
4.2.5.3 Ácidos graxos poliinsaturados (PUFAs)	100
4.2.5.3.1 Relação entre teores dietéticos de linhaça e de ácido linolênico e concentrações de PUFAs na gema	107
4.2.6 Sabor e odor dos ovos	111
<b>5 DISCUSSÃO</b>	115
5.1 Desempenho produtivo das aves	115
5.1.1 Peso dos ovos	116
5.1.2 Índice de postura	118
5.1.3 Consumo alimentar	120
5.2 Qualidade dos ovos	121
5.3 Teores de colesterol nos ovos	122
5.4 Teores de ácidos graxos nos ovos	125
5.4.1 Ácidos graxos saturados	126
5.4.2 Ácidos graxos monoinsaturados	127
5.4.3 Ácidos graxos poliinsaturados (PUFAs)	128
5.4.3.1 Ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 (PUFAs n-3)	129
5.4.3.2 Ácidos graxos poliinsaturados ômega-6 (PUFAs n-6)	142
5.4.4 Relação ômega-6/ ômega-3 (n-6/n-3)	144
5.5 Sabor e odor dos ovos	145

**6 CONCLUSÕES**

149

**7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

152

## 1 INTRODUÇÃO

Nos dias atuais, os consumidores estão cada vez mais conscientes da relação entre dieta e saúde e, como consequência, a indústria de alimentos tem encontrado estímulos para desenvolver produtos enriquecidos com componentes que possuam capacidade de produzir efeitos benéficos à saúde. O enriquecimento de ovos com ácidos graxos poliinsaturados (PUFAs) ômega-3 (n-3) 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. Esse enriquecimento, ou essa modificação do produto original com adição de nutrientes potencialmente benéficos, podem ainda ser observados em outros alimentos. Assim, vem surgindo no mercado um número cada vez maior de produtos alimentícios “fortificados” ou modificados, denominados de “nutracêuticos”, com o intuito de atingir esta faixa de consumidores.

O ovo é um alimento de alto valor nutritivo e os lípides, presentes na gema, são seus principais componentes nutricionais, constituindo importante fonte energética na dieta humana. Entretanto, devido aos seus elevados teores de colesterol e ao risco de doenças cardiovasculares a eles associados, houve nas últimas décadas redução do consumo de ovos nos países desenvolvidos sendo que, em nosso país, este fato tem sido observado na parcela da população de maior poder aquisitivo.

No Brasil, as doenças cardiovasculares são responsáveis por cerca de 46% de todos os óbitos registrados (BRASIL, 2001). Alterações no padrão nutricional dos brasileiros e o aumento da obesidade em adultos, principalmente nas regiões Sul e Sudeste do país (MONDINI, 1996) estão associados ao crescimento da mortalidade por doenças cardiovasculares e aumento da prevalência de seus fatores de risco, como a hipertensão arterial e as hiperlipidemias. Estima-se que até o ano de 2010, as doenças cardiovasculares sejam a principal causa de morte em países em desenvolvimento (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 1995; 2001).

Estudos clínicos e epidemiológicos têm apontado a gordura saturada da dieta como sendo a grande responsável pelo aumento da

colesterolemia (GRUNDY, 1997), sendo que o ovo contém baixa proporção desse tipo de gordura (BRIZ, 1997). Mais recentemente, tem sido dada grande atenção aos teores dietéticos de ácidos graxos poliinsaturados da série n-3 (PUFAs n-3), atribuindo-se aos mesmos papel muito importante na redução do risco de doenças cardiovasculares. Neste sentido, pelo fato de o conteúdo de PUFAs n-3 nos ovos ser muito baixo, tem sido despertado o interesse em melhorar a composição lipídica do ovo, visto que a redução do seu teor de colesterol não pode ser feita de forma efetiva.

Embora os estudos preliminares tenham sido realizados no final da década de 60, foi somente nos últimos seis anos que vários grupos de pesquisa concentraram-se na obtenção de ovos enriquecidos com n-3 com propósitos comerciais.

A principal fonte de PUFAs n-3 para seres humanos é o peixe; porém este é um alimento nem sempre fácil de ser adquirido, além de possuir preço elevado e existir a possibilidade de apresentar problemas de contaminação química e microbiológica. Assim, seria de grande interesse que uma outra fonte estivesse disponível, sendo os ovos modificados uma importante alternativa para o consumo de n-3, por ser um alimento amplamente aceito devido ao seu sabor, preço reduzido e versatilidade culinária.

Apesar de o Brasil estar situado entre os seis maiores produtores mundiais de ovos, seu consumo per capita é relativamente baixo, da ordem de 90 ovos/ano (ASSOCIAÇÃO PAULISTA DE AVICULTURA, 2001). Em um país em desenvolvimento como o Brasil, onde elevada parcela da

população vive em situação de pobreza, sem acesso a alimentos de alto valor nutricional, o ovo representa uma importante alternativa alimentar que deve ter seu consumo estimulado.

Dessa forma, estudos que pudessem verificar e comparar os efeitos de alguns dos principais nutrientes ricos em PUFA n-3 sobre o perfil de ácidos graxos de ovos produzidos por galinhas poedeiras seriam de grande interesse para pesquisadores, avicultores e consumidores.

## 1.1 Objetivos

A presente pesquisa tem como objetivo estudar o efeito da inclusão à dieta de teores crescentes de linhaça moída, adicionados ou não de óleo de peixe, sobre o perfil de ácidos graxos e concentração de colesterol na gema do ovo. Tem ainda como propósito verificar a influência dos teores destes ingredientes no desempenho produtivo das aves e nas características interna, externa e sensorial dos ovos produzidos.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Dieta e saúde humana**

Atualmente, a relação ácidos graxos poliinsaturados (PUFAs) ômega-6 e ômega-3 (n-6/n-3) está entre 10 e 25: 1 na maioria das dietas ocidentais, enquanto que em épocas passadas, antes do advento da revolução agrícola e industrial e do surgimento da indústria de alimentos processados, esta relação era de 1:1, ou até menor. A dieta humana caracteriza-se por um aumento da porcentagem de gordura total, gordura

saturada, ácidos graxos *trans* e n-6, havendo decréscimo no teor de PUFAs n-3 (SIMOPOULOS, 2000).

A Organização Mundial de Saúde recomenda relação n-6/n-3 de 5 a 10:1 (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 1995), enquanto que organizações de saúde do Japão recentemente alteraram suas recomendações de 4:1 para 2:1, valores estes muito abaixo daqueles praticados atualmente (KRIS-ETHERTON *et al.*, 2000).

A alteração no balanço desses ácidos graxos essenciais foi causada pelas recomendações indiscriminadas feitas a partir da década de 60 no sentido de substituir a gordura saturada por óleos vegetais, muito ricos em PUFAs n-6 e pobres em n-3. O óleo de milho, por exemplo, tem relação n-6/n-3 de 60:1 (SIMOPOULOS, 1999).

Os estudos relacionando os PUFAs n-3 com a saúde cardiovascular iniciaram-se a partir das observações de BANG e DYEBERG (1972) realizadas durante a década de 70 em esquimós da Groenlândia. Esta população apresentou incidência extremamente baixa de enfarto do miocárdio, o que foi atribuído a sua dieta, quase exclusivamente composta por peixes e mamíferos marinhos. Desde então, muitos autores têm sugerido que o consumo de produtos marinhos trazem benefícios à saúde, incluindo-se a redução da incidência de doenças cardiovasculares (HEROLD e KINSELLA, 1986), por serem ricos em PUFAs n-3 de cadeia longa, principalmente o ácido eicosapentaenóico (EPA, C<sub>20:5</sub> n-3), ácido docosapentaenóico (DPA, C<sub>22:5</sub> n-3) e o ácido docosahexaenóico (DHA,

C<sub>22:6n-3</sub>). Assim, o papel dos PUFAs n-3 de cadeia longa (EPA, DPA e DHA) na prevenção e modulação de certas doenças começou a ser investigado.

Entidades de saúde norte-americanas recomendam a ingestão diária de 0,65 g de EPA + DHA (KRIS-ETHERTON *et al.*, 2000), valor este situado dentro dos padrões indicados por organizações de saúde britânicas, de 0,5 a 1,0 g destes ácidos graxos (SANDERS *et al.*, 2000). Nas dietas ocidentais onde o consumo de pescado não é elevado, a ingestão destes PUFAs n-3 situa-se entre 0,1 e 0,2 g/dia (KRIS-ETHERTON *et al.*, 2000).

Além das doenças coronarianas e acidentes vasculares cerebrais (KELI *et al.*, 1994), existem outras afeções que podem ser prevenidas ou tratadas com a ingestão de PUFAs n-3, como as deficiências do desenvolvimento retinal e cerebral em crianças (NETTLETON, 1993; CONNOR, 2000), doença de Crohn (BELLUZZI *et al.*, 1996), colite ulcerativa (STENSON *et al.*, 1992), nefropatias (DREVON, 1992), lúpus, artrite reumatóide (DREVON, 1992), diabetes tipo 2 (CONNOR, 2000), câncer de mama, cólon e próstata (DREVON, 1992; CONNOR, 2000).

Os efeitos benéficos dos PUFAs n-3 na saúde cardiovascular são atribuídos principalmente ao EPA, que exerceria efeitos antitrombóticos, antiinflamatórios e hipolipêmicos (LU *et al.*, 1999; CONNOR, 2000). O DPA, menos estudado, também pode ser incluído entre os n-3 com efeitos benéficos à saúde cardiovascular (VON SCHACKY *et al.*, 1985)

A partir do EPA são formados tromboxanas e prostaglandinas, que exerceriam efeitos antiagregatórios nas plaquetas e vasodilatadores no epitélio vascular. Por outro lado, os derivados do ácido araquidônico, quando presentes em quantidades excessivas, podem estimular a vasoconstrição e a formação de trombos (KRISTENSEN *et al.*, 1989).

Os PUFAs n-3, presumivelmente o EPA, parecem ainda inibir a síntese hepática de triglicérides, favorecendo a produção de VLDL de menor tamanho, facilmente convertida a LDL menos densa e de maior tamanho, considerada de baixo risco aterogênico (LU *et al.*, 1999).

Além disso, a ingestão prolongada de quantidades relativamente altas de PUFAs n-3 estimularia o transporte reverso do colesterol, promovendo maior captação hepática e excreção biliar, mediante estímulo de receptor hepático para HDL, que captaria apenas o colesterol, permitindo o retorno da HDL à circulação (LANDSHULTZ *et al.*, 1996).

O DHA está envolvido principalmente na formação do tecido nervoso e visual, encontrando-se de forma concentrada no cérebro, retina e testículos. É necessário nas primeiras etapas do desenvolvimento intra como extra-uterino, sendo sua suplementação recomendada na dieta materna durante a gestação e período de lactação (CRAWFORD *et al.*, 1999).

Mais de trinta anos de pesquisas na genética, farmacologia e nutrição falharam ao tentar encontrar formas consistentes de se reduzir o teor de colesterol dos ovos (HARGIS, 1988; MORI *et al.*, 1999; 2000). Estudos têm demonstrado que o colesterol dietético não é fator significativo



sobre o teor de colesterol plasmático e risco de doenças cardiovasculares, mas que o consumo de ácidos graxos saturados teria relação com a incidência dessas enfermidades (GRUNDY, 1997). Além do consumo reduzido de ácidos graxos saturados, a importância de uma relação adequada de n-6/n-3 na prevenção de doenças cardiovasculares vem sendo comprovada por muitos estudos populacionais (RENAUD *et al.*, 1995). Assim, a dieta ocidental não é apropriada, principalmente no caso de indivíduos geneticamente predispostos a doenças crônicas como doenças coronarianas, hipertensão, diabetes, artrite e até mesmo câncer (SIMOPOULOS, 1999).

Os ácidos graxos n-3 estão voltando a fazer parte da dieta humana, mas desta vez sob a forma de produtos “enriquecidos” com n-3, como óleos vegetais, pães, fórmulas infantis, leite, maioneses, molhos de salada, margarinas, carnes, peixes e ovos.

O aumento dos PUFAs n-3 nos ovos agregou um valor a esse produto, encontrando um mercado de consumidores que procuram ingerir alimentos que tragam benefícios à saúde, o que tem propiciado aumento da aceitabilidade e comercialização dos ovos.

## **2.2 Composição lipídica e formação da gema do ovo**

A função precípua do ovo é produzir um novo organismo, devendo assegurar o crescimento e desenvolvimento do embrião. Neste

sentido, sua composição deve ser perfeitamente balanceada em nutrientes. A água constitui cerca de 75% do peso total do ovo e dentre os sólidos, 68,3% é constituído de matéria orgânica, com especial destaque aos lípides. Um ovo médio de 58 g contém aproximadamente 6 g de gordura, quase que totalmente restrita à gema. Para que esta elevada deposição ocorra, a galinha poedeira necessita de um sistema altamente organizado para a síntese e transporte de lípides, objetivando garantir a manutenção da postura e *turnover* de enormes quantidades de gordura, muito acima das absorvidas da dieta (NOBLE *et al.*, 1990).

Os principais precursores da gema são a VLDL e a vitelogenina, uma lipofosfoglicoproteína que é hidrolisada, mediante a ação de proteases, em lipovitelina e fosfovitina. A VLDL, a lipovitelina e a fosfovitina compõem mais de 90% da matéria seca da gema. Os componentes menores incluem as imunoglobulinas, albumina sérica e proteínas ligadas a vitaminas (GRIFFIN *et al.*, 1985). Estas macromoléculas são sintetizadas sob o controle estrogênico no fígado (NIMPF e SCHNEIDER, 1991).

O estrógeno estimula o fígado das aves a sintetizar a vitelogenina e a VLDL que são transportadas, pelo plasma, para o ovário onde devem atravessar as diversas camadas da parede do folículo ovariano em fase final de crescimento antes de serem incorporadas na gema (GRIFFIN, 1992). O estrógeno participa, ainda, aumentando a taxa de síntese de ácidos graxos, fosfolípides e triglicérides, alterando a composição da VLDL a ser depositada na gema (FUJII *et al.*, 1985).

As partículas de portomícrons secretadas pelo intestino da ave são incapazes de atravessar a lâmina basal do folículo ovariano, excluindo portanto da gema a gordura de origem dietética recém-absorvida. Após a passagem pela lâmina basal, os precursores da gema passam pelas células granulosas que envolvem o oócito e se ligam à membrana plasmática do mesmo, havendo a formação de vesículas endocíticas que se incorporam nesse oócito, permitindo que os precursores sejam depositados para a formação da gema (GRIFFIN, 1992).

A transferência para a gema requer mudanças químicas e físicas específicas na VLDL, incluindo-se a redução do diâmetro das partículas de VLDL de 60 para 30 nm (GRIFFIN *et al.*, 1982). A VLDL das aves, que tem como principal alvo a gema, é a única lipoproteína que resiste à hidrólise da lipoproteína-lipase, devido a propriedades específicas da apo II, apolipoproteína presente apenas nas aves em postura (WALZEN, 1996).

A VLDL e a vitelogenina entram no oócito via endocitose mediada por receptores presentes na sua membrana plasmática. A porção protéica (apo B) da VLDL e a vitelogenina se ligam ao mesmo tipo de receptor, denominado VLDL/VTG. *In vitro*, a VLDL desloca a vitelogenina, assim como esta mobiliza a VLDL ligada à membrana plasmática do oócito, sugerindo que a composição da gema deve ser influenciada pela proporção relativa entre vitelogenina e VLDL no sangue (NIMPF e SCHNEIDER, 1991).

A incorporação ao oócito da lipoproteína intacta significa que o teor de colesterol e o perfil de ácidos graxos da gema seriam determinados

pela composição das partículas individuais de VLDL captadas pela gema (GRIFFIN, 1992).

Os lípides representam cerca de 33% do peso total da gema e 65% de sua matéria seca (NOBLE *et al.*, 1990). Como é de se esperar, devido à sua origem plasmática, a principal fração lipídica da gema é composta pelos triglicérides (63,2%), que são acompanhados por quantidades substanciais de fosfolípidos; sendo o colesterol livre outro componente importante (Tab.1). O colesterol esterificado e os ácidos graxos livres, que podem constituir porção significativa do conteúdo lipídico de tecidos animais, constituem apenas pequenos componentes. Muitas outras substâncias semelhantes aos lípidos podem estar presentes na gema, como por exemplo, pigmentos e carotenóides, mas suas proporções gerais são desprezíveis (NOBLE *et al.*, 1990).

Tabela 1 - Proporções dos principais lípidos da gema (%)

LÍPIDES	%
Colesterol ésteres	1,3
Triglicérides	63,2
Ácidos graxos livres	0,9
Colesterol livre	4,9
Fosfolípidos	29,7

FONTE: NOBLE *et al.*, 1990

O conteúdo de lípidos da gema sofre influência de fatores como linhagem das aves, tamanho dos ovos, condições ambientais e composição da ração (STADELMAN e PRATT, 1989).

Segundo tabela de composição de alimentos provenientes do UNITED STATES DEPARTMENT OF FOOD (USDA, 2001), o teor de ácidos graxos poliinsaturados (PUFAs) de ovos normais é de 16,5%. Do restante dos ácidos graxos da gema, 46,0% são monoinsaturados e 37,5% são saturados (Tab.2). Assim, a composição da gordura dos ovos é bem balanceada, possuindo elevada proporção de PUFAs em comparação com outros alimentos de origem animal. Dentre estes últimos, a relação P/S (poliinsaturados / saturados) da gema é comparável à da carne de frango e menor apenas que a presente na gordura de peixes. Para alimentação mais saudável, recomenda-se relação P/S na dieta de no mínimo 0,35 (BRIZ, 1997).

Apesar da alta proporção de PUFAs nos lípides da gema, seu teor de ômega-3 (n-3) é baixo, resultando em relação n-6/n-3 elevada, de cerca de 18:1 (UDSA, 2001), bem acima das recomendações nutricionais vigentes, que variam de 10:1 até 2:1 (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 1995; KRIS-ETHERTON *et al.*, 2000)

Tabela 2 - Principais ácidos graxos dos lípides da gema (%)

ÁCIDO GRAXO	%
Ácido mirístico (C <sub>14:0</sub> )	0,41
Ácido palmítico (C <sub>16:0</sub> )	26,91
Ácido palmitoléico (C <sub>16:1 n-7</sub> )	3,60
Ácido esteárico (C <sub>18:0</sub> )	9,48
Ácido oléico (C <sub>18:1 n-9</sub> )	41,97
Ácido linoléico (C <sub>18:2 n-6</sub> )	13,88
Ácido linolênico (C <sub>18:3 n-3</sub> )	0,40
Ácido gadoléico (C <sub>20:1 n-9</sub> )	0,34
Ácido araquidônico (C <sub>20:4 n-6</sub> )	1,72
EPA (C <sub>22:5 n-3</sub> )	0,04
DHA (C <sub>22:6 n-3</sub> )	0,45
Total saturados	37,47
Total monoinsaturados	46,04
Total poliinsaturados	16,49
Relação P/S <sup>(1)</sup>	0,44
Total PUFA n-6	15,60
Total PUFA n-3	0,89
Relação n-6/n-3	17,53

FONTE: USDA, 2001

<sup>(1)</sup> relação entre ácidos graxos poliinsaturados e saturados

### 2.3 Colesterol

O colesterol é altamente solúvel em gordura, mas pouco solúvel em água, sendo capaz de formar ésteres com ácidos graxos. Assim, ele pode ser encontrado sob a forma livre ou combinada com ácidos graxos. Nas galinhas poedeiras, cerca de 36% do colesterol plasmático está na

forma esterificada (NOBLE, 1987), sendo um dos componentes centrais das lipoproteínas e mais facilmente passível de manipulação que o colesterol livre (GRIFFIN, 1992).

O colesterol é um importante componente estrutural e funcional de todas as células orgânicas, influenciando na sua permeabilidade e atividade enzimática, sendo distribuído por todo o organismo, em especial no sistema nervoso. É precursor da vitamina D, ácidos biliares, além de hormônios esteróides sexuais e adrenocorticóides. Assim, pelo fato de o colesterol ser tão necessário e vital para a manutenção e regulação da função corpórea, quase todos os organismos animais desenvolveram mecanismos químicos para produzir seu próprio suprimento dessa substância (NABER, 1990).

Sendo o colesterol fundamental para todas as células e tecidos do organismo, é de se esperar que seja encontrado nos alimentos de origem animal, como carnes e ovos. O colesterol do ovo é necessário para a sobrevivência e desenvolvimento do embrião, que não possui a habilidade de produzir esta substância durante as primeiras fases da vida embrionária (HARGIS, 1988; NABER, 1990).

A síntese do colesterol é um processo altamente dinâmico e controlado pelo estado nutricional, teores dietéticos de gordura e fatores hormonais (HARGIS, 1988). O próprio colesterol dietético exerce um controle de *feedback* na sua síntese, fazendo com que a redução da ingestão de colesterol em um organismo possuidor de controle enzimático normal de sua síntese pode resultar em estímulo da produção de colesterol endógeno (NABER, 1990).

### 2.3.1 Balanço do colesterol na galinha

A ingestão do colesterol pela galinha é mínima, pois as dietas convencionais são geralmente formuladas à base de produtos de origem vegetal contendo pequenas porcentagens de farinha de carne como fonte protéica animal. Assim, a ave sintetiza a maior parte do colesterol que compõe o ovo, bem como componentes estruturais das membranas das células, precursores de hormônios sexuais e da adrenal, vitamina D e ácidos biliares (HARGIS, 1988).

O balanço do colesterol na galinha poedeira é consideravelmente diferente do encontrado no homem. A taxa de síntese do colesterol na galinha é muito elevada quando comparada a de outros animais e a do homem. Uma galinha poedeira pesando cerca de 1,7 kg sintetiza aproximadamente 300 mg colesterol/ dia (NABER, 1983), enquanto que um homem de 70 kg sintetiza ao redor de 800 mg de colesterol/ dia (MCNAMARA *et al.*, 1987). Na ave, a principal rota de eliminação do colesterol é via ovo, sendo a excreção de ácidos biliares e esteróis neutros pelas fezes outra forma, porém reduzida, de sua eliminação (NABER, 1983).

Em dietas comerciais com baixos teores de gordura, a excreção de esteróides fecais é de apenas 10 mg/ave/dia, muito menor que a quantidade excretada pelo ovo, fato que confirma ser o ovo a principal via de eliminação do colesterol nas poedeiras. A excreção de esteróides neutros fecais é altamente variável e muito dependente da natureza e



quantidade de gordura da dieta, sendo que dietas suplementadas com ácidos graxos poliinsaturados podem resultar em aumento marcante dessa excreção a teores aproximados aos observados no ovo (SIM *et al.*, 1980).

### 2.3.2 Fatores que alteram os teores de colesterol no ovo

Os teores de colesterol do ovo são influenciados pela linhagem (SIMMONS e SOMES JR., 1985), nutrição (HARGIS, 1988), tamanho dos ovos (BARTOV *et al.*, 1971), índice de postura (NABER, 1990) e idade das aves (HALL e MCKAY, 1994).

Além disso, os dados sobre teores de colesterol disponíveis publicados nas tabelas de composição dos alimentos mostram grande variabilidade, principalmente devido aos diferentes métodos analíticos utilizados na sua determinação (NABER e BIGGERT, 1989; JIANG *et al.*, 1991b).

Estudos envolvendo manobras dietéticas com o objetivo de reduzir o colesterol nos ovos como: alteração dos teores de fibra da ração, utilização de esteróis vegetais, acréscimo de óleos com altos teores de insaturação e uso de extratos biológicos, têm revelado resultados muito divergentes (HARGIS, 1988; NABER, 1990; AUSTIC, 1992). Além disso, diversas drogas que produzem efeitos hipocolesterolêmicos como o probucol (NABER *et al.*, 1982; WALDROUP *et al.*, 1986), clofibrato, gemfibrozil, colestipol (LUHMAN *et al.*, 1990), colestiramina (MORI *et al.*,

1999) e lovastatina (LUHMAN *et al.* 1990; ELKIN e ROGLER, 1990; MORI *et al.*, 1999; MORI *et al.*, 2000) têm sido testadas em galinhas poedeiras com a finalidade de limitar a deposição do colesterol na gema do ovo sem, no entanto, apresentarem resultados desejados.

Apesar de uma série de tentativas para a redução do colesterol da gema, incluindo seleção genética, manobras nutricionais e utilização de agentes farmacológicos, os teores de colesterol do ovo são muito resistentes a alterações (GRIFFIN, 1992; MENDONÇA JR., 1996; MORI *et al.*, 1999).

#### **2.4 Ácidos graxos poliinsaturados (PUFAs)**

Os ácidos graxos poliinsaturados (PUFAs) são caracterizados por possuírem 18 ou mais átomos de carbono em sua estrutura química e duas ou mais duplas ligações. Os únicos PUFAs essenciais, na nutrição de aves, são o ácido linoléico ( $C_{18:2\ n-6}$ ) e o ácido linolênico ( $C_{18:3\ n-6}$ ), contendo duas e três duplas ligações, respectivamente, nas suas moléculas contendo 18 átomos de carbono ( $C_{18}$ ). Assim, as duas famílias ou séries mais importantes são ômega 6 (n-6) e ômega 3 (n-3), derivadas do ácido linoléico e linolênico, respectivamente. Os nomes das séries derivam da posição da primeira dupla ligação a partir do grupo metila, no sexto ou no terceiro átomo de carbono (BRIZ, 1997).

Diferentemente do colesterol, muitas pesquisas têm demonstrado que a composição de PUFA's da gema pode ser facilmente alterada pela quantidade e tipo de gordura dietética (HARGIS *et al.*, 1991; JIANG *et al.*, 1991a; SCHEIDELER e FRONING, 1996; GONZALEZ-ESQUERRA e LEESON, 2000a).

#### **2.4.1 Aumento do teor de ácidos graxos poliinsaturados na gema**

A modificação do perfil de ácidos graxos da gema por meio de mudanças na composição da dieta de poedeiras não é um conceito novo. CRUICKSHANK, já em 1934, observou esta possibilidade, sendo que os primeiros trabalhos conduzidos neste sentido, nas décadas de 60 e 70, objetivavam a produção de ovos altamente insaturados pelo aumento do teor de ácido linoléico ( $C_{18:2\ n-6}$ ) e redução de ácido oléico ( $C_{18:1\ n-9}$ ) (NABER, 1979). Mais recentemente, o interesse em alterar a composição de ácidos graxos da gema tem se concentrado no aumento do teor de PUFA's da série n-3 da gema pela inclusão de fontes ricas nestes ácidos graxos na dieta.

A composição em ácidos graxos dos lípides da gema é pouco influenciada pela idade (NIELSEN, 1998). O aumento da idade das aves tem mostrado efeito positivo na deposição de ácido linoléico, linolênico e DHA (SCHEIDELER *et al.*, 1998). A linhagem exerce pouca influência sobre o perfil de ácidos graxos da gema do ovo (AHN *et al.*, 1995), podendo alterar os teores de ácido palmítico, esteárico e oléico, mas não afetando

as concentrações de ácido linoléico, linolênico, araquidônico ou de PUFAs n-3 de cadeia longa (SCHEIDELER *et al.*, 1998).

As maiores modificações no perfil de ácidos graxos dos lípides da gema são observadas pelas mudanças na composição da gordura utilizada na dieta da galinha. Alterações no perfil lipídico da gema são análogas às observadas no plasma das aves, ocorrendo em uma ou duas semanas após o fornecimento das dietas, e estabilizando-se após três semanas (FARREL, 1994; CHERIAN e SIM, 1991).

A suplementação da dieta das aves com fontes ricas em PUFAs n-3 eleva seu teor na gema, sem alterar os teores de ácidos graxos monoinsaturados (HARGIS e VAN ELSWYK, 1993), diminuindo as concentrações de PUFAs n-6 (YU e SIM, 1987; HARGIS *et al.*, 1991). A concentração dos ácidos graxos saturados da gema, principalmente o palmítico (C<sub>16:0</sub>) e o esteárico (C<sub>18:0</sub>), que correspondem a aproximadamente 35% dos ácidos graxos dos lípides da gema, é muito resistente a mudanças, sendo pouco influenciada pela gordura da dieta (LI-CHAN *et al.*, 1995; SIMOPOULOS, 2000).

Acredita-se que os PUFAs n-3 são preferencialmente incorporados nas membranas biológicas, às expensas dos n-6. A competição pela enzima  $\Delta 6$  desaturase provavelmente contribui para a redução do teor de n-6 na gema, ao inibir a produção de ácido araquidônico (C<sub>20:4 n-6</sub>), já que a  $\Delta 6$  desaturase possui maior afinidade pelos PUFAs n-3 (GRONN *et al.*, 1992).

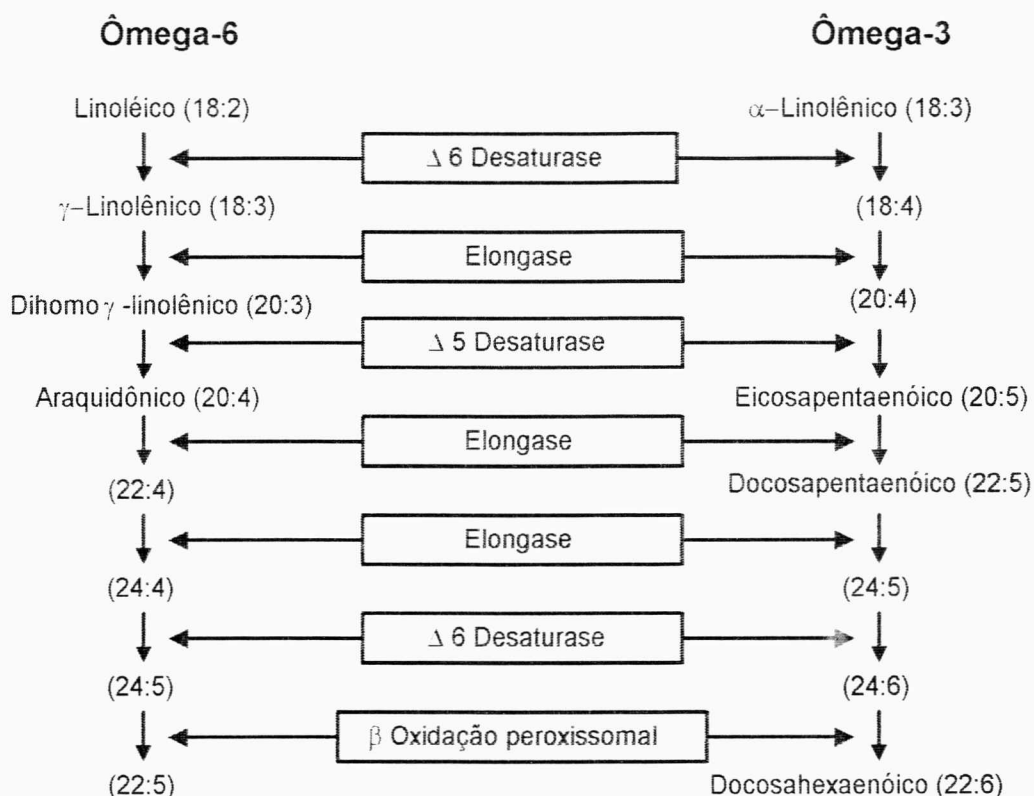
## 2.4.2 Metabolismo dos ácidos graxos poliinsaturados

Mediante sucessivos alongamentos e insaturações de suas cadeias, os ácidos linoléico ( $C_{18:2\ n-6}$ ) e linolênico ( $C_{18:3\ n-3}$ ) originam uma série de ácidos graxos poliinsaturados cada vez mais insaturados (Fig.1). As enzimas que intervêm neste processo são as mesmas, havendo desta forma uma competição no metabolismo dessas duas séries. Portanto, um excesso de PUFAs n-6 na dieta limitaria a formação de PUFAs n-3 (BRIZ, 1997).

O ácido linolênico pode dar lugar aos ácidos eicosapentaenóico (EPA) e docosahexaenóico (DHA), entre os quais possivelmente exista interconversão. A galinha provavelmente converte parte do ácido linolênico e do EPA dietético em DHA, sendo esta conversão muito menor na espécie humana (FARREL, 1994).

O papel fisiológico dos ácidos graxos poliinsaturados é muito importante e variado. A série n-6 é mais encontrada nos triglicérides de reserva, sendo que o ácido linoléico ( $C_{18:2\ n-6}$ ) e o araquidônico ( $C_{20:4\ n-6}$ ) têm um papel importante na integridade da hipófise e no transporte das vitaminas lipossolúveis. Por outro lado, os PUFAs da série n-3 predominam nos fosfolípides das membranas celulares, e são responsáveis pela sua permeabilidade e flexibilidade, enquanto que o DHA encontra-se de forma concentrada no cérebro, retina, testículos e esperma. Ambas as séries modulam o metabolismo e o transporte do colesterol, formando parte das lipoproteínas a elas associadas (BRIZ, 1997).

Figura 1 – Metabolismo dos ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 e ômega-6



FONTE: BRIZ, 1997

O tipo e a quantidade de ácidos graxos presentes na dieta possuem efeito marcante sobre o metabolismo dos esteróis nas aves, sendo a absorção do colesterol da dieta altamente dependente da natureza do óleo dietético (NAVARRO *et al.*, 1972; SIM e BRAGG, 1977).

Os PUFAs da gema dos ovos depositam-se preferencialmente nos fosfolípidos, lecitina e cefalina, carreadores de elevadas quantidades de ácidos graxos de cadeia longa e saturados de cadeia curta (NAVARRO *et al.*, 1972).

Em galos, verificou-se que a taxa de secreção de VLDL-colesterol e de triglicérides é reduzida pela ingestão de óleos de peixes (DAGGY *et al.*, 1987). HARRIS (1989) observou que os ácidos graxos n-3 dietéticos causavam redução da síntese de triglicérides e de colesterol esterificado em seres humanos. VAN ELSWYK *et al.* (1991) consignaram acúmulo de lípides no fígado e redução dos teores de triglicérides e de colesterol séricos de galinhas alimentadas com ração contendo óleo de savelha. HARGIS e VAN ELSWYK (1993) ressaltaram que estes baixos valores seriam responsáveis pela diminuição do peso do ovo.

Na escolha da utilização de fontes provindas de sementes oleaginosas ou de peixes para o enriquecimento de ovos é importante considerar, além da qualidade sensorial, o metabolismo dos PUFAs n-3. O enriquecimento em EPA e DHA proporcionado em resposta a teores relativamente baixos de óleo de peixe na dieta é maior que o verificado com o emprego de teores mais elevados de óleos de linhaça e canola, o que enfatiza a pequena eficiência da conversão de ácido linolênico em EPA e DHA nas aves (HARGIS *et al.*, 1991). Os ácidos graxos n-3 não são biologicamente equivalentes, sendo importante que se considere não apenas o total de n-3 presente, mas também as proporções dos ácidos graxos específicos que são providos por esses ovos desenvolvidos com o objetivo de se obter produtos mais saudáveis (HARGIS e VAN ELSWYK, 1993).

O metabolismo dos ácidos graxos poliinsaturados dá formação, a partir do ácido araquidônico e do EPA, a diferentes

eicosanóides com mecanismos de ação complexos que teriam efeitos antagônicos sobre o epitélio vascular, adesão plaquetária, resposta inflamatória e lípidos plasmáticos. Assim, uma dieta com elevada proporção de PUFAs n-6 configuraria um desequilíbrio do balanço destes diferentes tipos de eicosanóides. O aproveitamento eficiente de ácidos graxos n-3 com conseqüente aumento de sua deposição tecidual necessitaria de redução simultânea do teor de n-6 nos alimentos (BRIZ, 1997).

### **2.4.3 Fontes de ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 (PUFAs n-3)**

Com a introdução das técnicas de cromatografia gasosa na década de 50, os dados de composição em ácidos graxos das diversas fontes disponíveis estão mais precisos e confiáveis. Outro procedimento moderno, como a técnica da CLAE (cromatografia líquida de alta eficiência), também fornece excelentes resultados (WHITE, 1992). Entretanto alguns dados ainda são variáveis devido às diferentes metodologias utilizadas.

#### **2.4.3.1 Algas marinhas**

As algas são as maiores produtoras de PUFAs n-3 e as únicas que realizam a síntese *de novo* de EPA e DHA. As maiores concentrações de n-3 (5 a 10% da matéria seca) são encontradas em microalgas de águas



marinhas frias. Existem grandes diferenças nos teores de lípidos, EPA e DHA entre as diferentes espécies (BRIZ, 1997). Além da presença de n-3, as algas marinhas são ricas em carotenóides, principalmente cantaxantina e  $\beta$ -carotenos, e vitamina E, responsáveis por aumentar a pigmentação gema e atuarem como antioxidantes naturais, protegendo os PUFAs n-3 das algas e dos ovos (NITSAN *et al.*, 1999).

HERBER e VAN ELSWYK (1996), utilizando de 1,5 a 3,0% de algas marinhas ricas em DHA nas dietas de poedeiras obtiveram teores deste ácido graxo entre 6,9 a 8,2 mg/g de gema, quantidades similares às atingidas com 1,5% de óleo de savelha. Os autores forneceram rações contendo 1,4% e 2,8% de algas, proporcionando às aves consumo de 200 e 400 mg de DHA por dia, respectivamente. Com 2,8% de alga, a deposição de PUFAs n-3 total na gema foi similar à encontrada com ração contendo 1,5% de óleo de savelha, apesar desta dieta ter fornecido 189 mg a mais de PUFAs n-3 total por dia às aves. Um valor que possibilite maior aproveitamento do DHA proveniente de algas ricas neste ácido graxo ("golden marine") parece estar situado abaixo do proporcionado por 4,8% de alga na ração (VAN ELSWYK, 1997b).

NITSAN *et al.* (1999) reportaram que a utilização de 1% de *Nannochloropsis sp*, alga provedora de EPA, como única fonte de n-3 na ração de poedeiras, produziu aumento de 25% do teor total de PUFAs n-3 da gema, constituído em sua totalidade por DHA.

Nos últimos anos foram selecionadas espécies com alta velocidade reprodutiva e com elevados conteúdos de EPA ou DHA,

potencializadas ainda mais por cultivo em tanques de fermentação contendo substratos e condições físico-química específicas (BRIZ, 1997). Isto deu origem a vários produtos comerciais, porém de preço muito elevado, o que restringe a sua utilização.

### 2.4.3.2 Óleos e Farinhas de Peixe

Existem variações consideráveis no teor PUFAs n-3 nos óleos de peixe, de acordo com a espécie de origem, estado fisiológico e época de pesca (FARREL, 1994). Os peixes marinhos geralmente contêm proporções maiores de ácidos graxos n-3 em relação aos peixes de água doce, sendo que, quanto menor a temperatura da água, maior é a quantidade destes ácidos graxos nos peixes, que se alimentam de fito e zooplâncton ricos em n-3 (FRIAS, 1995). As espécies de maior interesse, predominantes em águas frias e que vêm sendo mais estudadas são: atum, bonito, savelha, cavala, anchova, arenque e sardinha. O ácido erúcido, prejudicial à produção de ovos, está presente de 0,7 a 0,8% nos óleos de cavala e de arenque (BRIZ, 1997).

As farinhas de peixes azuis possuem entre 8 e 16% de gordura, sendo que nos peixes brancos essa porcentagem é reduzida para 1%, havendo em ambos os casos teores baixos de ácido linoléico e linolênico. A proporção de n-3 está entre 20 e 35%, com teores elevados de EPA (15 a 18%) e DHA (13 a 15%) nas farinhas de savelha e sardinha. Apesar de a

farinha de peixe ser um material bastante disponível, é necessário que sejam incorporadas à ração quantidades muito elevadas para que possam ser atingidas concentrações de n-3 similares às dos óleos de peixes (BRIZ, 1997).

Os vários métodos de refinação dos óleos de peixe influem no seu conteúdo de n-3, que pode variar entre 20 e 50% do total de ácidos graxos (FARREL, 1994). A adição de óleos de peixe à ração de poedeiras pode aumentar as concentrações de PUFAs n-3, permitindo, de forma significativa, o enriquecimento do ovo em EPA, ainda que o DHA seja incorporado em maior quantidade (BRIZ, 1997).

Com 1,5% de óleo de savelha na ração foram proporcionados 155 mg de DHA diariamente às aves, sendo que 89% dessa quantidade foi depositada na gema. Já a deposição de EPA não foi maior do que 5% do teor oferecido na ração (HERBER e VAN ELSWYK, 1996). Esse enriquecimento atingiria um platô que, na dependência da concentração de PUFAs n-3 na ração, pode variar de 3 semanas, mediante a adição de 2,5 a 3,0% de óleo de peixe, a 4 semanas, com a inclusão de 2% deste ingrediente (VAN ELSWYK, 1997b).

GONZALEZ-ESQUERRA e LEESON (2000a) verificaram que 2% de óleo de savelha na ração de poedeiras não alterou o teor de ácido linolênico dos ovos. Entretanto, em aves alimentadas com 4 ou 6% deste óleo, houve aumento significativo do teor deste ácido graxo. Os teores de EPA, DPA e DHA também foram proporcionalmente aumentados com a elevação do óleo de peixe na dieta.

HARGIS *et al.* (1991), ao fornecerem a poedeiras 3% de óleo de savelha, obtiveram ovos enriquecidos com 235 mg de n-3, sendo que 89% eram constituídos por EPA e DHA. Com 4% de óleo de savelha ou de cavala os valores destes ácidos graxos ultrapassaram 300 mg por ovo (FARREL, 1994; BRIZ, 1997).

A adição de óleo de peixe à dieta parece produzir redução do peso dos ovos (WHITEHEAD *et al.*, 1993; VAN ELSWYK *et al.*, 1995; NASH *et al.*, 1996; SANTOS, 1998; GONZALEZ-ESQUERRA e LEESON, 2000a), embora algumas pesquisas não tenham confirmado este fato (YU e SIM, 1987; HARGIS *et al.*, 1991; NASH *et al.* 1996).

Não têm sido assinaladas alterações nos teores plasmáticos de colesterol total e triglicérides de poedeiras mediante utilização de dietas contendo óleo marinho rico em PUFA n-3 (SANTOS, 1998), sendo que as concentrações de colesterol na gema podem sofrer redução mediante decréscimos do peso da gema (ADAMS *et al.*, 1989), fato não verificado por outros autores (HARGIS *et al.*, 1991; SCHEIDELER e FRONING, 1996).

A utilização de óleo de peixe na dieta de galinhas pode resultar em oxidação tanto na ração quanto nos ovos produzidos, reduzindo o seu valor nutritivo e proporcionando a presença de odor e sabor desagradáveis (AYMOND e VAN ELSWYK, 1995), sendo portanto necessário o emprego de antioxidantes naturais ou artificiais (CHERIAN *et al.*, 1996a). A qualidade sensorial dos ovos parece ser prejudicada com a adição de 1,5% (VAN ELSWYK, 1997b), ou 2% de óleo de savelha na ração das aves (GONZALEZ-ESQUERRA e LEESON, 2000a), havendo descrição de odor e

sabor a peixe nestes ovos. A presença de PUFA's de cadeias longas na gordura da gema produzem odor e sabor indesejáveis por serem mais facilmente passíveis de rancidez oxidativa (JIANG *et al.*, 1992), proporcionando aumento de compostos voláteis de baixo peso molecular.

#### 2.4.3.3 Sementes oleaginosas e óleos vegetais

A composição em ácidos graxos das sementes oleaginosas sofre significativas variações que podem ser atribuídas às diferentes técnicas analíticas empregadas, à localização geográfica, solo, clima, umidade, temperatura e maturidade da semente oleaginosa (WHITE, 1992).

A semente mais estudada atualmente é a de linhaça, sendo que a espécie mais rica em n-3, praticamente constituída em sua totalidade por ácido linolênico ( $C_{18:3 \text{ n-3}}$ ), é a *Linum usitatissimum*. A semente de linhaça contém cerca de 35% de lípides totais, dos quais 50% são representados pelo ácido linolênico (BOTSOGLOU *et al.*, 1998). A linhaça pode ser utilizada inteira ou moída, geralmente em proporções variando entre 5 e 30% na dieta de poedeiras (JIANG *et al.*, 1991a). A vantagem do uso da semente inteira seria a redução do potencial para oxidação lipídica durante o armazenamento. Entretanto, AYMOND e VAN ELSWYK (1995), utilizando 10% de linhaça na ração de poedeiras, observaram que o emprego de semente moída resultou em maior enriquecimento de ácido linolênico (16,2

mg/g de gema) no ovo produzido, em relação à semente inteira (13,5 mg/g de gema).

O emprego de 5% de semente de linhaça dietética determinou concentrações de 6,5 a 8 mg de ácido linolênico (aumento de cerca de 7 vezes em relação ao ovo normal), 5 mg de DHA e 0,3 mg de EPA (AYMOND e VAN ELSWYK, 1995). VAN ELSWYK (1997a) reportou valores aproximados de 8,5 a 30 mg de ácido linolênico por g de gema com o fornecimento de 5 a 20% de linhaça na dieta de poedeiras. Com a utilização de 10 a 30% de linhaça, os valores de n-3 na gema se elevaram linearmente com o aumento desse ingrediente na dieta, tendo sido alcançadas concentrações de até 30 vezes maiores do que as normais. A proporção entre n-6 e n-3 nesses casos situou-se entre 0,8 e 1,5 (CASTON e LEESON, 1990).

Além da semente, pode-se ainda utilizar o óleo de linhaça, testado em teores de 2 a 7% em rações poedeiras (FARREL, 1994; LI *et al.*, 1995; CHERIAN *et al.*, 1996b). Com a adição de 3,5% de óleo de linhaça na ração de poedeiras foram atingidos valores de 450 mg de ácido linolênico, 18 mg de EPA e 100 mg de DHA por ovo (CHERIAN *et al.*, 1996b).

Outra semente muito utilizada nas rações de aves é a de canola. O termo canola tem sido empregado para designar a semente de colza geneticamente selecionada para produzir óleos que contenham menos que 2% de ácido erúico e farelos com baixos teores de glucosinolatos (WHITE, 1992). Fazem parte deste grupo as espécies de canola *Brassica napus* e *Brassica campestris* (OHLSON, 1990). O óleo de colza original contém 25 a

50% de ácido erúxico (ABRAHAM e DE MAN, 1988), substância responsável por depressão do desempenho produtivo de frangos (SIM *et al.*, 1985) e poedeiras (LECLERCQ *et al.*, 1972). A semente de colza original possui também quantidades razoavelmente elevadas (80  $\mu\text{mol/g}$ ) de glucosinolatos, que podem proporcionar sabor desagradável aos produtos oriundos da colza (ABRAHAM e DE MAN, 1988).

Em relação à composição em ácidos graxos do óleo de canola, de particular interesse temos o elevado teor de ácido oléico ( $\text{C}_{18:1 \text{ n-9}}$ ), semelhante ao que ocorre com o óleo de oliva, e a alta concentração de ácido linolênico. Além disso, o óleo de canola apresenta o teor mais baixo de ácidos graxos saturados dentre os principais óleos vegetais, sendo sua concentração total de PUFA's (30 a 35% do total de ácidos graxos) menor que a encontrada na linhaça, soja, girassol, milho e algodão (WHITE, 1992).

Tanto o óleo de linhaça quanto o de canola não apresentam o EPA e o DHA em sua composição; no entanto, contêm quantidades substanciais de ácido linoléico (19% do total de ácidos graxos), sendo que o óleo de linhaça apresenta quantidades de linolênico (53%) mais elevadas (FARREL, 1994).

A relação n-6/n-3 encontrada nos ovos produzidos por aves suplementadas com semente de canola situa-se em torno de 3, valor que, apesar de reduzido, é maior que os encontrados com o uso da linhaça, devido à elevada concentração de ácido linoléico existente na canola. Apesar de produzir enriquecimento em DHA nos ovos, semelhante ao obtido

com o uso do óleo de linhaça, o fornecimento de óleo de canola à dieta de poedeiras resulta em quantidades menores de ácido linolênico (FARREL, 1998). Para se obter resultados próximos aos da linhaça, em termos de enriquecimento em PUFAs n-3 nos ovos, são necessários teores duas vezes maiores de canola em relação à linhaça (CHERIAN e SIM, 1991).

DANICKE *et al.* (1995), ao fornecerem teores de 7,5%, 15% e 22,5% de semente de canola na ração de poedeiras, observaram aumentos crescentes de PUFAs n-3, sendo que a concentração mais elevada reduziu os teores de ácidos graxos saturados na gema, diminuindo também os monoinsaturados e os PUFAs n-6.

O óleo de canola, quando adicionado à 5% na ração de poedeiras, determinou redução nos teores plasmáticos de triglicérides e de colesterol total, sem que houvesse efeito sobre a concentração de colesterol da gema (SANTOS, 1998). BOTSOGLOU *et al.* (1998) também não reportaram alteração dos valores colesterol nos ovos mediante utilização de linhaça à 5 ou 10% na dieta de poedeiras.

Pesquisas têm assinalado redução do desempenho produtivo das aves mediante suplementação de semente de linhaça (AYMOND e VAN ELSWYK, 1995; SCHEIDELER e FRONING, 1996), ou óleo de canola na ração (SANTOS, 1998), o que não foi consignado por COLLINS *et al.* (1996) mediante uso deste último ingrediente.

A presença de sabor desagradável nos ovos tem sido reportada com a utilização de diferentes teores de linhaça na ração de poedeiras (SCHEIDELER *et al.*, 1997; VAN ELSWYK, 1997a; LEESON *et al.* (1998).



Avaliações sensoriais em ovos mostram que mediante utilização de ingredientes ricos em PUFAs n-3, o principal odor e sabor descrito pelos painelistas é o de peixe, mesmo que as rações não contenham óleo ou farinha de peixe dentre seus ingredientes (JIANG *et al.*, 1992). Segundo JIANG *et al.* (1991), odor e sabor intensos e desagradáveis presentes em ovos produzidos por aves alimentadas com teores elevados de linhaça poderiam ser devidos à presença da trimetilamina formada a partir de precursores presentes na semente de linhaça, de produtos da oxidação lipídica, ou do próprio odor e sabor característicos da linhaça.

#### **2.4.4 Associação de fontes**

A combinação de fontes tem propiciado aumento do teor de PUFAs n-3 de forma mais econômica na gema do ovo, incrementando a concentração de linolênico, proveniente de fontes vegetais, e a de DHA e EPA, oriundos de produtos marinhos. Quantidades significativas de PUFAs n-3 depositadas nos ovos podem resultar da utilização de fontes ricas em ácido linolênico, como linhaça e canola, na dieta; entretanto, aumentos substanciais nos teores de DHA e deposição de quantidades significativas de EPA na gema só podem ser alcançados quando se adiciona óleo de peixe à dieta das aves (FARREL, 1994).

KENNEDY *et al.* (1995) combinaram 2,5% de linhaça a 0,5% de óleo de peixe e 0,5% de alga marinha rica em DHA na ração de aves,

obtendo enriquecimento de ovos na ordem de 78 mg de ácido linolênico e 135 mg de DHA por gema.

FARREL (1994) associou 2% de óleo de cavala e 2% de óleo de canola ou linhaça à ração de poedeiras, obtendo ovos com 7,5% de PUFAs n-3 do total de ácidos graxos (cerca de 400 mg), dos quais cerca de 50% eram constituídos por EPA e DHA.

BAUCELLS *et al.* (2000) compararam os perfis de ácidos graxos de ovos produzidos por aves alimentadas com 4% de óleo de peixe e de ovos provenientes de alimentação combinada de óleo de peixe com óleo de linhaça, óleo de canola ou óleo de girassol, totalizando 4% de óleo na dieta. A substituição gradual do óleo de peixe pelos óleos vegetais determinou aumentos progressivos nos teores de ácidos graxos saturados e PUFAs n-6 e redução das concentrações de PUFAs n-3 de cadeia longa.

### **3 MATERIAL E MÉTODO**

#### **3.1 Aves, instalações e equipamentos**

O experimento em tela foi conduzido no galpão de aves do setor de Doenças Nutricionais e Metabólicas de Aves do Departamento de Clínica Médica da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo, *Campus* da Cidade Universitária.

Foram utilizadas 288 galinhas poedeiras da linhagem comercial *Babcock*, com idade de 37 semanas no início do experimento. As

aves foram distribuídas em 144 gaiolas (0,45m x 0,25m x 0,45m), sendo alojadas duas por gaiola, constituindo 12 tratamentos com três repetições de oito aves.

Cada repetição foi constituída por um conjunto de quatro gaiolas e de um comedouro, sendo a água fornecida em bebedouro tipo *nipple*. Antes do início do experimento, as aves foram divididas de modo a apresentarem peso corporal, produção e peso dos ovos próximos entre si. O alimento e a água foram fornecidos *ad libitum* e as aves receberam um total de 16 horas diárias de luz.

O experimento teve a duração de 9 semanas, abrangendo os meses de maio, junho e julho de 2000 (outono/inverno).

As rações foram preparadas utilizando-se misturador horizontal de capacidade de 200 kg da marca Denan<sup>®</sup> modelo MIST-200.

Para a avaliação da qualidade dos ovos produzidos empregou-se micrômetro Ames<sup>®</sup> S-8400, na determinação da qualidade do albúmen e, micrômetro Ames<sup>®</sup> 25M-5, para a obtenção da medida da espessura da casca.

Durante a realização das fases experimental e analítica, foram empregadas as seguintes balanças: Mettler<sup>®</sup> H 315, carga máxima 1 kg e sensibilidade de 0,1 mg; Micronal<sup>®</sup> modelo B 1600, carga máxima 1,6 kg e sensibilidade de 0,01 g; Toledo<sup>®</sup> modelo Exata 2, carga máxima 5 kg e sensibilidade de 1 g; Toledo<sup>®</sup> modelo 2027-P2, carga máxima 50 kg e sensibilidade de 10 g.

A secagem das cascas dos ovos e determinação da matéria seca da gema foram realizadas mediante uso de estufa Fanem<sup>®</sup> modelo 315 SE.

O extrato etéreo das rações experimentais foi determinado com a utilização de aparelho de Soxhlet e estufa Fanem<sup>®</sup> modelo 315 SE.

A determinação dos teores de colesterol na gema foi realizada empregando-se técnica de Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE), com o uso de cromatógrafo da marca Shimadzu<sup>®</sup>, modelo LC-10AD, acoplado a um detector de ultravioleta Shimadzu<sup>®</sup> modelo SPD-10A. Utilizou-se coluna Shim-Pack<sup>®</sup> 5 $\mu$ m CLC-ODS (250 X 4,6 mm) precedida por coluna de guarda Shim-pack<sup>®</sup> 5 $\mu$ m LC G-ODS (10 X 4 mm). Todos os solventes usados foram grau cromatográfico e degaseificados antes do uso.

Para a determinação do perfil de ácidos graxos dos ingredientes lipídicos, das rações e da gema empregou-se técnica de Cromatografia Gasosa, com o uso de cromatógrafo da marca Varian<sup>®</sup>, modelo Star 3400 CX, equipado com detector de ionização de chama e acoplado ao sistema "Workstation Star Chromatography". Utilizou-se coluna capilar de sílica fundida CP-WAX 52CB (Chrompack), com 30 m de comprimento X 0,25 mm de diâmetro interno e contendo 0,25  $\mu$ m de polietilenoglicol.

### 3.2 Rações

As poedeiras foram alimentadas com rações, isoprotéicas e isocalóricas, contendo quantidades crescentes de linhaça moída, adicionadas ou não de 2% de óleo de peixe, totalizando 12 tratamentos, conforme mostra a Tab.3.

Tabela 3 - Esquema dos tratamentos adotados - São Paulo - 2000

TRATAMENTOS	P (%)	L (%)	INGREDIENTES
CON	0	0	Controle
LIN7	0	7	Linhaça moída 7%
LIN14	0	14	Linhaça moída 14%
LIN21	0	21	Linhaça moída 21%
LIN28	0	28	Linhaça moída 28%
LIN35	0	35	Linhaça moída 35%
P	2	0	Óleo de peixe 2%
LIN7+P	2	7	Linhaça moída 7% + óleo de peixe 2%
LIN14+P	2	14	Linhaça moída 14% + óleo de peixe 2%
LIN21+P	2	21	Linhaça moída 21% + óleo de peixe 2%
LIN28+P	2	28	Linhaça moída 28% + óleo de peixe 2%
LIN3+P	2	35	Linhaça moída 35% + óleo de peixe 2%

Os principais ingredientes lipídicos das rações, isto é, óleo de milho, linhaça moída e óleo de peixe foram analisados quanto a composição em ácidos graxos (Tab.4).

As rações utilizadas foram à base de milho e soja, isentas de ingredientes de origem animal (Tab.5), formuladas de acordo com os

padrões de exigências nutricionais do NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1994). Foi utilizado como grupo controle (CON), poedeiras alimentadas com a dieta basal sem a adição de linhaça ou de óleo de peixe. As Tabs.6 e 7 mostram a composição em ácidos graxos das rações experimentais. Na Tabela 8 estão apresentados os teores de ácidos graxos conforme os níveis dietéticos de óleo de peixe e linhaça.

Previamente à determinação do perfil em ácidos graxos da linhaça moída e das rações experimentais, foi realizada a determinação do extrato etéreo (AOAC, 1970), procedendo-se a saponificação do extrato lipídico e obtenção dos ésteres metílicos de ácidos graxos segundo HARTMAN e LAGO (1973), seguida da injeção em Cromatógrafo a Gás, conforme descrito a seguir para a determinação dos ácidos graxos da gema.

Tabela 4 - Composição em ácidos graxos dos principais ingredientes lipídicos utilizados (% do total de ácidos graxos) - São Paulo - 2000

ÁCIDO GRAXO	ÓLEO DE MILHO	LINHAÇA MOÍDA	ÓLEO DE PEIXE
	Teores de Ácidos Graxos		
Mirístico, C <sub>14:0</sub> (%)	-	-	9,68
Palmítico, C <sub>16:0</sub> (%)	14,12	2,77	22,03
Palmitoléico, C <sub>16:1 n-7</sub> (%)	-	-	10,47
Esteárico, C <sub>18:0</sub> (%)	2,41	2,05	3,85
Oléico, C <sub>18:1 n-9</sub> (%)	32,94	7,01	21,71
Linoléico, C <sub>18:2 n-6</sub> (%)	48,74	4,06	3,57
Linolênico, C <sub>18:3 n-3</sub> (%)	1,22	13,72	0,96
Gadoléico C <sub>20:1 n-9</sub> (%)	-	-	2,04
Araquidônico, C <sub>20:4 n-6</sub> (%)	-	-	1,14
EPA, C <sub>20:5 n-3</sub> (%)	-	-	8,39
DPA, C <sub>22:5 n-3</sub> (%)	-	-	2,77
DHA C <sub>22:6 n-3</sub> (%)	-	-	6,76
Outros	0,57	-	6,84
Total saturados (%)	17,10	4,81	35,93
Total monoinsaturados (%)	32,94	7,01	36,04
Total poliinsaturados (%)	49,96	17,78	28,03
Relação P/S	2,92	3,69	0,78
Total de n-6 (%)	48,74	4,06	4,71
Total de n-3 (%)	1,22	13,72	22,15
Relação n-6/n-3	39,95	0,30	0,21

\* O extrato etéreo da linhaça moída foi 29,6%. Adicionou-se Santoquin, Roche (500 mg/kg) à linhaça moída.

\*\* O óleo de peixe continha antioxidante pré-adicionado pelo fornecedor



Tabela 5 - Composição das rações dos tratamentos utilizados no experimento - São Paulo - 2000

Ingredientes	CON	LIN7	LIN14	LIN21	LIN28	LIN35	P	LIN7+P	LIN14+P	LIN21+P	LIN28+P	LIN35+P
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Milho	48,75	44,74	41,91	39,11	34,64	27,65	48,75	44,74	41,91	39,11	34,64	27,65
Farelo de soja (45%)	25,01	21,94	18,99	16,03	13,38	10,35	25,01	21,94	18,99	16,03	13,38	10,35
Farelinho de trigo	9,00	10,00	10,00	10,00	10,00	13,00	9,00	10,00	10,00	10,00	10,00	13,00
Linhaça	-	7,00	14,00	21,00	28,00	35,00	-	7,00	14,00	21,00	28,00	35,00
Óleo de milho	5,78	4,90	3,68	2,46	2,00	2,00	3,78	2,90	1,68	0,46	-	-
Óleo de peixe	-	-	-	-	-	-	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
DL-Metionina	0,20	0,18	0,16	0,16	0,15	0,15	0,20	0,18	0,16	0,16	0,15	0,15
Sal	0,25	0,25	0,25	0,25	0,30	0,30	0,25	0,25	0,25	0,25	0,30	0,30
Calcário	9,49	9,45	9,41	9,37	9,84	9,75	9,49	9,45	9,41	9,37	9,84	9,75
Fosfato bicálcico	1,21	1,25	1,29	1,34	1,38	1,51	1,21	1,25	1,29	1,34	1,38	1,51
Premix vitamínico e mineral e aminoácidos (*)	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Análise determinada												
Extrato etéreo (%)	8,95	9,74	10,87	11,82	12,92	14,99	8,46	9,72	9,75	10,72	11,30	13,88
Análise calculada												
Energia metabolizável (kcal/kg)	2860	2860	2860	2860	2872	2878	2860	2860	2860	2860	2872	2878
Proteína bruta (%)	17,0	17,0	17,0	17,0	17,0	17,1	17,0	17,0	17,0	17,0	17,0	17,1
Metionina (%)	0,56	0,54	0,52	0,52	0,51	0,50	0,56	0,54	0,52	0,52	0,51	0,50
Metionina + Cistina (%)	0,75	0,73	0,72	0,72	0,72	0,72	0,75	0,73	0,72	0,72	0,72	0,72
Cálcio (%)	4,00	4,00	4,00	4,00	4,20	4,20	4,00	4,00	4,00	4,00	4,20	4,20
Fósforo total (%)	0,58	0,61	0,62	0,65	0,66	0,71	0,58	0,61	0,62	0,65	0,66	0,71
Fósforo disponível (%)	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,36	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,36
Fibra	3,30	3,55	3,74	3,93	4,11	4,49	3,30	3,55	3,74	3,93	4,11	4,49

(\*) Premix vitamínico, mineral e de aminoácidos fornece (por kg de dieta): vitamina A, 7950 UI; vitamina D3, 2559 UI; vitamina E, 10,5 mg; vitamina K3, 2,6 mg; riboflavina, 5 mg; vitamina B12, 12 mcg; ácido nicotínico, 25 mg; ácido pantotênico, 8 mg; ferro, 50 mg; cobre 10 mg; zinco 50 mg; manganês, 80 mg; iodo, 1 mg; cobalto 1 mg; selênio, 0,15 mg; metionina 0,9 g; colina 0,1 g; antioxidante, 30 mg.

Tabela 6 - Composição em ácidos graxos das rações (% do total de ácidos graxos), conforme os tratamentos estudados - São Paulo - 2000

	CON	LIN7	LIN14	LIN21	LIN28	LIN35	P	LIN7+P	LIN14+P	LIN21+P	LIN28+P	LIN35+P
P (%)	0	0	0	0	0	0	2	2	2	2	2	2
L (%)	0	7	14	21	28	35	0	7	14	21	28	35
ÁCIDOS GRAXOS	Teor de Ácidos Graxos (%)											
Mirístico (C <sub>14:0</sub> )	-	-	-	-	-	-	1,49	1,43	1,90	1,56	1,31	1,46
não identificado	2,96	0,16	2,47	1,96	0,94	0,57	-	-	0,55	0,42	-	0,58
Palmitico (C <sub>16:0</sub> )	22,75	14,07	19,45	15,63	13,62	11,28	15,92	15,87	17,00	15,61	12,94	13,83
Palmitoléico (C <sub>16:1 n-7</sub> )	0,05	0,05	0,09	0,25	traços	0,12	2,04	1,93	2,17	1,94	1,59	1,74
Estearico (C <sub>18:0</sub> )	3,83	3,52	6,09	6,61	5,78	6,29	2,98	4,18	5,24	6,60	7,59	7,18
Oléico (C <sub>18:1 n-9</sub> )	40,75	31,09	37,40	35,68	28,98	29,04	31,54	30,94	28,71	28,22	25,07	28,25
Linoléico (C <sub>18:2 n-6</sub> )	26,98	38,40	24,02	22,47	22,78	21,66	37,80	31,11	22,66	18,87	16,54	15,29
Linolênico (C <sub>18:3 n-3</sub> )	0,48	11,57	9,16	15,84	26,47	29,62	1,91	9,01	17,18	22,65	30,79	27,48
Araquídico (C <sub>20:0</sub> )	0,75	0,53	0,53	0,65	0,41	0,43	0,36	0,51	0,42	0,40	0,32	0,54
Gadoléico (C <sub>20:1 n-9</sub> )	0,98	0,36	0,49	0,58	0,36	0,37	0,90	1,30	0,87	0,75	0,68	0,65
Araquidônico (C <sub>20:4 n-6</sub> )	-	-	-	-	-	-	0,08	0,15	traços	traços	0,15	0,10
EPA (C <sub>20:5 n-3</sub> )	-	-	-	-	-	-	1,66	1,47	1,15	1,11	1,08	1,19
Erúxico (C <sub>22:1 n-9</sub> )	0,48	0,25	0,30	0,34	0,67	0,63	0,87	0,32	0,65	0,40	0,22	0,34
DPA (C <sub>22:5 n-3</sub> )	-	-	-	-	-	-	0,55	0,47	0,41	0,44	0,46	0,30
DHA (C <sub>22:6 n-3</sub> )	-	-	-	-	-	-	1,89	1,30	1,09	1,03	1,27	1,07

Tabela 7 – Teores de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poliinsaturados (% do total de ácidos graxos) e relação n-6/n-3 das rações, conforme os tratamentos estudados - São Paulo - 2000

	CON	LIN7	LIN14	LIN21	LIN28	LIN35	P	LIN7+P	LIN14+P	LIN21+P	LIN28+P	LIN35+P
P (%)	0	0	0	0	0	0	2	2	2	2	2	2
L (%)	0	7	14	21	28	35	0	7	14	21	28	35
ÁCIDOS GRAXOS	Teor de Ácidos Graxos											
Total saturados (%)	27,33	18,12	26,07	22,89	19,81	18,00	20,75	21,99	24,56	24,17	22,16	23,01
Total monoinsaturados (%)	42,26	31,75	38,28	36,85	30,01	30,16	34,48	34,49	32,40	31,31	27,56	30,98
Total poliinsaturados (%)	27,46	49,97	33,18	38,31	49,25	51,28	43,89	43,52	42,49	44,10	50,28	45,43
Relação P/S	1,00	2,76	1,27	1,67	2,49	2,85	2,12	1,98	1,73	1,82	2,27	1,97
Total de PUFA n-6 (%)	26,98	38,40	24,02	22,47	22,78	21,66	37,88	31,26	22,66	18,87	16,69	15,39
Total de PUFA n-3 (%)	0,48	11,57	9,16	15,84	26,47	29,67	6,01	12,25	19,83	25,23	33,60	30,04
Relação n-6/n-3	56,21	3,32	2,62	1,45	0,86	0,73	6,30	2,55	1,14	0,75	0,50	0,51

Tabela 8 – Teores de ácidos graxos (% do total de ácidos graxos) e relações P/S e n-6/n-3 das rações, conforme os teores dietéticos de óleo de peixe e linhaça - São Paulo - 2000

ÁCIDOS GRAXOS	P (%)		L (%)					
	0	2	0	7	14	21	28	35
	Teor de ácidos graxos							
Total saturados (%)	22,04	22,77	24,04	20,06	25,31	23,53	20,99	20,51
Total monoinsaturados (%)	34,88	31,87	38,75	33,12	35,34	34,08	28,79	30,57
Total PUFA's (%)	41,57	44,95	35,68	46,75	37,83	41,20	49,77	48,36
Relação P/S	1,89	1,97	1,48	2,37	1,49	1,75	2,38	2,35
Total de PUFA's n-6 (%)	26,05	23,79	32,43	34,83	23,34	20,67	19,74	18,53
Total de PUFA's n-3 (%)	15,53	21,16	3,25	11,91	14,49	20,53	30,04	29,86
Linolênico (C <sub>18:3 n-3</sub> )	15,52	18,17	1,19	10,29	13,17	19,24	28,63	28,55
EPA (C <sub>20:5 n-3</sub> )	0	1,28	0,83	0,74	0,57	0,55	0,54	0,60
DPA (C <sub>22:5 n-3</sub> )	0	0,44	0,27	0,23	0,20	0,22	0,23	0,15
DHA (C <sub>22:6 n-3</sub> )	0	1,27	0,94	0,65	0,54	0,51	0,63	0,53
Relação n-6/n-3	10,87	1,96	31,26	2,94	1,88	1,10	0,68	0,62

O experimento teve duração de nove semanas, sendo avaliados os parâmetros a seguir discriminados:

### **3.3 Avaliação do desempenho das aves**

Diariamente, todos os ovos foram colhidos e pesados para se obter o registro da produção e o peso médio dos mesmos, por repetição.

Semanalmente, procedeu-se ao cálculo do consumo de ração, conversão alimentar, por dúzia e por quilo de ovos produzidos, peso e produção de ovos.

### **3.4 Determinação da qualidade dos ovos**

Para a avaliação da qualidade da casca, ao término do experimento, foi determinada a gravidade específica dos ovos, empregando-se o método das soluções salinas preconizado com concentrações crescentes variando de 1,062 a 1,102, com 0,004 de incremento entre elas (HAMILTON, 1982).

Os mesmos ovos foram quebrados para avaliação da qualidade do albúmen em unidades Haugh, adotando-se a média de três medidas da altura do albúmen a uma distância de 1 cm da extremidade do mesmo.

As cascas dos ovos foram lavadas com água corrente, mantidas

em estufa à 60°C por 24 horas para secagem, e em seguida pesadas individualmente, procedendo-se, finalmente, à medida da espessura das mesmas, utilizando-se como resultado a média de três valores obtidos a partir de fragmentos retirados do “equador” da casca do ovo.

### 3.5 Determinação do colesterol na gema do ovo

Ao final do período experimental, procedeu-se à colheita de quatro ovos por repetição. Os ovos foram pesados individualmente e cozidos durante cinco minutos após o início da ebulição da água, sendo resfriados a temperatura ambiente. As gemas foram separadas e pesadas individualmente e em seguida homogeneizadas empregando-se graal e pistilo, de modo a se obter uma amostra (constituída por um *pool* de quatro gemas) por repetição. Assim, foram armazenadas três amostras por tratamento, em freezer a -20°C.

Para cada determinação utilizou-se 0,1 g de gema. A saponificação direta dos lípidos e a extração da fração insaponificável foram realizadas segundo HAMIL e SOLIMAN (1994). As amostras foram processadas em duplicatas e determinou-se paralelamente a matéria seca das gemas deixando-as em estufa a 65°C durante 24 horas. Ao final do procedimento, rediluiu-se a fase orgânica com volume conhecido de etanol (JIANG *et al.*, 1991b). Utilizou-se o padrão de colesterol da Merck como padrão externo.

Determinou-se o colesterol da gema através da CLAE. A fase móvel era composta por acetonitrila e 2-propanol (3:1) e o fluxo utilizado foi de 1,0 mL por minuto. Uma alíquota do etanol contendo a amostra foi filtrada em membrana de 0,45  $\mu\text{m}$  de poro. As amostras foram injetadas com um *loop* de 20  $\mu\text{L}$ , sendo o detector espectrofotométrico ajustado em 215 nm (JIANG *et al.*, 1991b).

### 3.6 Determinação dos ácidos graxos na gema do ovo

Ao término do experimento, foram colhidos quatro ovos por repetição. As gemas foram separadas e pesadas individualmente e em seguida homogeneizadas, de modo a se obter uma amostra (constituída por um *pool* de quatro gemas) por repetição, obtendo-se assim três amostras por tratamento.

Utilizou-se para cada determinação 1 g de gema fresca e crua, sendo a extração de lípidos da gema realizada segundo FOLCH *et al.* (1957) e BLIGH e DYER (1959), modificado por NIELSEN (1998). Procedeu-se a saponificação do extrato lipídico e obtenção dos ésteres de ácidos graxos segundo HARTMAN e LAGO (1973). Ao final do procedimento, evaporou-se o solvente contendo os ésteres metílicos de ácidos graxos com corrente de nitrogênio, adicionou-se a seguir hexano e procedeu-se a injeção de 1  $\mu\text{L}$  da solução para determinação dos ácidos graxos metil-ésteres com o uso da técnica da Cromatografia Gasosa.

As condições foram: injeção split, razão de 50:1, temperatura da coluna: 150°C por 11 minutos, programada até 215°C em uma razão de 3°C por minuto; gás de arraste: hélio, em uma vazão de 1,5 mL por minuto; gás make-up: hélio a 30 mL por minuto; temperatura do injetor; 250°C; temperatura do detector: 280°C. A composição qualitativa foi determinada por comparação dos tempos de retenção dos picos com os dos respectivos padrões de ácidos graxos. A composição quantitativa foi realizada por normalização de área, sendo expressa como porcentagem em massa.

Foram utilizados padrões externos de ácidos graxos metil-ésteres da Sigma 189-19 / 48H8003 (FAMEX MIX) e Supelco 1-8915-1A / LA88201 (FAMEX MIX C4-C24).

Paralelamente à análise de ácidos graxos, foi realizada a determinação por gravimetria dos lipídes totais (FOLCH *et al.*, 1957; BLIGH e DYER, 1959) das amostras de gemas para cada tratamento.

### **3.7 Avaliação do odor e sabor dos ovos**

A análise sensorial dos ovos foi realizada ao final do período experimental, seguindo as recomendações de MORAES (1985). Com intervalo de cerca de 24 horas até a realização do teste, colheu-se um ovo por repetição. Os ovos foram cozidos durante cinco minutos após o início da ebulição da água, sendo resfriados à temperatura ambiente. Cada ovo foi descascado manualmente sempre pelas mesmas pessoas e cortado



longitudinalmente em 4 fatias, de modo a conter clara e gema em cada amostra (fatia). Dezoito voluntários não treinados e alheios ao experimento avaliaram 4 fatias cada um, provenientes de tratamentos diferentes, sorteadas aleatoriamente, respondendo ao questionário a respeito do aroma e sabor das amostras, demonstrado no quadro 1. As avaliações para aroma e sabor seguiram uma escala hedônica, que variou do “desgostei muitíssimo” ao “gostei muitíssimo”, onde o escore de pontos foi de 1 a 9.

Cada amostra foi servida em recipiente inodoro de plástico descartável, recomendando-se aos painelistas a ingestão de água mineral sem gás, em temperatura ambiente, entre cada uma delas. O local onde foi realizado o teste era arejado e sem odores. Foram avaliados duas fatias por repetição, perfazendo um total de seis amostras (fatias) por tratamento.

## Quadro 1 – Questionário de avaliação do odor e sabor dos ovos - São Paulo - 2000

NÚMERO DA AMOSTRA: \_\_\_\_\_

1 - Por favor, cheire esta amostra cuidadosamente. Você pode detectar qualquer odor estranho?

SIM

NÃO - se sua resposta foi não, vá para a pergunta 2.

Em caso positivo, descreva este odor estranho: \_\_\_\_\_

Qual a intensidade deste odor?       fraco       regular       forte

Avalie o quanto você gostou ou desgostou deste odor:

- 1-Desgostei muitíssimo
- 2-Desgostei muito
- 3-Desgostei regularmente
- 4-Desgostei ligeiramente
- 5-Indiferente
- 6-Gostei ligeiramente
- 7-Gostei regularmente
- 8-Gostei muito
- 9-Gostei muitíssimo

2 - Agora prove esta amostra cuidadosamente. Você pode detectar qualquer sabor estranho?

SIM

NÃO

Em caso positivo, descreva este sabor estranho: \_\_\_\_\_

Qual a intensidade deste sabor?       fraco       regular       forte

Avalie o quanto você gostou ou desgostou deste sabor estranho:

- 1-Desgostei muitíssimo
- 2-Desgostei muito
- 3-Desgostei regularmente
- 4-Desgostei ligeiramente
- 5-Indiferente
- 6-Gostei ligeiramente
- 7-Gostei regularmente
- 8-Gostei muito
- 9-Gostei muitíssimo

### 3.8 Análise estatística

Para a interpretação estatística dos resultados foi utilizado delineamento tipo blocos casualizados, com três repetições por tratamento, empregando-se procedimentos de análise de variância descritos por SNEDECOR e COCHRAH, (1967) com dois critérios (linhaça moída e óleo de peixe), em modelo fatorial 6 X 2, ou seja, seis teores de linhaça e dois níveis de óleo de peixe, conforme esquema ilustrado na Tab.9. O teste de Tukey foi aplicado para o contraste entre médias. Para análise sensorial dos ovos, utilizou-se o teste do Qui-Quadrado. No estudo das relações entre os teores de linhaça e de ácido linolênico na ração e as concentrações de PUFAs na gema foram utilizados os coeficientes de correlação e de determinação, bem como suas respectivas equações de regressão. A análise estatística foi realizada mediante o uso do *software* "Statistical Analysis System" (SAS, 1985). Os valores relativos ao EPA e DPA na gema do ovo foram transformados em paramétricos antes de serem analisados (SAS, 1985).

Tabela 9 - Modelo de análise de variância de acordo com os diferentes parâmetros estudados - São Paulo - 2000

FONTE DE VARIAÇÃO	GRAUS DE LIBERDADE		
	Desempenho produtivo das aves e teores de ácidos graxos nos ovos	Qualidade do ovo	Teores de colesterol
Tratamentos	11	11	11
Óleo de peixe (P)	1	1	1
Linhaça (LIN)	5	5	5
P X LIN	5	5	5
Resíduo	24	132	60
Total	35	143	71

## **4 RESULTADOS**

### **4.1 Desempenho produtivo das aves**

Os valores médios de peso e produção de ovos, consumo de ração e conversão alimentar, expressa em kg de alimento por dúzia e por kg de ovos, de acordo com os tratamentos preconizados e conforme teores de óleo de peixe e linhaça moída na dieta, podem ser vistos nas Tabs.10 e 11,

respectivamente. Na Tab.12 está apresentada a análise de variância dos valores dos parâmetros de desempenho produtivo das aves, de acordo com os tratamentos e ingredientes estudados.

A análise de variância aplicada aos resultados de desempenho produtivo das aves revelou diferenças significativas ( $p \leq 0,01$ ) entre tratamentos, para todos os parâmetros estudados (Tab.12).

Tabela 10 - Peso médio do ovo (g), índice de postura (%), consumo (g/ave/dia), conversão alimentar e seus respectivos erros da média, de acordo com os tratamentos estudados - São Paulo - 2000

TRAT	P (%)	LIN (%)	PESO DO OVO (g)	POSTURA (%)	CONSUMO DE RAÇÃO (g/ave/dia)	CONVERSÃO ALIMENTAR kg de ração por	
						dúzia de ovos	kg de ovos
CON	0	0	63,4 <sup>a*</sup> ±0,6	92,4 <sup>a</sup> ±0,4	101,3 <sup>a</sup> ±0,9	1,31 <sup>a</sup> ±0,02	1,72 <sup>a</sup> ±0,02
LIN7	0	7	62,6 <sup>abc</sup> ±0,1	87,0 <sup>a</sup> ±2,6	100,6 <sup>a</sup> ±1,2	1,41 <sup>a</sup> ±0,05	1,88 <sup>a</sup> ±0,07
LIN14	0	14	62,3 <sup>abcd</sup> ±0,5	87,7 <sup>a</sup> ±1,7	99,1 <sup>a</sup> ±2,1	1,37 <sup>a</sup> ±0,02	1,84 <sup>a</sup> ±0,02
LIN21	0	21	60,8 <sup>bcdef</sup> ±0,3	84,0 <sup>a</sup> ±1,0	94,8 <sup>ab</sup> ±2,2	1,37 <sup>a</sup> ±0,03	1,87 <sup>a</sup> ±0,04
LIN28	0	28	60,4 <sup>cdef</sup> ±0,4	64,0 <sup>b</sup> ±3,3	87,7 <sup>b</sup> ±2,2	1,73 <sup>a</sup> ±0,02	2,39 <sup>a</sup> ±0,10
LIN35	0	35	57,7 <sup>g</sup> ±0,6	27,7 <sup>c</sup> ±5,2	75,1 <sup>c</sup> ±2,1	6,28 <sup>b</sup> ±1,98	9,64 <sup>b</sup> ±3,34
P	2	0	63,0 <sup>ab</sup> ±0,3	89,2 <sup>a</sup> ±1,0	101,7 <sup>a</sup> ±0,5	1,37 <sup>a</sup> ±0,01	1,81 <sup>a</sup> ±0,03
LIN7+P	2	7	61,4 <sup>abcde</sup> ±0,5	91,0 <sup>a</sup> ±0,3	98,8 <sup>a</sup> ±1,5	1,29 <sup>a</sup> ±0,02	1,75 <sup>a</sup> ±0,01
LIN14+P	2	14	59,8 <sup>efg</sup> ±0,6	85,0 <sup>a</sup> ±2,7	92,9 <sup>ab</sup> ±1,1	1,32 <sup>a</sup> ±0,01	1,83 <sup>a</sup> ±0,03
LIN21+P	2	21	60,1 <sup>def</sup> ±0,4	80,4 <sup>a</sup> ±3,5	94,1 <sup>ab</sup> ±3,9	1,41 <sup>a</sup> ±0,04	1,96 <sup>a</sup> ±0,04
LIN28+P	2	28	58,9 <sup>fg</sup> ±0,3	58,8 <sup>b</sup> ±4,9	84,8 <sup>bc</sup> ±2,8	1,81 <sup>a</sup> ±0,17	2,56 <sup>a</sup> ±0,22
LIN35+P	2	35	57,7 <sup>g</sup> ±0,5	41,1 <sup>c</sup> ±3,8	77,5 <sup>c</sup> ±0,6	2,50 <sup>a</sup> ±0,33	3,64 <sup>a</sup> ±0,52

\* Médias com letras distintas nas colunas denotam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Tukey

Tabela 11 - Peso médio do ovo (g), índice de postura (%), consumo (g/ave/dia), conversão alimentar e seus respectivos erros da média, de acordo com os teores de óleo de peixe e linhaça na ração - São Paulo - 2000

FONTES		PESO DO OVO (g)	POSTURA (%)	CONSUMO DE RAÇÃO (g/ave/dia)	CONVERSÃO ALIMENTAR kg de ração por	
					dúzia de ovos	kg de ovos
P (%)	0	61,2 <sup>a*</sup> ±0,5	73,8 <sup>a</sup> ±5,5	93,1 <sup>a</sup> ±2,3	3,22 <sup>a</sup> ±0,84	2,24 <sup>a</sup> ±0,52
	2	60,2 <sup>b</sup> ±0,4	74,3 <sup>a</sup> ±4,5	91,6 <sup>a</sup> ±2,1	2,26 <sup>a</sup> ±0,18	1,62 <sup>a</sup> ±0,12
LIN (%)	0	63,2 <sup>A</sup> ±0,3	90,8 <sup>A</sup> ±0,9	101,5 <sup>A</sup> ±0,4	1,77 <sup>A</sup> ±0,03	1,34 <sup>A</sup> ±0,02
	7	62,0 <sup>AB</sup> ±0,3	89,0 <sup>A</sup> ±1,5	99,7 <sup>AB</sup> ±0,9	1,81 <sup>A</sup> ±0,04	1,35 <sup>A</sup> ±0,04
	14	61,1 <sup>BC</sup> ±0,7	86,4 <sup>A</sup> ±1,5	96,0 <sup>AB</sup> ±1,7	1,84 <sup>A</sup> ±0,02	1,35 <sup>A</sup> ±0,02
	21	60,5 <sup>CD</sup> ±0,3	82,2 <sup>A</sup> ±1,8	94,5 <sup>B</sup> ±2,0	1,92 <sup>A</sup> ±0,04	1,39 <sup>A</sup> ±0,02
	28	59,7 <sup>D</sup> ±0,4	61,4 <sup>B</sup> ±2,9	86,3 <sup>C</sup> ±1,7	2,47 <sup>A</sup> ±0,12	1,77 <sup>A</sup> ±0,09
	35	57,7 <sup>E</sup> ±0,3	34,4 <sup>C</sup> ±4,1	76,3 <sup>D</sup> ±1,1	6,64 <sup>B</sup> ±2,02	4,39 <sup>B</sup> ±1,23

\* Médias com letras distintas nas colunas denotam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Tukey

Tabela 12 – Análise de variância dos valores de desempenho produtivo, de acordo com os tratamentos e ingredientes estudados - São Paulo - 2000

FONTES DE VARIÇÃO	G.L.	VALORES DE F				
		PESO DO OVO (g)	POSTURA (%)	CONSUMO DE RAÇÃO (g/ave/dia)	CONVERSÃO ALIMENTAR	
					dúzia de ovos	kg de ovos
Tratamentos	11	18,62**	50,96**	21,39**	5,25**	5,89**
Peixe (P)	1	15,93**	0,07 <sup>ns</sup>	1,70 <sup>ns</sup>	2,93 <sup>ns</sup>	3,48 <sup>ns</sup>
Linhaça (LIN)	5	35,65**	109,30**	45,61**	7,78**	8,74**
P X LIN	5	2,13 <sup>ns</sup>	2,79*	1,12 <sup>ns</sup>	3,19*	3,52*
Resíduo	24	-	-	-	-	-
Total	35	-	-	-	-	-

\* Significativo ao nível de 5%

\*\* Significativo ao nível de 1%

<sup>ns</sup> Não significativo



#### 4.1.1 Peso dos ovos

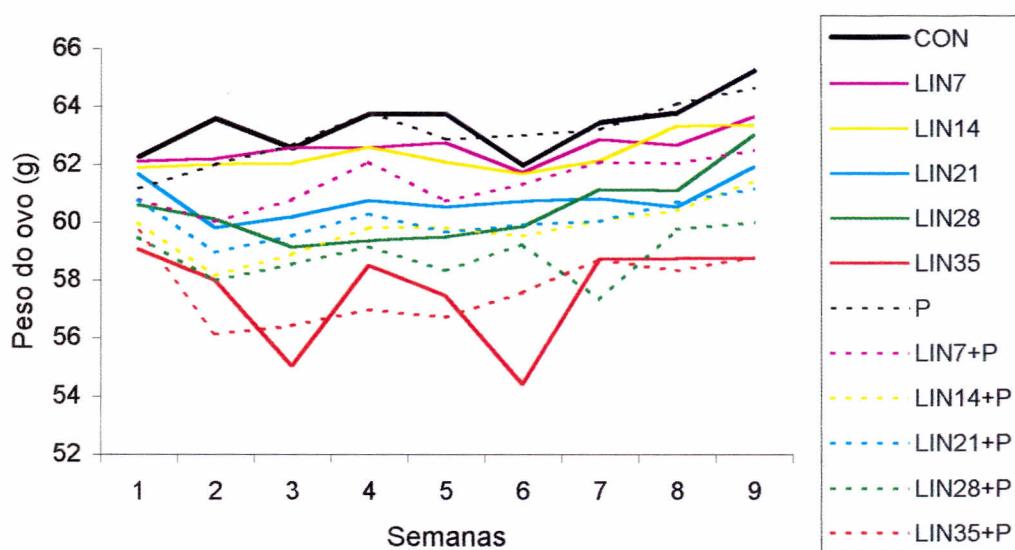
As Tabs.10 e 11 mostram que houve redução do peso médio dos ovos pela adição de óleo de peixe e linhaça moída à ração. A diminuição do peso dos ovos, em relação ao grupo controle (CON - 63,4 g), foi de significado estatístico quando a linhaça foi fornecida a partir de 21% na ração (LIN21 - 60,8 g), sem a adição concomitante de óleo de peixe (Tab.10). Essa redução foi mais acentuada quando da inclusão de 2% de óleo de peixe às dietas, havendo diminuição significativa já a partir da utilização de 14% de linhaça (LIN14+P - 59,8 g), em relação ao controle (CON - Tab.10). A Tab.11 mostra que o valor médio de peso do ovo obtido mediante alimentação com 2% de óleo de peixe (60,2 g), incluindo todos os teores de linhaça utilizados, foi significativamente reduzido em relação à média obtida dos tratamentos isentos deste primeiro ingrediente (61,2 g). Da mesma forma, este parâmetro sofreu diminuição progressiva conforme o teor de linhaça foi aumentado, variando de 63,2 g (0% de linhaça) até o valor mínimo de 57,7 g (35% de linhaça), incluindo-se as rações adicionadas ou não de óleo de peixe (Tab.11).

Tanto o óleo de peixe como a linhaça adicionados à ração influenciaram de forma significativa no peso dos ovos produzidos, não sendo observada interação entre estes dois ingredientes no relativo a este parâmetro (Tab.12).

A Fig.2 expressa graficamente os valores médios do peso do ovo apresentados no decorrer do período experimental de nove semanas.

Observa-se que os valores mais baixos desta variável foram obtidos pelas aves alimentadas com teores mais elevados de linhaça, além de serem consignadas grandes oscilações no peso médio dos ovos produzidos pelo tratamento LIN35.

Figura 2 - Peso médio semanal do ovo (g) de acordo com os tratamentos preconizados, durante o período experimental - São Paulo - 2000



#### 4.1.2 Índice de postura

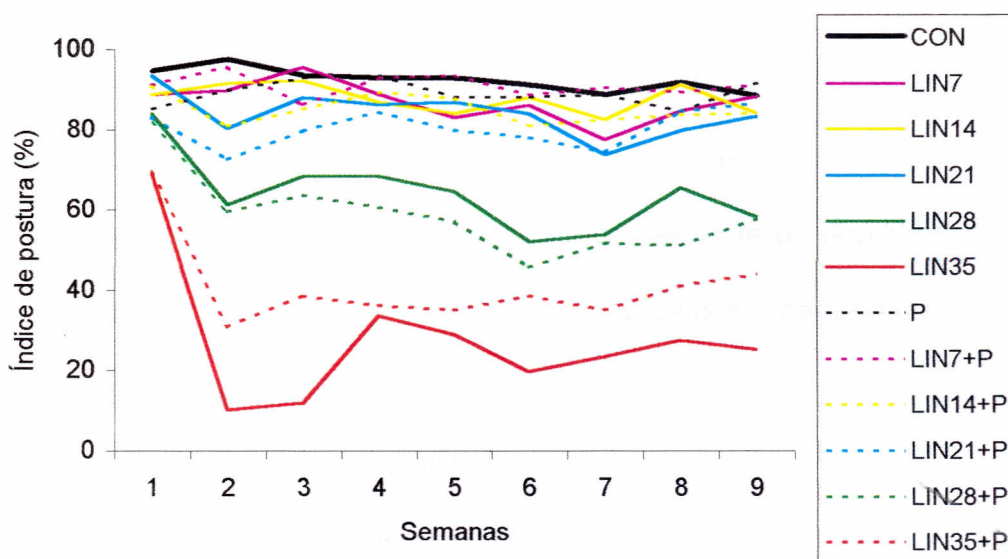
A produção de ovos (Tabs.10 e 11) mostrou redução progressiva e significativa conforme as concentrações de linhaça eram aumentadas na ração. A redução do índice de postura mostrou significado estatístico em relação ao grupo CON (92,4%) quando se adicionou 28% de linhaça tanto na dieta isenta (LIN28 - 64,0%) como naquela adicionada de óleo de peixe

(LIN28+P – 58,8%). A suplementação de apenas óleo de peixe (P) não provocou alteração significativa do índice de postura em relação ao CON (Tab.10). A linhaça fornecida a 35% foi responsável por menores valores de produção de ovos. A Tab.11 revela que, independentemente da adição ou não de óleo de peixe à dieta, a inclusão dos mais elevados percentuais de linhaça (28 e 35%) à ração determinou redução significativa da postura (61,4 e 34,4%, respectivamente). A comparação dos valores médios de postura entre os tratamentos adicionados (74,3%) ou isentos de 2% de óleo de peixe (73,8%) mostrou que não houve alteração de significado estatístico consequente ao uso deste ingrediente na dieta (Tab.11).

Por sua vez, a análise de variância (Tab.12) detectou efeito significativo da interação “óleo de peixe x linhaça” (P x LIN) sobre a taxa de produção de ovos, revelando que o primeiro ingrediente reduziu o efeito depressivo da linhaça sobre a postura, evidenciada de forma marcante pela inclusão de 35% deste ingrediente na ração.

A Fig.3 ilustra os valores médios de postura obtidos ao longo do período experimental, onde se observa a queda acentuada deste parâmetro nas duas primeiras semanas experimentais nas aves alimentadas com teores mais elevados de linhaça, com ou sem a adição concomitante de óleo de peixe.

Figura 3 – Índice de postura (%) semanal no período experimental, de acordo com os tratamentos estudados - São Paulo - 2000



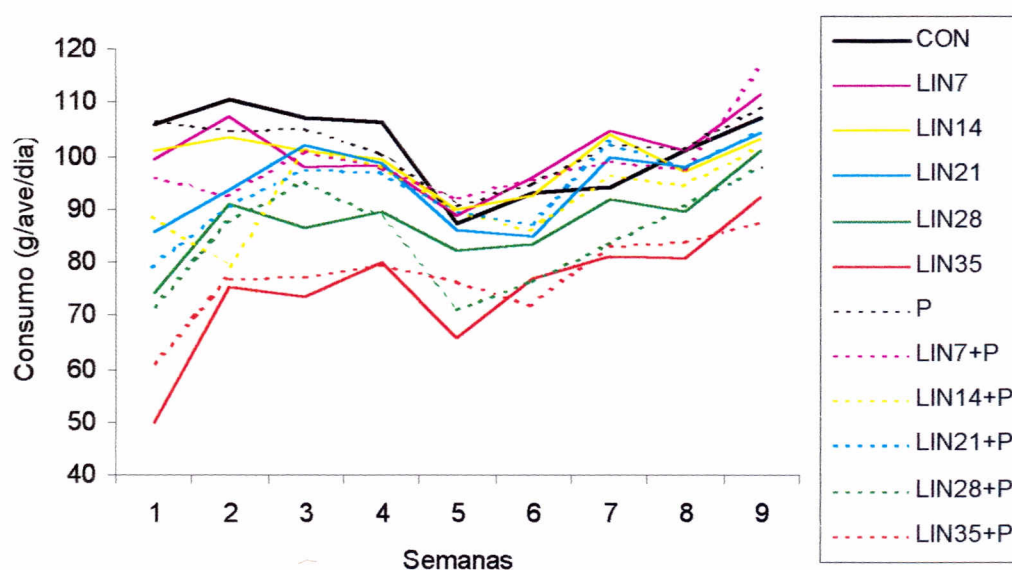
#### 4.1.3 Consumo alimentar

O consumo de ração (Tabs.10 e 11) também foi reduzido de forma progressiva e significativa pelas concentrações crescentes de linhaça. Esta redução foi considerada estatisticamente significativa em relação ao CON (101,3 g/ave/dia) a partir de 28% de linhaça na ração (LIN28 - 87,7 g/ave/dia e LIN28+P - 84,8 g/ave/dia), independentemente da inclusão ou não de óleo de peixe à dieta (Tab.10). A adição isolada de óleo de peixe à ração (P - 101,7 g/ave/dia) também não determinou alteração do consumo, em relação ao grupo CON (101,3 g/ave/dia - Tab.10). O consumo alimentar alcançou valores mínimos de 77,5 e 75,1 g/ave/dia para as aves alimentadas com 35% de linhaça, respectivamente, com ou sem óleo de peixe acrescido à dieta (Tab.10). Os valores médios de consumo (Tab.11),

incluindo tanto a adição como a não inclusão de óleo de peixe à dieta, apresentaram redução significativa a partir da utilização de 21% de linhaça na ração (94,5 g/ave/dia). Comparando-se valores médios de consumo alimentar entre tratamentos adicionados (91,6 g/ave/dia) ou não (93,1 g/ave/dia) de óleo de peixe (Tab.11), independentemente do teor de linhaça na ração, não foi consignada diferença julgada estatisticamente significativa pela análise de variância (Tab.12).

A Fig.4 expressa graficamente o consumo alimentar médio registrado ao longo do período experimental de nove semanas. Pode-se observar que a partir da quinta semana experimental ocorreu aumento gradual do consumo de ração.

Figura 4 — Consumo médio de alimento das aves (g/ave/dia), por semana, no período experimental, conforme os tratamentos preconizados - São Paulo - 2000



#### 4.1.4 Conversão alimentar

As aves alimentadas com teores mais elevados de linhaça revelaram conversão alimentar pobre (Tabs.10 e 11), quando em comparação com o grupo controle (CON), porém essa alteração só foi de significado estatístico no grupo LIN35.

Os valores de conversão alimentar foram significativamente influenciados pela interação “óleo de peixe x linhaça” (P x LIN - Tab.12). A adição de óleo de peixe à dieta reduziu os efeitos indesejáveis da linhaça, identificado principalmente em sua concentração mais elevada (35% - Tab.10).

As Figs. 5 e 6 ilustram os valores médios de conversão alimentar, expressos em kg de alimento por dúzia e por kg de ovos, respectivamente, apresentados durante o período experimental. Pode-se observar, destacadamente, a pobre conversão alimentar das aves alimentadas com 35% de linhaça (LIN35 e LIN35+P), sendo que o fornecimento deste teor isoladamente, sem adição de óleo de peixe (LIN35), provocou piora marcante desta variável, com valores médios extremamente elevados especialmente na sexta semana experimental.



#### 4.1.2. Qualidade dos ovos

Os valores médios dos parâmetros que expressam a qualidade do ovo, como gravidade específica, peso da casca (g e % do peso do ovo), espessura da casca (mm) e qualidade do albúmen (unidades Haugh), conforme os tratamentos estudados, são apresentados na Tab.13, e de acordo com os teores de óleo de peixe e linhaça na ração, na Tab.14. A análise de variância aplicada aos valores de gravidade específica, porcentagem de casca e unidades Haugh dos ovos mostram diferenças julgadas significativas entre os tratamentos estudados (Tab.15).



Tabela 13 - Parâmetros que expressam a qualidade do ovo, e seus respectivos erros da média, de acordo com os tratamentos estudados - São Paulo - 2000

TRAT	P (%)	LIN (%)	GRAVIDADE ESPECÍFICA	PESO DA CASCA		ESPESSURA CASCA (mm)	UNIDADES HAUGH (%)
				(g)	(% do peso)		
CON	0	0	1,0873 <sup>a*</sup> ±0,0009	5,87 <sup>a</sup> ±0,14	9,46 <sup>ab</sup> ±0,14	0,398 <sup>a</sup> ±0,005	95,4 <sup>ab</sup> ±1,0
LIN7	0	7	1,0883 <sup>a</sup> ±0,0015	5,69 <sup>a</sup> ±0,18	9,34 <sup>a</sup> ±0,20	0,392 <sup>a</sup> ±0,009	97,2 <sup>a</sup> ±0,9
LIN14	0	14	1,0877 <sup>a</sup> ±0,0015	5,69 <sup>a</sup> ±0,14	9,43 <sup>ab</sup> ±0,22	0,393 <sup>a</sup> ±0,007	95,2 <sup>ab</sup> ±0,8
LIN21	0	21	1,0893 <sup>ab</sup> ±0,0017	5,74 <sup>a</sup> ±0,20	9,74 <sup>ab</sup> ±0,25	0,401 <sup>a</sup> ±0,010	92,9 <sup>ab</sup> ±0,8
LIN28	0	28	1,0908 <sup>ab</sup> ±0,0019	5,89 <sup>a</sup> ±0,14	9,78 <sup>ab</sup> ±0,23	0,403 <sup>a</sup> ±0,009	94,6 <sup>ab</sup> ±1,2
LIN35	0	35	1,0958 <sup>b</sup> ±0,0015	6,03 <sup>a</sup> ±0,14	10,32 <sup>b</sup> ±0,24	0,423 <sup>a</sup> ±0,008	92,4 <sup>b</sup> ±1,4
P	2	0	1,0893 <sup>ab</sup> ±0,0010	5,98 <sup>a</sup> ±0,16	9,67 <sup>ab</sup> ±0,14	0,401 <sup>a</sup> ±0,006	96,1 <sup>ab</sup> ±0,6
LIN7+P	2	7	1,0913 <sup>ab</sup> ±0,0009	5,88 <sup>a</sup> ±0,08	9,81 <sup>ab</sup> ±0,10	0,408 <sup>a</sup> ±0,004	94,3 <sup>ab</sup> ±1,0
LIN14+P	2	14	1,0887 <sup>a</sup> ±0,0012	5,71 <sup>a</sup> ±0,13	9,52 <sup>ab</sup> ±0,19	0,395 <sup>a</sup> ±0,008	94,9 <sup>ab</sup> ±1,1
LIN21+P	2	21	1,0917 <sup>ab</sup> ±0,0010	5,90 <sup>a</sup> ±0,16	9,98 <sup>ab</sup> ±0,15	0,408 <sup>a</sup> ±0,009	92,5 <sup>b</sup> ±0,9
LIN28+P	2	28	1,0913 <sup>ab</sup> ±0,0014	5,71 <sup>a</sup> ±0,08	9,81 <sup>ab</sup> ±0,18	0,398 <sup>a</sup> ±0,009	92,7 <sup>ab</sup> ±1,2
LIN35+P	2	35	1,0907 <sup>ab</sup> ±0,0017	5,58 <sup>a</sup> ±0,14	9,72 <sup>ab</sup> ±0,21	0,396 <sup>a</sup> ±0,008	93,8 <sup>ab</sup> ±0,7

\* Médias com letras distintas nas colunas denotam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Tukey

Tabela 14 - Parâmetros que expressam a qualidade do ovo, e seus respectivos erros da média, de acordo com os teores de óleo de peixe e linhaça na ração, São Paulo – 2000

FONTES	GRAVIDADE ESPECÍFICA	PESO DA CASCA		ESPESSURA CASCA (mm)	UNIDADES HAUGH (%)	
		(g)	(% do peso)			
P (%)	0	1,0898 <sup>a*</sup> ±0,0007	5,81 <sup>a</sup> ±0,06	9,67 <sup>a</sup> ±0,09	0,401 <sup>a</sup> ±0,003	94,6 <sup>a</sup> ±0,4
	2	1,0905 <sup>a</sup> ±0,0005	5,79 <sup>a</sup> ±0,05	9,75 <sup>a</sup> ±0,07	0,401 <sup>a</sup> ±0,003	94,0 <sup>a</sup> ±0,4
LIN (%)	0	1,0883 <sup>A</sup> ±0,0007	5,92 <sup>A</sup> ±0,10	9,57 <sup>A</sup> ±0,10	0,400 <sup>A</sup> ±0,004	95,8 <sup>A</sup> ±0,6
	7	1,0898 <sup>AB</sup> ±0,0009	5,78 <sup>A</sup> ±0,10	9,57 <sup>A</sup> ±0,12	0,400 <sup>A</sup> ±0,005	95,8 <sup>A</sup> ±0,7
	14	1,0882 <sup>A</sup> ±0,0010	5,70 <sup>A</sup> ±0,09	9,47 <sup>A</sup> ±0,14	0,394 <sup>A</sup> ±0,005	95,0 <sup>AB</sup> ±0,6
	21	1,0905 <sup>AB</sup> ±0,0010	5,82 <sup>A</sup> ±0,13	9,86 <sup>A</sup> ±0,14	0,404 <sup>A</sup> ±0,007	92,7 <sup>B</sup> ±0,6
	28	1,0911 <sup>AB</sup> ±0,0011	5,80 <sup>A</sup> ±0,08	9,80 <sup>A</sup> ±0,14	0,400 <sup>A</sup> ±0,006	93,5 <sup>AB</sup> ±0,8
	35	1,0931 <sup>B</sup> ±0,0012	5,79 <sup>A</sup> ±0,11	10,00 <sup>A</sup> ±0,17	0,409 <sup>A</sup> ±0,006	93,1 <sup>AB</sup> ±0,7

\* Médias com letras distintas nas colunas denotam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Tukey

Tabela 15 – Análise de variância dos valores que expressam a qualidade do ovo, de acordo com os tratamentos e ingredientes estudados - São Paulo - 2000

FONTES DE VARIAÇÃO	G.L.	VALORES DE F				
		GRAVIDADE ESPECÍFICA	PESO DA CASCA		ESPESSURA DA CASCA (mm)	UNIDADES HAUGH (%)
			(g)	(% do peso)		
Tratamentos	11	2,76**	0,90 <sup>ns</sup>	1,95*	1,14 <sup>ns</sup>	2,48**
Óleo de peixe (P)	1	0,85 <sup>ns</sup>	0,08 <sup>ns</sup>	0,61 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	1,12 <sup>ns</sup>
Linhaça (LIN)	5	3,60**	0,51 <sup>ns</sup>	2,35*	0,80 <sup>ns</sup>	3,94**
P X LIN	5	2,30*	1,44 <sup>ns</sup>	1,84 <sup>ns</sup>	1,71 <sup>ns</sup>	1,31 <sup>ns</sup>
Resíduo	132	-	-	-	-	-
Total	143	-	-	-	-	-

\* Significativo ao nível de 5%

\*\* Significativo ao nível de 1%

<sup>ns</sup> Não significativo

A Tab.13 mostra que não foi assinalada redução significativa dos valores de gravidade específica dos ovos. A adição de 35% de linhaça à ração das aves (LIN35) provocou aumento desta variável (1,0958) em relação aos ovos produzidos pelo grupo CON (1,0873), o mesmo ocorrendo em relação à porcentagem do peso da casca (10,32% e 9,46% para LIN35 e CON, respectivamente). A Tab.14 revela que a adição de 35% de linhaça à ração das aves, independentemente da adição ou não do óleo de peixe, determinou aumento significativo da gravidade específica, sem alterar o percentual de casca dos ovos. O peso médio da casca (g) não sofreu alteração com o uso dos ingredientes estudados.

Em relação à espessura da casca, não foram assinaladas diferenças entre os tratamentos estudados (Tab.13), nem devido a adição de óleo de peixe e entre as diferentes concentrações de linhaça utilizadas (Tab.12).

Não foram consignadas diferenças significativas dos valores de altura do albúmen, em unidades Haugh, apresentados pelos tratamentos em relação ao CON (Tab.13), porém teores elevados de linhaça (14%, 21%, 28% e 35%) foram responsáveis pela produção de ovos com mais baixa qualidade do albúmen. Pela observação da Tab.14, a concentração de 21% determinou valores de unidade Haugh estatisticamente reduzidos em relação aos obtidos mediante utilização de ração isenta ou contendo 7% de linhaça.

A adição de óleo de peixe à dieta não revelou influência significativa em todos os parâmetros de qualidade do ovo estudados (Tabs.14 e 15).

A análise variância mostrou interação significativa entre óleo de peixe e teores de linhaça da dieta apenas para a gravidade específica dos ovos, dentre os demais parâmetros de qualidade do ovo analisados (Tab.15).

#### **4.2.4. Teores de colesterol nos ovos**

Os teores médios de colesterol na gema, seus percentuais em relação ao controle (CON) e as médias do peso dos ovos (g) e das gemas (g) utilizados, conforme os tratamentos preconizados, são apresentados na Tab.16, e de acordo com os teores de óleo de peixe e linhaça na ração, na Tab.17.

A análise de variância dos valores de colesterol, expressos em mg/g de gema, mg/gema, do peso das gemas e dos ovos analisados é apresentada na Tab.18. Foram assinaladas diferenças significativas entre tratamentos para o colesterol (mg/g de gema), peso das gemas e dos ovos analisados.

Tabela 16 - Teores médios de colesterol na gema (total e por g), percentuais de alteração e peso médio da gema (g) e do ovo (g), com seus respectivos erros da média, de acordo com os tratamentos estudados - São Paulo - 2000

TRAT	P (%)	LIN (%)	COLESTEROL NA GEMA				PESO MÉDIO DA GEMA (g)	PESO MÉDIO DO OVO (g)
			(mg/g)	% de alteração **	(mg/gema)	% de alteração **		
CON	0	0	13,7 <sup>abc*</sup> ±0,5	—	221,0 <sup>a</sup> ±11,4	—	16,1 <sup>a</sup> ±0,3	63,6 <sup>a</sup> ±1,2
LIN7	0	7	13,8 <sup>abc</sup> ±0,1	+0,7	216,9 <sup>a</sup> ±3,1	+1,8	15,7 <sup>a</sup> ±0,4	61,5 <sup>ab</sup> ±1,3
LIN14	0	14	13,7 <sup>abc</sup> ±0,2	0	216,7 <sup>a</sup> ±2,4	-1,9	15,9 <sup>a</sup> ±0,2	59,8 <sup>ab</sup> ±1,0
LIN21	0	21	14,0 <sup>abc</sup> ±0,3	+2,2	217,0 <sup>a</sup> ±3,0	-1,8	15,5 <sup>a</sup> ±0,3	60,3 <sup>ab</sup> ±1,0
LIN28	0	28	13,4 <sup>c</sup> ±0,3	-2,2	210,7 <sup>a</sup> ±5,3	-4,7	15,7 <sup>a</sup> ±0,3	60,4 <sup>ab</sup> ±0,9
LIN35	0	35	15,2 <sup>ab</sup> ±0,7	+10,9	226,2 <sup>a</sup> ±11,5	+2,4	14,9 <sup>a</sup> ±0,4	57,7 <sup>b</sup> ±0,8
P	2	0	13,8 <sup>abc</sup> ±0,2	+0,7	224,4 <sup>a</sup> ±2,1	+1,5	16,2 <sup>a</sup> ±0,3	62,2 <sup>ab</sup> ±0,8
LIN7+P	2	7	13,4 <sup>c</sup> ±0,3	-2,2	217,9 <sup>a</sup> ±5,3	-1,4	16,2 <sup>a</sup> ±0,2	61,2 <sup>ab</sup> ±1,1
LIN14+P	2	14	13,6 <sup>bc</sup> ±0,2	-0,7	210,0 <sup>a</sup> ±3,3	-5,0	15,5 <sup>a</sup> ±0,2	60,3 <sup>ab</sup> ±1,3
LIN21+P	2	21	14,5 <sup>abc</sup> ±0,3	+5,8	227,1 <sup>a</sup> ±3,6	+2,8	15,6 <sup>a</sup> ±0,2	60,7 <sup>ab</sup> ±1,1
LIN28+P	2	28	14,4 <sup>abc</sup> ±0,1	+5,1	218,6 <sup>a</sup> ±1,5	-1,1	15,2 <sup>a</sup> ±0,3	58,6 <sup>ab</sup> ±0,9
LIN35+P	2	35	15,3 <sup>a</sup> ±0,4	+11,7	233,2 <sup>a</sup> ±9,8	+5,5	15,3 <sup>a</sup> ±0,3	58,3 <sup>b</sup> ±1,0

\* Médias com letras distintas nas colunas denotam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

\*\* Porcentagem de alteração em relação ao grupo controle (CON)

Tabela 17 - Teores médios de colesterol na gema (total e por g), percentuais de alteração e peso médio da gema (g) e do ovo (g), com seus respectivos erros da média, conforme os teores de óleo de peixe e linhaça na ração - São Paulo - 2000

FONTES		COLESTEROL NA GEMA				PESO MÉDIO DA GEMA (g)	PESO MÉDIO DO OVO (g)
		(mg/g)	% de alteração **	(mg/gema)	% de alteração **		
P (%)	0	14,0 <sup>a*</sup> ±0,2	-	218,1 <sup>a</sup> ±2,9	-	15,6 <sup>a</sup> ±0,1	60,5 <sup>a</sup> ±0,5
	2	14,2 <sup>a</sup> ±0,1	+1,4	221,9 <sup>a</sup> ±2,3	+1,7	15,7 <sup>a</sup> ±0,1	60,2 <sup>a</sup> ±0,4
LIN (%)	0	13,8 <sup>A</sup> ±0,3	-	222,7 <sup>A</sup> ±5,6	-	16,2 <sup>A</sup> ±0,2	62,9 <sup>A</sup> ±0,7
	7	13,6 <sup>A</sup> ±0,2	-1,5	217,4 <sup>A</sup> ±2,9	-2,4	16,0 <sup>A</sup> ±0,2	61,3 <sup>AB</sup> ±0,8
	14	13,6 <sup>A</sup> ±0,2	-1,5	213,4 <sup>A</sup> ±2,2	-4,2	15,7 <sup>AB</sup> ±0,1	60,1 <sup>ABC</sup> ±0,8
	21	14,3 <sup>AB</sup> ±0,2	-3,6	222,0 <sup>A</sup> ±2,7	-0,3	15,6 <sup>AB</sup> ±0,2	60,5 <sup>ABC</sup> ±0,7
	28	13,9 <sup>A</sup> ±0,2	+0,7	214,7 <sup>A</sup> ±2,9	-3,6	15,5 <sup>AB</sup> ±0,2	59,5 <sup>BC</sup> ±0,7
	35	15,2 <sup>B</sup> ±0,4	+10,1	229,7 <sup>A</sup> ±7,3	+3,1	15,1 <sup>B</sup> ±0,3	58,0 <sup>C</sup> ±0,6

\* Médias com letras distintas nas colunas denotam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Tukey

\*\* Porcentagem de alteração em relação ao grupo controle (CON)

Tabela 18 – Análise de variância dos valores de colesterol na gema, peso médio da gema (g) e do ovo (g), de acordo com os tratamentos e ingredientes estudados - São Paulo - 2000

FONTES DE VARIÇÃO	G.L.	VALORES DE F			
		COLESTEROL NA GEMA		PESO MÉDIO DA GEMA (g)	PESO MÉDIO DO OVO (g)
		(mg/gema)	(mg/g)		
Tratamentos	11	5,42**	2,67**	1,94*	2,50**
Óleo de peixe (P)	1	10,54**	6,71*	0,07 <sup>ns</sup>	0,29 <sup>ns</sup>
Linhaça (LIN)	5	7,68**	2,32 <sup>ns</sup>	3,35**	4,97**
P X LIN	5	2,15 <sup>ns</sup>	2,21 <sup>ns</sup>	0,91 <sup>ns</sup>	0,46 <sup>ns</sup>
Resíduo	60	-	-	-	-
Total	71	-	-	-	-

\* Significativo ao nível de 5%

\*\* Significativo ao nível de 1%

<sup>ns</sup> Não significativo



Pela observação da Tab.16, os valores médios de colesterol (mg/g) obtidos nos tratamentos estudados mostraram tendência a aumento de sua concentração na gema, elevando-se em 11,7% e 10,9%, respectivamente, em ovos produzidos pelas aves que receberam 35% de linhaça na ração, adicionada (15,3 mg/g - LIN35+P) ou não de óleo de peixe (15,2 mg/g - LIN35), em relação ao grupo CON (13,7 mg/g). Entretanto, quando o teor de colesterol foi expresso em mg/gema, essa tendência foi amenizada. No relativo ao peso da gema, os valores obtidos nos diferentes tratamentos estudados não revelam alteração significativa de seu peso, apesar do reduzido valor consignado pelo grupo LIN35 (14,9 g) em comparação com o grupo CON (16,1 g – Tab.16). As médias de peso do ovo auferidas para os tratamentos LIN35 (57,7 g) e LIN35+P (58,3 g) revelaram-se significativamente menores que a consignada para o grupo CON (63,6 g), pelo teste de Tukey (Tab.16).

A análise de variância (Tab.18) assinalou diferenças significativas no colesterol da gema (mg/g) com a adição de linhaça à dieta.

A Tab.17 mostra que, quando o colesterol foi expresso em mg/g de gema, independentemente da adição ou não do óleo de peixe, houve aumento significativo de seu teor mediante uso de 35% de linhaça na ração. Considerando-se os valores médios obtidos nos tratamentos contendo os mesmos teores de linhaça, independentemente do uso do óleo de peixe, foram encontrados valores de 13,8 mg/g (0% de linhaça) até 15,2 mg/g (35% de linhaça), correspondente a um aumento de 10,1% (Tab.17).

O óleo de peixe adicionado à ração não determinou alterações nos valores de colesterol da gema, tanto expressos em mg/gema, quanto em mg/g de gema (Tab.17). Este ingrediente também não alterou o peso médio das gemas e dos ovos analisados (Tab.17). Da mesma forma, não foi assinalada interação significativa entre óleo de peixe e linhaça sobre os teores de colesterol na gema, peso das gemas e dos ovos analisados (Tab.18).

#### **4.2.5 Teores de ácidos graxos nos ovos**

Os valores referentes à composição em ácidos graxos das gemas, expressos em % do total de ácidos graxos, de acordo com os tratamentos estudados e níveis dietéticos de óleo de peixe e linhaça, estão apresentados nas Tabs.19 e 20, respectivamente. Os teores de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poliinsaturados (% do total de ácidos graxos), relação n-6/n-3 e extrato etéreo da gema, conforme os tratamentos preconizados e níveis dietéticos de óleo de peixe e linhaça, estão mostrados nas Tabs.21 e 22, respectivamente. Nas Tabs.23 e 24 estão apresentadas as análises de variância dos valores de ácidos graxos de acordo com os tratamentos e ingredientes estudados.

Tabela 19 - Composição em ácidos graxos da gema (% do total de ácidos graxos), conforme os tratamentos estudados - São Paulo - 2000

	CON	LIN7	LIN14	LIN21	LIN28	LIN35	P	LIN7+P	LIN14+P	LIN21+P	LIN28+P	LIN35+P
P (%)	0	0	0	0	0	0	2	2	2	2	2	2
L (%)	0	7	14	21	28	35	0	7	14	21	28	35
ÁCIDOS GRAXOS	Teor de Ácidos Graxos (%)											
Mirístico (C <sub>14:0</sub> )	0,23 <sup>abc*</sup>	0,15 <sup>a</sup>	0,14 <sup>a</sup>	0,14 <sup>a</sup>	0,13 <sup>a</sup>	0,16 <sup>ab</sup>	0,39 <sup>c</sup>	0,38 <sup>bc</sup>	0,38 <sup>bc</sup>	0,32 <sup>abc</sup>	0,40 <sup>c</sup>	0,38 <sup>bc</sup>
Palmítico (C <sub>16:0</sub> )	27,82 <sup>a</sup>	25,14 <sup>abc</sup>	23,52 <sup>abcde</sup>	21,05 <sup>bcde</sup>	20,50 <sup>de</sup>	19,51 <sup>e</sup>	25,34 <sup>ab</sup>	23,82 <sup>abcde</sup>	24,55 <sup>abcd</sup>	22,66 <sup>bcde</sup>	21,15 <sup>bcde</sup>	20,65 <sup>cde</sup>
Palmitoléico (C <sub>16:1 n-7</sub> )	2,50 <sup>abc</sup>	2,22 <sup>cd</sup>	2,25 <sup>cd</sup>	2,38 <sup>bcd</sup>	2,15 <sup>cd</sup>	1,99 <sup>d</sup>	2,84 <sup>ab</sup>	2,75 <sup>ab</sup>	2,93 <sup>a</sup>	2,81 <sup>ab</sup>	2,74 <sup>ab</sup>	2,51 <sup>abc</sup>
Esteárico (C <sub>18:0</sub> )	7,65 <sup>a</sup>	8,87 <sup>a</sup>	8,63 <sup>a</sup>	8,18 <sup>a</sup>	8,64 <sup>a</sup>	9,18 <sup>a</sup>	8,00 <sup>a</sup>	7,99 <sup>a</sup>	8,48 <sup>a</sup>	9,00 <sup>a</sup>	9,18 <sup>a</sup>	9,19 <sup>a</sup>
Oléico (C <sub>18:1 n-9</sub> )	35,76 <sup>ab</sup>	36,17 <sup>ab</sup>	37,01 <sup>ab</sup>	36,69 <sup>ab</sup>	35,61 <sup>ab</sup>	35,74 <sup>ab</sup>	38,98 <sup>a</sup>	37,72 <sup>ab</sup>	37,08 <sup>ab</sup>	37,25 <sup>ab</sup>	36,18 <sup>ab</sup>	34,84 <sup>b</sup>
Linoléico (C <sub>18:2 n-6</sub> )	23,34 <sup>a</sup>	21,71 <sup>ab</sup>	20,91 <sup>ab</sup>	20,38 <sup>bc</sup>	19,95 <sup>bc</sup>	19,80 <sup>bc</sup>	20,45 <sup>bc</sup>	19,56 <sup>bc</sup>	17,97 <sup>cd</sup>	16,03 <sup>d</sup>	15,55 <sup>d</sup>	15,85 <sup>d</sup>
Linolênico (C <sub>18:3 n-3</sub> )	0,30 <sup>a</sup>	2,88 <sup>ab</sup>	4,45 <sup>b</sup>	8,15 <sup>c</sup>	10,32 <sup>cde</sup>	10,57 <sup>cde</sup>	0,46 <sup>a</sup>	4,34 <sup>b</sup>	5,00 <sup>b</sup>	8,72 <sup>cd</sup>	11,31 <sup>de</sup>	12,62 <sup>e</sup>
Gadoléico (C <sub>20:1 n-9</sub> )	0,17 <sup>a</sup>	0,15 <sup>a</sup>	0,13 <sup>a</sup>	0,06 <sup>a</sup>	0,11 <sup>a</sup>	0,11 <sup>a</sup>	0,25 <sup>a</sup>	0,19 <sup>a</sup>	0,05 <sup>a</sup>	0,04 <sup>a</sup>	0,09 <sup>a</sup>	0,07 <sup>a</sup>
Araquidônico (C <sub>20:4 n-6</sub> )	1,86 <sup>a</sup>	1,42 <sup>b</sup>	1,32 <sup>bc</sup>	1,08 <sup>cd</sup>	1,03 <sup>cd</sup>	1,18 <sup>bc</sup>	1,07 <sup>cd</sup>	0,83 <sup>de</sup>	0,77 <sup>de</sup>	0,62 <sup>e</sup>	0,57 <sup>e</sup>	0,68 <sup>e</sup>
EPA (C <sub>20:5 n-3</sub> )	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	0,03 <sup>a</sup>	0,03 <sup>a</sup>	0,09 <sup>abc</sup>	0,21 <sup>cde</sup>	0,12 <sup>abc</sup>	0,19 <sup>bcd</sup>	0,24 <sup>cde</sup>	0,27 <sup>cde</sup>	0,38 <sup>de</sup>	0,48 <sup>e</sup>
DPA (C <sub>22:5 n-3</sub> )	0,18 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	0,10 <sup>a</sup>	0,20 <sup>a</sup>	0,10 <sup>a</sup>	0,14 <sup>a</sup>	0,03 <sup>a</sup>	0,04 <sup>a</sup>	0,09 <sup>a</sup>	0,16 <sup>a</sup>	0,25 <sup>a</sup>	0,39 <sup>a</sup>
DHA (C <sub>22:6 n-3</sub> )	0,23 <sup>a</sup>	1,29 <sup>b</sup>	1,51 <sup>bcd</sup>	1,67 <sup>bdec</sup>	1,38 <sup>bc</sup>	1,41 <sup>bc</sup>	2,08 <sup>bcde</sup>	2,17 <sup>bcde</sup>	2,46 <sup>e</sup>	2,13 <sup>bcde</sup>	2,20 <sup>cde</sup>	2,32 <sup>de</sup>

\* Médias com letras distintas nas linhas denotam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

Tabela 20 - Composição em ácidos graxos da gema (% do total de ácidos graxos), conforme os teores de óleo de peixe e linhaça na ração - São Paulo - 2000

ÁCIDOS GRAXOS	P (%)		L (%)					
	0	2	0	7	14	21	28	35
	Teor de Ácidos Graxos (%)							
Mirístico (C <sub>14:0</sub> )	0,16 <sup>a*</sup>	0,38 <sup>b</sup>	0,31 <sup>A</sup>	0,26 <sup>A</sup>	0,26 <sup>A</sup>	0,24 <sup>A</sup>	0,26 <sup>A</sup>	0,27 <sup>A</sup>
Palmítico (C <sub>16:0</sub> )	22,92 <sup>a</sup>	23,03 <sup>a</sup>	26,58 <sup>A</sup>	24,48 <sup>AB</sup>	24,03 <sup>AB</sup>	21,86 <sup>BC</sup>	20,82 <sup>C</sup>	20,08 <sup>C</sup>
Palmitoléico (C <sub>16:1 n-7</sub> )	2,25 <sup>a</sup>	2,77 <sup>b</sup>	2,67 <sup>A</sup>	2,48 <sup>AB</sup>	2,59 <sup>A</sup>	2,60 <sup>A</sup>	2,45 <sup>AB</sup>	2,25 <sup>B</sup>
Estearíco (C <sub>18:0</sub> )	8,52 <sup>a</sup>	8,64 <sup>a</sup>	7,82 <sup>A</sup>	8,43 <sup>AB</sup>	8,55 <sup>AB</sup>	8,59 <sup>AB</sup>	8,91 <sup>B</sup>	9,19 <sup>B</sup>
Oléico (C <sub>18:1 n-9</sub> )	36,16 <sup>a</sup>	37,01 <sup>a</sup>	37,37 <sup>A</sup>	36,95 <sup>A</sup>	37,05 <sup>A</sup>	36,97 <sup>A</sup>	35,89 <sup>A</sup>	35,29 <sup>A</sup>
Linoléico (C <sub>18:2 n-6</sub> )	21,02 <sup>a</sup>	17,57 <sup>b</sup>	21,90 <sup>A</sup>	20,64 <sup>AB</sup>	19,44 <sup>BC</sup>	18,21 <sup>CD</sup>	17,75 <sup>D</sup>	17,83 <sup>CD</sup>
Linolênico (C <sub>18:3 n-3</sub> )	6,11 <sup>a</sup>	7,07 <sup>b</sup>	0,38 <sup>A</sup>	3,61 <sup>B</sup>	4,73 <sup>B</sup>	8,43 <sup>C</sup>	10,81 <sup>D</sup>	11,59 <sup>D</sup>
Gadoléico (C <sub>20:1 n-9</sub> )	0,12 <sup>a</sup>	0,11 <sup>a</sup>	0,21 <sup>A</sup>	0,17 <sup>A</sup>	0,09 <sup>A</sup>	0,05 <sup>A</sup>	0,10 <sup>A</sup>	0,09 <sup>A</sup>
Araquidônico (C <sub>20:4 n-6</sub> )	1,32 <sup>a</sup>	0,76 <sup>b</sup>	1,47 <sup>A</sup>	1,13 <sup>B</sup>	1,04 <sup>BC</sup>	0,85 <sup>D</sup>	0,80 <sup>D</sup>	0,93 <sup>CD</sup>
EPA (C <sub>20:5 n-3</sub> )	0,06 <sup>a</sup>	0,28 <sup>b</sup>	0,06 <sup>A</sup>	0,10 <sup>A</sup>	0,14 <sup>AB</sup>	0,15 <sup>AB</sup>	0,24 <sup>BC</sup>	0,35 <sup>C</sup>
DPA (C <sub>22:5 n-3</sub> )	0,12 <sup>a</sup>	0,16 <sup>a</sup>	0,11 <sup>A</sup>	0,02 <sup>A</sup>	0,10 <sup>A</sup>	0,18 <sup>A</sup>	0,18 <sup>A</sup>	0,27 <sup>A</sup>
DHA (C <sub>22:6 n-3</sub> )	1,25 <sup>a</sup>	2,23 <sup>b</sup>	1,16 <sup>A</sup>	1,73 <sup>B</sup>	1,99 <sup>B</sup>	1,90 <sup>B</sup>	1,79 <sup>B</sup>	1,87 <sup>B</sup>

\* Médias com letras distintas nas linhas denotam diferenças significativas (p<0,05) pelo teste de Tukey.

Tabela 21 – Teores de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poliinsaturados (% do total de ácidos graxos), relação n-6/n-3, lípides totais (%) e peso (g) da gema, conforme os tratamentos estudados - São Paulo - 2000

	CON	LIN7	LIN14	LIN21	LIN28	LIN35	P	LIN7+P	LIN14+P	LIN21+P	LIN28+P	LIN35+P
P (%)	0	0	0	0	0	0	2	2	2	2	2	2
L (%)	0	7	14	21	28	35	0	7	14	21	28	35
ÁCIDOS GRAXOS	Teor de ácidos graxos											
Total saturados (%)	35,65 <sup>a*</sup>	34,16 <sup>ab</sup>	32,29 <sup>ab</sup>	29,37 <sup>b</sup>	29,27 <sup>b</sup>	28,85 <sup>b</sup>	33,72 <sup>ab</sup>	32,19 <sup>ab</sup>	33,41 <sup>ab</sup>	31,98 <sup>ab</sup>	30,72 <sup>ab</sup>	30,23 <sup>ab</sup>
Total monoinsaturados (%)	38,43 <sup>ab</sup>	38,54 <sup>ab</sup>	39,39 <sup>ab</sup>	39,13 <sup>ab</sup>	37,86 <sup>b</sup>	37,84 <sup>b</sup>	42,07 <sup>a</sup>	40,66 <sup>ab</sup>	40,06 <sup>ab</sup>	40,10 <sup>ab</sup>	39,02 <sup>ab</sup>	37,41 <sup>b</sup>
Total PUFAs (%)	25,91 <sup>ab</sup>	27,31 <sup>b</sup>	28,32 <sup>bc</sup>	31,50 <sup>de</sup>	32,87 <sup>e</sup>	33,31 <sup>e</sup>	24,21 <sup>a</sup>	27,14 <sup>b</sup>	26,53 <sup>b</sup>	27,91 <sup>b</sup>	30,27 <sup>cd</sup>	32,36 <sup>de</sup>
Relação P/S	0,73 <sup>a</sup>	0,81 <sup>ab</sup>	0,88 <sup>abcd</sup>	1,07 <sup>cde</sup>	1,12 <sup>de</sup>	1,15 <sup>e</sup>	0,72 <sup>a</sup>	0,85 <sup>abc</sup>	0,80 <sup>ab</sup>	0,87 <sup>abc</sup>	0,99 <sup>bcde</sup>	1,08 <sup>cde</sup>
Total de PUFAs n-6 (%)	25,20 <sup>a</sup>	23,13 <sup>ab</sup>	22,23 <sup>b</sup>	21,46 <sup>bc</sup>	20,98 <sup>bc</sup>	20,98 <sup>bc</sup>	21,52 <sup>bc</sup>	20,39 <sup>bc</sup>	18,73 <sup>cd</sup>	16,65 <sup>d</sup>	16,12 <sup>d</sup>	16,53 <sup>d</sup>
Total de PUFAs n-3 (%)	0,70 <sup>a</sup>	4,17 <sup>bc</sup>	6,09 <sup>cd</sup>	10,04 <sup>ef</sup>	11,89 <sup>fg</sup>	12,33 <sup>fg</sup>	2,69 <sup>ab</sup>	6,75 <sup>cd</sup>	7,79 <sup>de</sup>	11,27 <sup>fg</sup>	14,14 <sup>gh</sup>	15,82 <sup>h</sup>
Relação n-6/n-3	39,62 <sup>a</sup>	5,57 <sup>b</sup>	3,95 <sup>b</sup>	2,14 <sup>b</sup>	1,77 <sup>b</sup>	1,71 <sup>b</sup>	8,11 <sup>b</sup>	3,13 <sup>b</sup>	2,55 <sup>b</sup>	1,48 <sup>b</sup>	1,15 <sup>b</sup>	1,05 <sup>b</sup>
Peso da gema (g)	16,5	16,3	16,8	15,9	16,4	15,2	16,8	16,5	15,8	15,7	15,8	15,4
Lípides totais (%)	30,2	31,2	31,9	28,3	28,6	29,5	28,3	29,7	31,0	30,8	27,1	27,6

\* Médias com letras distintas nas linhas denotam diferenças significativas (p<0,05) pelo teste de Tukey.

Tabela 22 – Teores de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poliinsaturados (% do total de ácidos graxos), relação n-6/n-3, lípides totais (%) e peso (g) da gema, conforme os teores de óleo de peixe e linhaça na ração, São Paulo - 2000

ÁCIDOS GRAXOS	P (%)		L (%)					
	0	2	0	7	14	21	28	35
	Teor de ácidos graxos							
Total saturados (%)	31,60 <sup>a*</sup>	32,04 <sup>a</sup>	34,69 <sup>A</sup>	33,17 <sup>AB</sup>	32,85 <sup>ABC</sup>	30,68 <sup>BC</sup>	30,00 <sup>BC</sup>	29,54 <sup>C</sup>
Total monoinsaturados (%)	38,53 <sup>a</sup>	39,89 <sup>b</sup>	40,25 <sup>A</sup>	39,60 <sup>AB</sup>	39,73 <sup>AB</sup>	39,62 <sup>AB</sup>	38,44 <sup>AB</sup>	37,63 <sup>B</sup>
Total PUFAs (%)	29,87 <sup>a</sup>	28,07 <sup>b</sup>	25,06 <sup>A</sup>	27,23 <sup>AB</sup>	27,43 <sup>BC</sup>	29,71 <sup>CD</sup>	31,57 <sup>DE</sup>	32,83 <sup>E</sup>
Relação P/S	0,96 <sup>a</sup>	0,88 <sup>b</sup>	0,72 <sup>A</sup>	0,83 <sup>AB</sup>	0,84 <sup>AB</sup>	0,97 <sup>BC</sup>	1,06 <sup>C</sup>	1,12 <sup>C</sup>
Total de PUFAs n-6 (%)	22,33 <sup>a</sup>	18,33 <sup>b</sup>	23,36 <sup>A</sup>	21,77 <sup>AB</sup>	20,48 <sup>BC</sup>	19,06 <sup>CD</sup>	18,55 <sup>D</sup>	18,76 <sup>CD</sup>
Total de PUFAs n-3 (%)	7,54 <sup>a</sup>	9,75 <sup>b</sup>	1,70 <sup>A</sup>	5,46 <sup>B</sup>	6,94 <sup>B</sup>	10,66 <sup>C</sup>	13,02 <sup>D</sup>	14,08 <sup>D</sup>
Relação n-6/n-3	9,13 <sup>a</sup>	2,91 <sup>b</sup>	23,87 <sup>A</sup>	4,35 <sup>B</sup>	3,26 <sup>B</sup>	1,81 <sup>B</sup>	1,46 <sup>B</sup>	1,38 <sup>B</sup>
Peso da gema (g)	16,2	16,0	16,7	16,4	16,3	15,8	16,0	15,3
Lípides totais (%)	29,9	29,1	29,2	30,5	31,4	29,5	27,9	28,5

\* Médias com letras distintas nas linhas denotam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

Tabela 23 – Análise de variância dos teores de ácidos graxos da gema, de acordo com os tratamentos e ingredientes estudados - São Paulo - 2000

FONTES DE VARIÇÃO	G.L.	VALORES DE F											
		C <sub>14:0</sub>	C <sub>16:0</sub>	C <sub>16:1 n-7</sub>	C <sub>18:0</sub>	C <sub>18:1 n-9</sub>	C <sub>18:2 n-6</sub>	C <sub>18:3 n-3</sub>	C <sub>20:1 n-9</sub>	C <sub>20:4 n-6</sub>	C <sub>20:5 n-3 (EPA)</sub>	C <sub>22:5 n-3 (DPA)</sub>	C <sub>22:6 n-3 (DHA)</sub>
Tratamentos	11	7,11**	7,95**	11,11**	2,27*	2,45*	20,63**	62,52**	1,33 <sup>ns</sup>	36,64**	15,94**	1,65 <sup>ns</sup>	12,54**
Óleo de peixe (P)	1	72,35**	0,44 <sup>ns</sup>	92,42**	0,32 <sup>ns</sup>	4,24 <sup>ns</sup>	121,80**	9,63**	0,06 <sup>ns</sup>	241,34**	102,02**	1,41 <sup>ns</sup>	92,39**
Linhaça (LIN)	5	0,73 <sup>ns</sup>	15,77**	5,19**	3,48*	2,58 <sup>ns</sup>	19,57**	134,79**	2,37 <sup>ns</sup>	30,21**	12,99**	2,18 <sup>ns</sup>	5,67**
P X LIN	5	0,45 <sup>ns</sup>	1,70 <sup>ns</sup>	0,78 <sup>ns</sup>	1,45 <sup>ns</sup>	1,96 <sup>ns</sup>	1,44 <sup>ns</sup>	0,83 <sup>ns</sup>	0,54 <sup>ns</sup>	2,13 <sup>ns</sup>	0,68 <sup>ns</sup>	1,17 <sup>ns</sup>	3,43*
Resíduo	24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

\* Significativo ao nível de 5%

\*\* Significativo ao nível de 1%

<sup>ns</sup> Não significativo

Tabela 24 – Análise de variância dos valores totais de ácidos graxos e relações P/S e n-6/n-3 da gema, de acordo com os tratamentos e ingredientes estudados - São Paulo - 2000

FONTES DE VARIÇÃO	G.L.	VALORES DE F						
		Total sat.	Total monoinsat.	Total PUFAs	Relação P/S	Total PUFAs n-6	Total PUFAs n-3	Relação n-6/n-3
Tratamentos	11	3,74**	2,96*	16,29**	10,56**	23,76**	55,65**	15,52**
Óleo de peixe (P)	1	0,47 <sup>ns</sup>	9,04**	17,56**	8,17**	144,66**	36,67**	15,46**
Linhaça (LIN)	5	6,66**	3,13*	31,01**	19,97**	22,28**	114,34**	20,77**
P X LIN	5	1,47 <sup>ns</sup>	1,50 <sup>ns</sup>	1,30 <sup>ns</sup>	1,63 <sup>ns</sup>	1,06 <sup>ns</sup>	0,76 <sup>ns</sup>	10,28**
Resíduo	24	-	-	-	-	-	-	-
Total	35	-	-	-	-	-	-	-

\* Significativo ao nível de 5%

\*\* Significativo ao nível de 1%

<sup>ns</sup> Não significativo



Os resultados apresentados nas Tabs.19 a 22 mostram alterações da composição em ácidos graxos da gema com a adição de linhaça em concentrações crescentes e de óleo de peixe na ração das aves, culminando em modificações nos valores totais de ácidos graxos saturados, monoinsaturados, poliinsaturados, nas relações P/S (poliinsaturados/saturados) e n-6/n-3 da gema do ovo, descritos a seguir.

#### **4.2.5.1 Ácidos graxos saturados**

Dentre os ácidos graxos saturados estudados, os teores de ácido mirístico ( $C_{14:0}$ ) obtidos na gema do ovo foram significativamente aumentados com a adição de óleo de peixe à ração (Tab.23). O valor médio assinalado para as dietas contendo este ingrediente foi de 0,38%, superior à média obtida (0,16%) para as gemas provenientes de galinhas alimentadas com dietas isentas de óleo de peixe (Tab.20). A inclusão de linhaça à ração não interferiu significativamente nos valores deste ácido graxo na gema do ovo (Tab.23).

Quanto ao ácido palmítico ( $C_{16:0}$ ) foi assinalada diminuição de suas concentrações na gema do ovo com a adição de linhaça à dieta. Esta redução revelou-se significativa a partir da inclusão de 21% de linhaça (Tab.20). O óleo de peixe, por sua vez, não alterou significativamente os teores de ácido palmítico na gema (Tab.23). As médias obtidas, 22,92% e 23,03%, respectivamente, para as dietas contendo ou não óleo de peixe

mostraram-se muito próximas (Tab.20).

O ácido esteárico ( $C_{18:0}$ ) revelou, em relação à linhaça, comportamento oposto ao do ácido palmítico quanto à sua deposição na gema do ovo, sendo incrementado com o aumento de linhaça na ração. As diferenças foram julgadas significativas a partir da inclusão de 28% de linhaça na dieta (Tab.20 e 23). O óleo de peixe não se mostrou efetivo em alterar significativamente os teores de ácido esteárico na gema (Tab.20 e 23).

Quanto ao total de ácidos graxos saturados depositados na gema do ovo, foi assinalado efeito significativo da linhaça moída adicionada à ração (Tab.23). A incorporação de 21%, 28% e 35% de linhaça à dieta determinou médias de ácidos graxos saturados totais (30,68%, 30,00% e 29,54%, respectivamente) significativamente mais baixas em comparação à assinalada para rações isentas de linhaça (34,69% – Tab.22). O óleo de peixe não afetou significativamente os percentuais dos ácidos graxos saturados totais na gema (Tab.23).

#### **4.2.5.2 Ácidos graxos monoinsaturados**

O teor de ácido palmitoléico ( $C_{16:1 \text{ n-7}}$ ) foi significativamente aumentado com a inclusão de óleo de peixe à dieta, enquanto que a elevação dos percentuais de linhaça na ração causaram efeito contrário, isto é, redução dos teores de ácido palmitoléico, de significado estatístico

quando 35% de linhaça foi utilizado. Em relação aos teores de ácido oléico ( $C_{18:1 \ n-9}$ ) e ácido gadoléico ( $C_{20:1 \ n-9}$ ) na gema, não foram assinaladas diferenças de significado estatístico entre os tratamentos (Tab.19) ou entre as concentrações de óleo de peixe e linhaça utilizadas (Tab.20), conforme é mostrado pela análise de variância (Tab.23).

Em relação ao teor total de monoinsaturados na gema, de acordo com a Tab.21, não foram consignadas alterações significativas dos valores obtidos pelos tratamentos contendo concentrações crescentes de linhaça na presença ou ausência de óleo de peixe na dieta, quando comparados com o grupo CON. A utilização de óleo de peixe isoladamente (P) foi responsável por maior acúmulo de monoinsaturados (42,07%) em relação aos tratamentos contendo linhaça (Tab.21). A Tab.22 mostra que a concentração de monoinsaturados foi significativamente reduzida com a utilização de 35% de linhaça (37,63%) na ração, quando comparada à média do grupo sem adição de linhaça (40,25%). Já a utilização de 2% de óleo de peixe determinou efeito contrário, isto é, aumento significativo do teor de monoinsaturados na gema (Tab.22). A análise de variância (Tab.24) ressalta as diferenças significativas encontradas entre tratamentos e diferentes teores de óleo de peixe e linhaça, em relação ao teor total de monoinsaturados na gema.

#### 4.2.5.3 Ácidos graxos poliinsaturados (PUFAs)

A modificação mais acentuada obtida no perfil dos PUFAs da gema foi em relação ao teor de ácido linolênico ( $C_{18:3\ n-3}$ ), aumentado de forma significativa e crescente conforme a concentração de linhaça se elevou (Tabs.19 e 20, Fig.7). A análise de variância, aplicada aos valores de ácido linolênico da gema do ovo evidenciou efeito significativo ( $p \leq 0,01$ ) dos tratamentos, óleo de peixe e linhaça sobre os resultados obtidos (Tab.23).

Para as mesmas concentrações de linhaça, os teores de ácido linolênico mostraram tendência a elevação quando o óleo de peixe foi acrescentado, sendo que a maior concentração de linhaça (LIN35+P) produziu o valor mais elevado de ácido linolênico (12,62%), superior ao obtido sem o óleo de peixe (LIN35 - 10,57%), enquanto que o grupo CON apresentou o teor mais reduzido (0,30%) deste ácido graxo na gema (Tab.19). O valor médio de ácido linolênico, incluindo-se todos os grupos que receberam óleo de peixe (7,07%), foi significativamente superior à média consignada sem inclusão deste ingrediente na dieta (6,11% - Tab.20).

Os PUFAs n-3 de cadeia longa (EPA, DPA e DHA), providos pelo óleo de peixe, estão presentes em quantidades muito reduzidas na ração (Tab.8), proporcionando aumento maior nas gemas provenientes de aves alimentadas com dietas apresentando teores de linhaça superiores a 7% (Tab.20 e Fig.8).

O EPA ( $C_{20:5 \text{ n-3}}$ ) só foi detectado na gema a partir do tratamento LIN14 (0,03%), sofrendo aumento significativo apenas com o teor mais elevado de linhaça na dieta (LIN35 - 0,21%). Com a adição de 2% de óleo de peixe, o EPA sofreu aumento gradual e significativo a partir da utilização de 7% de linhaça (LIN21+P), quando atingiu média de 0,19% para alcançar valores máximos de 0,38% e 0,48% nos grupos LIN28+P e LIN35+P, respectivamente (Tab.19). Os teores médios de EPA na gema, alcançados incrementando-se a concentração de linhaça moída na ração, independentemente da adição do óleo de peixe, foram progressivamente elevados de 0,06% (0% de linhaça) a 0,35% (35% de linhaça - Tab.20). A concentração média de EPA nos ovos provenientes dos grupos alimentados com ração adicionada de óleo de peixe, considerando-se os diferentes teores de linhaça utilizados, foi significativamente aumentada para 0,28%, quando comparada com aquela auferida (0,06%) para o grupo isento de óleo de peixe (Tab.20). A análise de variância dos teores de EPA na gema mostrou diferenças significativas entre tratamentos e concentrações de óleo de peixe e linhaça da dieta (Tab.23).

O DPA ( $C_{22:5 \text{ n-3}}$ ), também presente em pequenas concentrações, não foi encontrado nas gemas provenientes do tratamento LIN7 (Tab.19). Não foram assinaladas diferenças de significado estatístico mediante utilização de linhaça ou óleo de peixe, entre os diferentes tratamentos (Tab.23); porém, a utilização do teor mais elevado de linhaça combinado ao óleo de peixe (LIN35+P) determinou a concentração mais elevada de DPA (0,39%) na gema (Tab.19). Apesar de não terem sido consignadas

diferenças de significado estatístico, o aumento do teor de linhaça na ração mostrou tendência a elevar a deposição de DPA na gema (Tab.20).

O DHA ( $C_{22:6 \text{ n-3}}$ ), por sua vez, apresentou diferenças julgadas estatisticamente significativas ( $p \leq 0,01$ ) entre tratamentos. Dentre os PUFAs n-3 de cadeia longa, o DHA foi significativamente aumentado na gema pela adição de linhaça à dieta, sendo este incremento mais marcante nos tratamentos que tiveram suplementação de óleo de peixe cujos teores de DHA na gema situaram-se entre 2,08% e 2,46% (Tab.19), significativamente maiores que a média obtida para o grupo CON (0,23%) e para os tratamentos onde o óleo de peixe não foi combinado à linhaça (entre 1,29% e 1,67%). Os valores médios de DHA (Tab.20) obtidos nos ovos provenientes de grupos com mesma concentração de linhaça, adicionados ou não de óleo de peixe, mostraram que a linhaça produziu aumento significativo deste ácido graxo já a partir da utilização de 7% na dieta; porém, esta elevação não foi progressiva, mantendo-se relativamente constante com a elevação das concentrações da linhaça na ração. Dentre todos os ácidos graxos analisados, apenas o DHA sofreu influência da interação "P x LIN" (Tab.23).

Os resultados das Tabs. 21 e 22 mostram que o total de PUFAs n-3 foi significativamente elevado pela adição de linhaça e óleo de peixe combinados na ração, sendo que o maior valor atingido foi de 15,82% para o tratamento LIN35+P, e o menor, observado no grupo CON (0,70% - Tab.21). A Fig.9 ilustra o aumento do total de PUFAs n-3 na gema acompanhando a elevação do total de PUFAs n-3 na ração, decorrente do

aumento dos teores de linhaça dietética.

As Figs.7, 8 e 9 expressam graficamente os teores de ácido linolênico, PUFA's n-3 de cadeia longa (EPA, DPA e DHA) e total de PUFA's n-3 presentes na ração e na gema, respectivamente, de acordo com os diferentes percentuais de linhaça na ração, considerando-se ambos os níveis de óleo de peixe utilizados (Tab.20).

Figura 7 – Teores médios de ácido linolênico na ração e na gema do ovo (% do total de ácido graxos), de acordo com as concentrações de linhaça na ração - São Paulo - 2000 (Dados das Tabs.8 e 20)

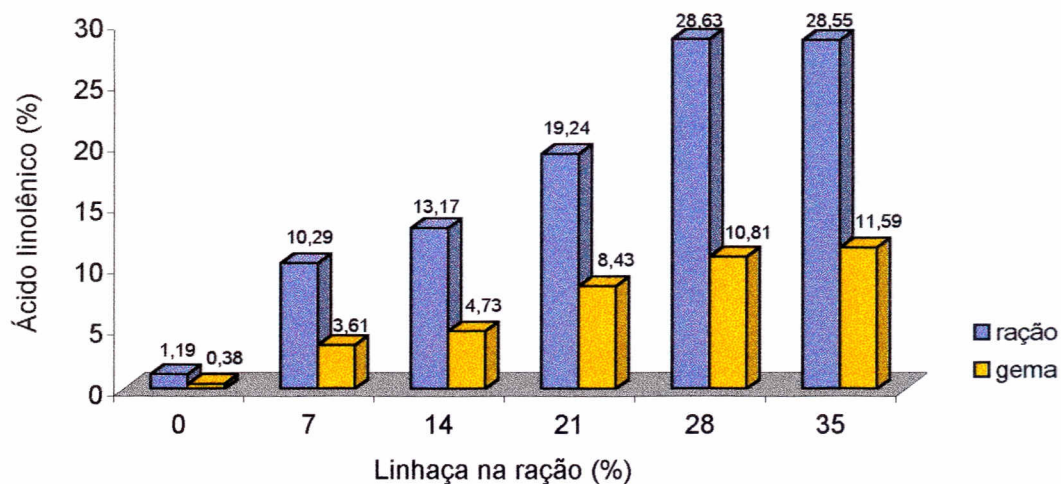


Figura 8 – Teores médios de PUFAs n-3 de cadeia longa (EPA + DPA + DHA) na ração e na gema do ovo (% do total de ácido graxos), conforme as concentrações de linhaça na ração – São Paulo – 2000 (Dados das Tabs.8 e 20)

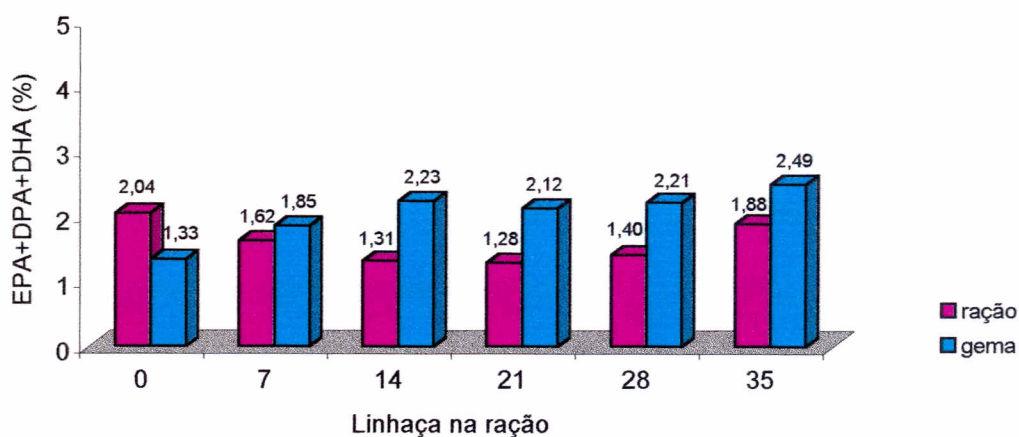
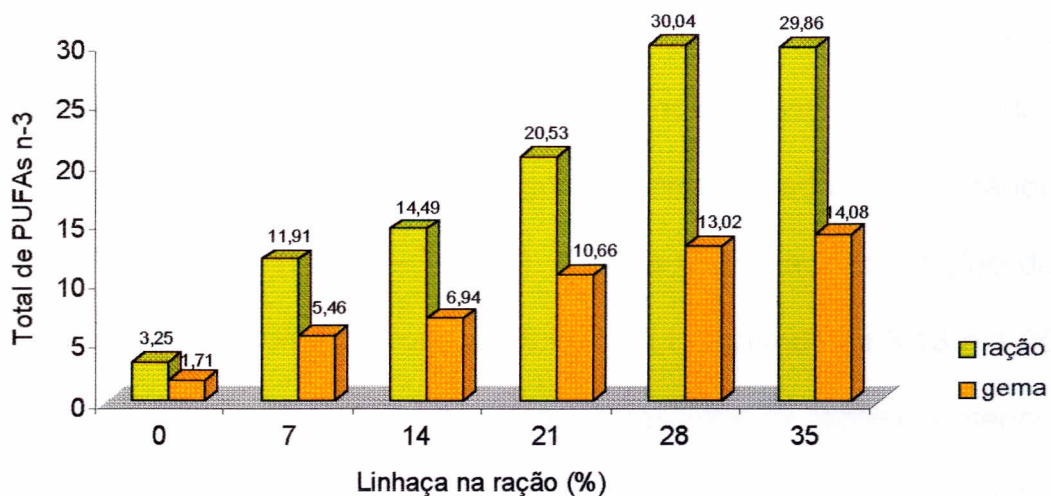




Figura 9 – Teores totais de PUFA n-3 na ração e na gema do ovo (% do total de ácido graxos), de acordo com as concentrações de linhaça na ração - São Paulo - 2000



Os teores de ácido linoléico ( $C_{18:2\ n-6}$ ) e de ácido araquidônico ( $C_{20:4\ n-6}$ ) na gema foram significativamente reduzidos (Tab.19 e 20) com a adição à dieta de linhaça e de óleo de peixe, associados ou não, sendo que a inclusão concomitante destes dois ingredientes provocou diminuição acentuada do total de PUFA n-6 na gema (Tab.21). Esta redução mostrou-se significativa a partir do tratamento LIN14 (22,23%), sem a inclusão de óleo de peixe na ração, e em todos os tratamentos onde este mesmo ingrediente esteve presente, em especial para LIN21+P (16,65%), LIN28+P (16,12%) e LIN35+P (16,53% - Tab.21).

A adição de linhaça e óleo de peixe, de forma isolada ou conjunta, produziu reduções significativas na relação n-6/n-3 da gema (Tabs.21 e 22). No caso da linhaça, considerando-se valores médios dentro

do mesmo teor deste ingrediente, com ou sem a adição de óleo de peixe, verificou-se que a redução da relação n-6/n-3 foi acentuada e significativa já a partir de 7% de linhaça na ração, permanecendo em valores baixos decrescentes ao longo dos demais teores de linhaça (Tab.22). Enquanto que no grupo CON essa relação foi de 39,62; nos grupos suplementados apenas com linhaça os valores foram significativamente reduzidos, variando de 5,57 (LIN7) a 1,71 (LIN35 – Tab.21). Apenas com a adição de óleo de peixe (P) a relação n-6/n-3 encontrada foi de 8,11, variando de 3,13 a 1,05 quando teores crescentes de linhaça foram acrescentados às rações contendo óleo de peixe (Tab.21). A relação n-6/n-3 foi significativamente ( $p \leq 0,01$ ) afetada pela interação “P x LIN” (Tab.24).

A elevação das concentrações de linhaça moída em rações contendo óleo de peixe determinou aumento progressivo do teor total de PUFA's nos ovos (Tabs.21 e 22). Esta elevação apresentou significado estatístico nos tratamentos LIN21 (31,50%), LIN28 (32,87%), LIN35 (33,31%), LIN28+P (30,27%) e LIN35+P (32,36%), em relação ao grupo CON (25,91% - Tab.21). Tanto a adição de óleo de peixe como de linhaça moída, isoladamente, foram responsáveis por elevação significativa do teor de PUFA's na gema, conforme mostra os valores médios calculados, de acordo com o teor destes ingredientes, apresentados na Tab.22.

A análise de variância aplicada aos teores de PUFA's, relação P/S, total de n-6, total de n-3 e relação n-6/n-3 mostraram diferenças julgadas significativas entre tratamentos estudados e teores de óleo de peixe e linhaça utilizados na ração (Tab.24).

Por sua vez, a relação entre poliinsaturados e saturados (P/S) na gema foi aumentada progressivamente, em relação ao CON (0,73), devido ao incremento da linhaça, apresentando significado estatístico a partir dos grupos LIN21 (1,07), sem a adição de óleo de peixe, e LIN28+P (0,99), com suplementação do mesmo (Tab.21). A inclusão do óleo de peixe na dieta determinou redução significativa da relação P/S na gema (Tabs.22 e 24).

#### **4.2.5.3.1 Relação entre teores dietéticos de linhaça e de ácido linolênico e concentrações de PUFAs na gema**

Os coeficientes de correlação e de determinação, bem como as equações de regressão calculados entre teores de linhaça e de ácido linolênico na ração e concentrações dos principais PUFAs na gema estão apresentados na Tab.25.

Tabela 25 – Coeficientes de correlação e ( $r$ ) e de determinação ( $r^2$ ) equações de regressão entre teores de linhaça e de ácido linolênico na ração e concentrações dos principais ácidos graxos poliinsaturados e relação n-6/n-3 da gema - São Paulo - 2000

TEORES DE ÁCIDOS GRAXOS NA GEMA	RAÇÃO	
	Teores de Linhaça	Teores de Ácido Linolênico (C <sub>18:3 n-3</sub> )
Linolênico (C <sub>18:3 n-3</sub> )	$r = 0,9729^*$ $r^2 = 0,9465$ $y = 0,3157x + 0,5867^a$	$r = 0,9456^*$ $r^2 = 0,8942$ $y = 0,3665x + 0,4199^c$
EPA (C <sub>20:5 n-3</sub> )	$r = 0,7601^*$ $r^2 = 0,5777$ $y = 0,0055x - 0,0343^a$	$r = 0,7374^*$ $r^2 = 0,5438$ $y = 0,0063x - 0,0363^c$
DPA (C <sub>22:5 n-3</sub> )	$r = 0,0656^{ns}$ $r^2 = 0,0043$	$r = 0,0171^{ns}$ $r^2 = 0,0003$
DHA (C <sub>22:6 n-3</sub> )	$r = 0,6071^*$ $r^2 = 0,3686$ $y = 0,0257x + 0,7989^a$	$r = 0,5699^*$ $r^2 = 0,3248$ $y = 0,0288x + 0,8019^c$
Araquidônico (C <sub>20:4 n-6</sub> )	$r = -0,7982^*$ $r^2 = 0,6371$ $y = -0,0197x + 1,6611^a$	$r = -0,7807^*$ $r^2 = 0,6095$ $y = -0,0230x + 1,6724^c$
PUFAs n-3	$r = 0,9663^*$ $r^2 = 0,9337$ $y = 0,3479x + 1,4497^a$	$r = 0,9335^*$ $r^2 = 0,8714$ $y = 0,4014x + 1,3081^c$
Relação n-6/n-3	$r = 0,6709^*$ $r^2 = 0,4501$ $y = -0,8277x + 23,6116^b$	$r = 0,6764^*$ $r^2 = 0,4575$ $y = -0,9968x + 24,5985^d$

\* significativo para o nível de significância adotado ( $p < 0,05$ )

<sup>ns</sup> não significativo para o nível de significância adotado ( $p < 0,05$ )

<sup>a</sup> onde "y" é o teor do ácido graxo na gema (% do total de ácidos graxos) e "x" o teor da linhaça na ração (%)

<sup>b</sup> onde "y" é o valor da relação n-6/n-3 na gema e "x" o teor da linhaça na ração (%)

<sup>c</sup> onde "y" é o teor do ácido graxo na gema (% do total de ácidos graxos) e "x" o teor da ácido linolênico na ração (%)

<sup>d</sup> onde "y" é o valor da relação n-6/n-3 na gema e "x" o teor de ácido linolênico na ração (%)

A Tab.25 mostra que existe correlação positiva entre a concentração de linhaça e de ácido linolênico na ração e o teor de ácido linolênico na gema, sendo os coeficientes de correlação linear encontrados de  $r = 0,9729$  e  $r = 0,9456$ , respectivamente. As equações de regressão são expressas como  $y = 0,3157x + 0,5867$  e  $y = 0,3665x + 0,4199$ , onde "y" é o

teor de ácido linolênico (% do total de ácidos graxos) na gema, em ambas as equações e “x” o teor da linhaça (%) e de ácido linolênico (%) na ração, respectivamente. Em base nos coeficientes de determinação ( $r^2$ ) pode-se afirmar que 89,42% da variabilidade dos teores de ácido linolênico da gema são atribuídos à sua concentração na dieta.

Comportamento similar pôde ser observado em relação ao EPA na gema (Tab.25). Ao serem considerados os teores de linhaça nas rações, foi obtido valor de  $r = 0,7601$  e equação de regressão expressa como  $y = 0,0055x - 0,0343$ , onde “y” é o teor de EPA (% do total de ácidos graxos) na gema e “x” o teor da linhaça (%) na ração. Considerando-se os teores de ácido linolênico das rações, a correlação também mostrou-se significativa, com  $r = 0,8668$ , sendo  $y = 0,0063x - 0,0363$ , onde “y” é o teor de EPA (% do total de ácidos graxos) na gema e “x” o teor de ácido linolênico (%) na ração. O valor de  $r^2$  obtido permite inferir que 54,38% da variabilidade dos percentuais de EPA na gema do ovo são devidos aos teores de ácido linolênico na dieta.

O teor de DPA na gema não mostrou relação com os teores de linhaça e de ácido linolênico na ração, sendo os coeficientes de correlação não significativos, com valores de  $r = 0,056$  e  $r = 0,0171$ , respectivamente (Tab.25).

Em relação ao DHA, tanto as concentrações de linhaça, como as de ácido linolênico influenciaram a deposição deste PUFA n-3 na gema (Tab.25), sendo os coeficientes de correlação linear significativos ( $r = 0,6071$  e  $r = 0,5699$ , respectivamente). As equações de regressão obtidas

são expressas como  $y = 0,0257x + 0,7989$ , onde “y” é o teor de DHA (% do total de ácidos graxos) na gema e “x” o teor da linhaça (%) na ração, e  $y = 0,0288x + 0,8019$ , onde “y” é o teor de DHA (% do total de ácidos graxos) na gema e “x” o teor de ácido linolênico (%) na ração. Os resultados de  $r^2$  permitem concluir que 32,48% da variabilidade do DHA na gema dependem dos teores de ácido linolênico na dieta.

O teor de ácido araquidônico na gema sofreu influência da concentração de linhaça e de ácido linolênico dietéticos, sendo que o aumento destes na ração determinou reduções da deposição deste ácido graxo na gema. Os coeficientes de correlação calculados foram  $r = -0,7982$  para os teores de linhaça, e  $r = -0,7807$  para as concentrações de ácido linolênico na ração, mostrando correlação negativa entre essas variáveis. As equações de regressão obtidas (Tab.25), são expressas como  $y = -0,0197x + 1,6611$ , onde “y” é o teor de ácido araquidônico (% do total de ácidos graxos) na gema e “x” o teor de linhaça (%) na ração, e  $y = -0,0230x + 1,6724$ , onde “y” é o teor de ácido araquidônico (% do total de ácidos graxos) na gema e “x” o teor de ácido linolênico (%) na ração.

Os coeficientes de correlação linear, obtidos nas inter-relações entre os teores de linhaça e de ácido linolênico na ração e o total de PUFAs n-3 na gema, mostraram-se significativos com valores de  $r = 0,9663$  e  $r = 0,9335$ , para rações isentas e contendo 2% de óleo de peixe, respectivamente. As equações de regressão, expressas como  $y = 0,3479x + 1,4497$  e  $y = 0,3726x + 3,2238$ , sendo “y” o teor total de PUFAs n-3 (% do total de ácidos graxos) na gema e “x” o teor da linhaça (%) na ração, para

rações isentas e adicionadas de óleo de peixe, respectivamente, evidenciaram que o teor de PUFA n-3 aumentou conforme o teor de linhaça na ração se elevou. Consignou-se que 84,14% da variabilidade dos PUFA n-3 na gema do ovo estão na dependência dos teores de ácido linolênico da dieta.

Por fim, as inter-relações entre teor de linhaça e de ácido linolênico dietéticos e relação n-6/n-3 na gema do ovo mostraram-se lineares, apresentando coeficientes de correlação negativos significativos com valores de  $r = -0,6709$  e  $r = -0,6764$ , respectivamente (Tab.25). As equações de regressão indicam que a relação n-6/n-3 decresceu à medida que os teores de linhaça e de ácido linolênico aumentaram na ração (Tab.25) e são expressas como:  $y = -0,8277x + 23,6116$  e  $y = -0,9968x + 24,5985$ , sendo “y” é o valor da relação n-6/n-3 na gema em ambas as equações, e “x” o teor de linhaça (%) e de ácido linolênico (% do total de ácidos graxos) na ração, respectivamente.

#### **4.2.6 Sabor e odor dos ovos**

A Tab.26 mostra o resumo dos resultados da avaliação para odor e sabor dos ovos, de acordo com os tratamentos preconizados.

Tabela 26 – Resumo dos resultados da avaliação de odor e sabor dos ovos - São Paulo - 2000

TRAT	P (%)	LIN (%)	ODOR			SABOR		
			FREQ.	GRAU	NOTA	FREQ.	GRAU	NOTA
CON	0	0	0/6 <sup>a*</sup>	-	-	0/6 <sup>a</sup>	-	-
LIN7	0	7	0/6 <sup>a</sup>	-	-	0/6 <sup>a</sup>	-	-
LIN14	0	14	0/6 <sup>a</sup>	-	-	1/6 <sup>a</sup>	regular (1)	3
LIN21	0	21	0/6 <sup>a</sup>	-	-	0/6 <sup>a</sup>	-	-
LIN28	0	28	0/6 <sup>a</sup>	-	-	1/6 <sup>a</sup>	fraco (1)	6
LIN35	0	35	0/6 <sup>a</sup>	-	-	0/6 <sup>a</sup>	-	-
P	2	0	0/6 <sup>a</sup>	-	-	2/6 <sup>ab</sup>	fraco (1) regular (1)	2,5
LIN7+P	2	7	0/6 <sup>a</sup>	-	-	2/6 <sup>ab</sup>	fraco (1) fraco (1)	3,5
LIN14+F	2	14	0/6 <sup>a</sup>	-	-	1/6 <sup>a</sup>	fraco (1)	4
LIN21+F	2	21	0/6 <sup>a</sup>	-	-	2/6 <sup>ab</sup>	fraco (1) fraco (1)	5
LIN28+F	2	28	1/6 <sup>a</sup>	fraco (1)	4	5/6 <sup>b</sup>	fraco (2) regular (1) intenso (2)	2,6
LIN35+F	2	35	1/6 <sup>a</sup>	fraco (1)	4	4/6 <sup>b</sup>	fraco (3) intenso (1)	3
TOTAL			0/72			18/72		

Caso houvesse percepção de odor ou sabor diferente ao do ovo, pediu-se que tal odor ou sabor fosse descrito, bem como sua intensidade (fraco, regular ou forte) e aceitação, seguindo uma escala hedônica, que variou do “desgostei muitíssimo” ao “gostei muitíssimo”, onde o escore de pontos foi de 1 a 9.

\* Frequências com letras distintas na coluna denotam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Qui-Quadrado.

Gema com odor de peixe foi detectada por um dentre seis painelistas, apenas nos tratamentos adicionados de 2% de óleo de peixe e associados a teores elevados de linhaça (LIN28+P e LIN35+P) na dieta.



Este odor foi considerado de intensidade fraca e de média aceitação (nota 4, “desgostei ligeiramente”), em ambos os casos (Tab.26).

No relativo ao sabor, a adição de linhaça à ração, nos tratamentos LIN14 e LIN28 possibilitou uma descrição, dentre as seis amostras testadas, de sabor diferente ao de ovos comerciais normais, sendo a frequência destas observações sem significado estatístico (Tab.26). Na amostra do tratamento LIN14, foi descrito sabor de “noz rançosa”, recebendo como avaliação de aceitação nota 3 (“desgostei regularmente”). No tratamento LIN28, percebeu-se sabor adocicado, recebendo nota 6 (“gostei ligeiramente”).

Com a adição de óleo de peixe, percebeu-se sabor diferente ao de ovos normais em todos os tratamentos, porém a alteração do sabor dos ovos foi de significado estatístico apenas nos tratamentos com concomitante utilização de teores elevados de linhaça (LIN28+P e LIN35+P). Quando apenas o óleo de peixe foi adicionado (P), o sabor de peixe foi descrito por dois dos painelistas, que o perceberam com intensidade fraca e regular e atribuíram nota 3 (“desgostei regularmente”) e 2 (“desgostei muito”), respectivamente, para as amostras testadas (Tab.26). Com 7% de linhaça e 2% de óleo de peixe (LIN7+P), o sabor de peixe também foi descrito por dois dos painelistas, que o perceberam fracamente e atribuíram nota 3 (“desgostei regularmente”) e 4 (“desgostei ligeiramente”) aos ovos. No tratamento LIN14+P, atribuiu-se nota 4 à única amostra em que se detectou sabor fraco de peixe, enquanto que no LIN21+P, dois dos painelistas perceberam sabor (não descrito) de intensidade fraca, atribuindo-se nota 5

("indiferente") ao ovo. No grupo LIN28+P, dentre as cinco amostras onde foi detectado sabor diferente, duas não tiveram o sabor identificado, sendo este de intensidade fraca e resultando em média aceitação (notas 4 e 5) dos ovos. Nas outras três amostras, identificou-se o sabor de peixe, percebido fortemente por dois dos painelistas, sendo estas amostras de baixa aceitação (nota 2, nas três avaliações). No tratamento com o teor mais elevado de linhaça associado ao óleo de peixe (LIN35+P), dentre as seis amostras testadas, em quatro detectou-se sabor de peixe, considerado fraco por três painelistas e forte por um deles, resultando em baixa aceitação (média 3) das amostras.

## **5 DISCUSSÃO**

### **5.1 Desempenho produtivo das aves**

No presente experimento, a adição de linhaça à dieta resultou em diminuição significativa de todos os parâmetros produtivos das aves, enquanto que a inclusão de 2% de óleo de peixe determinou redução de significado estatístico apenas no peso dos ovos (Tabs.11 e 12).

### 5.1.1. Peso dos ovos

A redução do peso dos ovos associada a dietas ricas em PUFA's n-3 tem sido verificada por vários pesquisadores (MARSHALL *et al.*, 1994a; OH *et al.*, 1994, HERBER e VAN ELSWYK, 1996). A diminuição significativa do peso médio dos ovos assinalada para as aves alimentadas com rações contendo a partir de 14% de linhaça moída na dieta, em relação aos grupos alimentados com ração isenta deste ingrediente (Tab.11), está em concordância com SCHEIDELER e FRONING (1996), que observaram redução significativa no peso dos ovos produzidos por aves alimentadas com 5% e 15% de semente de linhaça inteira ou moída após 8 semanas de experimento. Por outro lado, JIANG *et al.* (1991a), utilizando 15% de linhaça inteira na dieta, não consignaram efeito sobre o peso dos ovos em aves alimentadas durante 4 semanas. Provavelmente, neste caso, o período experimental não teria sido suficiente para determinar diminuição no peso dos ovos, além do fato de a linhaça ter sido fornecida inteira, o que poderia diminuir seus efeitos em relação aos grãos moídos. BAUCELLS *et al.* (2000) também não observaram efeito sobre o peso dos ovos mediante uso de 4% de óleo de linhaça na ração durante 14 semanas.

O peso médio do ovo, encontrado para os tratamentos adicionados de óleo de peixe, foi estatisticamente menor que o obtido para os isentos deste ingrediente, considerando-se todos os teores de linhaça utilizados (Tab.11). HULAN (1988) também assinalou redução da porcentagem de ovos grandes e extras produzidos por aves alimentadas

com 12% de farinha de arenque. Muitos estudos têm apontado efeito negativo no desempenho produtivo com uso de óleo de peixe na ração de poedeiras, destacando-se a redução do peso dos ovos (WHITEHEAD *et al.*, 1993; VAN ELSWYK *et al.*, 1995; NASH *et al.*, 1996; SANTOS *et al.*, 1998). HARGIS e VAN ELSWYK (1993) reportaram que ovos provenientes de aves alimentadas com 3% de óleo de savelha produziram ovos com peso médio 3g inferior aos produzidos pelo grupo controle. VAN ELSWYK (1997b) observou redução no peso dos ovos quando 1,5% de óleo de savelha foi administrado a aves com 24 semanas de idade, o que não ocorreu no mesmo estudo quando esta mesma porcentagem foi fornecida a aves com 56 semanas de idade. GONZALEZ-ESQUERRA e LEESON (2000a) também reportaram queda de 0,21 a 0,36 g no peso dos ovos a cada 1% de óleo de savelha incluído na dieta, até o máximo de 4%.

No presente experimento, houve redução no peso médio dos ovos provenientes dos tratamentos com linhaça associada ao óleo de peixe, em relação aos grupos alimentados com mesmos teores de linhaça porém sem óleo de peixe, indicando efeito potencializado quando estes dois ingredientes foram incorporados conjuntamente na ração. Entretanto, a suplementação isolada do óleo de peixe (P), não determinou alteração significativa do peso dos ovos em relação ao CON (Tab.10), achado confirmado por alguns autores (YU e SIM, 1987; HARGIS *et al.*, 1991; NASH *et al.* 1996). BAUCCELLS *et al.* (2000) também não verificaram prejuízo no desempenho produtivo das poedeiras alimentadas com 4% de óleo de peixe ou com óleo de peixe associado ao óleo de linhaça.

### 5.1.2 Índice de postura

O índice de postura sofreu redução significativa a partir da adição de 28% de linhaça moída à ração, em relação aos grupos alimentados com ração isenta deste ingrediente (Tabs.10 e 11). Esses dados concordam com os achados de AYMOND e VAN ELSWYK (1995), que consignaram redução da taxa de postura em aves alimentadas com 15% de linhaça na ração. Por outro lado, JIANG *et al.* (1991a) não consignaram efeito sobre a postura de aves alimentadas com linhaça inteira a 15% na ração durante 4 semanas. O curto período experimental e o fato de a linhaça ter sido fornecida inteira poderiam, provavelmente, explicar a ausência de queda de postura das aves.

A presença de ácido fítico na semente de linhaça, responsável pela redução do metabolismo protéico (CALDWELL, 1992; RAVINDRAN *et al.*, 1995), além de glicosídeos cianogênicos, potencialmente tóxicos (CHADHA *et al.*, 1995) e da mucilagem que também pode afetar a utilização de nutrientes (PALMER *et al.*, 1980) pode ter causado a redução dos índices produtivos, como peso dos ovos e taxa de produção, das aves alimentadas com elevados teores de linhaça na dieta, no presente estudo. GONZALEZ-ESQUERRA e LEESON (2000b) reportaram diarreia em frangos mediante fornecimento de linhaça moída de 5 a 20% na ração, mais severa quanto maior o teor deste ingrediente. SCHELEIDER e FRONING (1996) consignaram efeitos laxativos em galinhas poedeiras alimentadas com linhaça. No presente experimento também notou-se a presença de

fezes mais líquidas nos tratamentos com elevado teor de linhaça. Este aumento do trânsito intestinal provavelmente deve ter influenciado a absorção dos nutrientes da dieta reduzindo o desempenho produtivo das aves. Na medicina tradicional, uma colher de sopa (aproximadamente 10 g) de xarope de linhaça é usada como laxativo para seres humanos (ROSLING, 1993).

A suplementação de óleo de peixe à 2% na dieta não causou alteração no índice de postura em relação aos grupos alimentados com ração isenta deste ingrediente (Tab.11), concordando com GONZALEZ-ESQUERRA e LEESON (2000a), que não consignaram redução da taxa de postura com a inclusão de até 4% de óleo de savelha na ração. SCHEIDELER e FRONING (1996) reportaram aumento da produção de ovos com a inclusão de 1,5% de óleo de savelha (93,0%), em comparação com uma dieta controle isocalórica (83,1%). Por outro lado, ADAMS *et al.* (1989) verificaram parada da postura quando aves foram alimentadas com 6% de óleo rico em PUFAs n-3.

Na presente pesquisa, o óleo de peixe adicionado à dieta revelou efeito interativo com a linhaça (Tab.12), reduzindo sua ação depressiva sobre a postura, muito bem evidenciada nas aves que receberam ração contendo 35% de linhaça (Tab.10). Esta interação, também significativa para os índices de conversão alimentar (Tab.12) foi reflexo dos efeitos observados em relação ao índice de postura deste mesmo grupo de aves.

### 5.1.3. Consumo alimentar

No presente experimento, a redução do consumo alimentar causada por teores mais elevados de linhaça (Tabs.10 e 11) foi fator relevante para a diminuição do peso dos ovos e da taxa de postura. A inclusão deste ingrediente a partir de 21% na ração determinou diminuição significativa do consumo (Tab.11). Esta redução foi mais evidente na primeira semana experimental (Fig.4), podendo-se observar elevação do consumo a partir da quinta semana, provavelmente devido à adaptação das aves ao ingrediente utilizado.

A queda de consumo observada no presente experimento concorda com achados anteriores, onde aves alimentadas com dietas contendo 5% e 15% de linhaça apresentaram baixo consumo alimentar e menor peso corporal (SCHEIDELER e FRONING, 1996; VAN ELSWYK, 1997a).

A formação de massa alimentar aderente no bico da ave, devido a mucilagem presente na linhaça parece reduzir a habilidade da ave de se alimentar o que diminui o seu consumo (PALMER *et al.*, 1980; MCDONALD *et al.*, 1981), como foi observado no presente experimento.

A adição de óleo de peixe à ração não determinou alteração significativa no consumo das aves (Tab.11 e 12), concordando com BAUCELLS *et al.* (2000), que não verificaram problemas de palatabilidade das rações quando poedeiras foram alimentadas com 4% de óleo de peixe. A redução de consumo foi assinalada por GONZALEZ-ESQUERRA e



LEESON (2000a) apenas após 9 meses de experimento com uso de 4% de óleo de savelha na dieta, período experimental e teor de óleo de peixe superiores aos utilizados do presente estudo.

## 5.2 Qualidade do ovo

A adição de linhaça a 35% (LIN35) na ração das aves determinou aumento significativo da gravidade específica dos ovos (Tab.13) em relação ao grupo controle (CON), o que, indiretamente, representa um aumento da espessura da casca. Existem evidências de que a gravidade específica dos ovos aumenta com a redução do peso do ovo (FROST *et al.*, 1990). De fato, os pesos médios dos ovos provenientes dos grupos que receberam a linhaça a 35% na dieta foram significativamente diminuídos (Tabs.10 e 11), atingindo os menores valores dentre os tratamentos estudados.

Nossos resultados discordam, no entanto, daqueles obtidos por JIANG *et al.* (1991a) que não observaram efeitos da adição de 15% de semente de linhaça inteira sobre a gravidade específica de ovos quando as aves foram submetidas a essa dieta durante 4 semanas; e por SCHEIDELER e FRONING (1996) que consignaram redução na porcentagem de casca ao fornecerem linhaça na dieta de aves.

No presente experimento foi observada alteração significativa dos valores de unidades Haugh devido à inclusão de linhaça à dieta (Tab.15). As aves alimentadas com teores mais elevados de linhaça (21%, 28% e

35%) produziram ovos com menor qualidade do albúmen, em relação às aves alimentadas com ração isenta de linhaça (0%) ou com 7% deste ingrediente (Tab.14). Pesquisas anteriores, empregando dietas ricas em PUFAs n-3 mediante a utilização de 15% de linhaça inteira (JIANG *et al.*, 1991a; 1992), ou de 12% de farinha de arenque (HULAN, 1988), ou de 3,5% de óleo de savelha ou de linhaça (CHERIAN *et al.*, 1996a) não assinalaram efeito sobre a altura do albúmen. Entretanto, esses últimos autores, após 30 dias de armazenagem dos ovos a 4°C observaram redução dos valores de unidades Haugh naqueles oriundos de galinhas que receberam dieta contendo óleo de linhaça, enquanto que os ovos produzidos pelas aves alimentadas com óleo de peixe permaneceram com os valores de unidade Haugh inalterados.

AHN *et al.* (1995) não consignaram alterações nos valores de unidades Haugh em ovos com teores elevados de PUFAs n-3 comparados com ovos convencionais, quando frescos ou armazenados durante 4 semanas a 4°C, produzidos por aves alimentadas com 3% de ácido linolênico na ração.

### **5.3 Teores de colesterol nos ovos**

Embora não tenham sido assinaladas alterações significativas do teor de colesterol na gema entre os tratamentos estudados, quando expresso em mg/gema (Tabs.16 e 17), o valor médio de colesterol, expresso

em mg/g de gema, foi significativamente elevado devido a utilização de 35% de linhaça na dieta, considerando-se todos os grupos, adicionados ou não de óleo de peixe (Tab.17). O aumento do teor de colesterol também foi verificado por NABER (1983) com o uso de fontes ricas em PUFAs. Entretanto, no presente experimento, enquanto houve aumento do teor de colesterol, em mg/g de gema, foi evidenciada concomitante diminuição significativa do peso médio das gemas analisadas provenientes dos grupos alimentados com 35% de linhaça (15,1 g) em relação àqueles alimentados com ração isenta deste ingrediente (16,2 g - Tab.17). Isto mostra que a linhaça a 35% elevou de forma significativa a concentração do colesterol na gema, expressa em mg por g, mas como esta gema era cerca de 1 g menor que as provenientes de grupos alimentados com ração isenta de linhaça, o teor de colesterol total na gema foi reduzido (229,7 mg/gema) aproximando-se daquele obtido mediante alimentação sem este ingrediente (222,7 mg/gema - Tab.17).

Além da redução do consumo de ração, esta diminuição do tamanho e peso das gemas e ovos provenientes de aves alimentadas com 35% de linhaça moída (Tab.17) pode estar, ainda, relacionada ao metabolismo lipídico e hepático influenciado pelos PUFAs n-3 da dieta. Nas galinhas poedeiras, o metabolismo hormonal parece ser regulado pelo tipo e teor de gordura dietética, por mecanismo ainda não esclarecido (HARGIS e VAN ELSWYK, 1993; SCHEIDELER e FRONING, 1996; VAN ELSWYK, 1997a). Segundo WHITEHEAD *et al.* (1993), dietas com elevado teor de PUFAs n-3 parecem reduzir a concentração plasmática de estradiol nas

aves, determinando decréscimo de lipídios séricos, como os triglicérides, reduzindo as taxas de secreção de VLDL (DAGGY *et al.*, 1987). O estradiol plasmático estaria ainda envolvido com a regulação da síntese de albúmen no oviduto (OKOLICZ *et al.*, 1985). Dessa forma, os PUFAs n-3 da dieta determinariam menor deposição de material lipídico da gema e de albúmen, reduzindo o peso dos ovos.

Quando o óleo de peixe foi adicionado à ração, não houve alteração do teor de colesterol (Tabs.16 e 17), concordando com os achados de HARGIS *et al.* (1991) e de SCHEIDELER e FRONING (1996) utilizando, respectivamente, 3% e 1,5% de óleo de savelha na ração.

Diferentemente dos ácidos graxos, o teor de colesterol da gema não parece ser responsivo a modificação dietética. Segundo GRIMES *et al.* (1996), o colesterol da gema não é alterado pela fonte de gordura dietética. SCHEIDELER e FRONING (1996) não verificaram alteração dos teores de colesterol da gema quer com a utilização de óleo de peixe quer com linhaça moída; porém, assim como no presente experimento, esses autores também observaram redução do peso da gema com a adição desses ingredientes. BOTSOGLOU *et al.* (1998) também não consignaram influência da linhaça a 5 ou 10%, inteira ou moída, nas concentrações de colesterol da gema.

Por outro lado, reduções do teor de colesterol da gema foram assinaladas com o uso de dietas ricas em PUFAs n-3 mediante fornecimento de concentrações mais elevadas de óleo de peixe (ADAMS *et al.*, 1989; OH *et al.*, 1991; MAURICE *et al.*, 1993).

Nas aves, os ácidos graxos n-3 dietéticos reduzem a formação do

colesterol esterificado e da taxa de secreção de VLDL-colesterol (DAGGY *et al.*, 1987; HARGIS e VAN ELSWYK, 1993), o que poderia resultar em redução do teor de colesterol do ovo. Entretanto, apenas 21% do colesterol da gema encontra-se sob a forma de colesterol esterificado e reduções substanciais no colesterol seriam alcançadas somente mediante alteração na composição das lipoproteínas sintetizadas no fígado, responsáveis pela formação da gema. Inúmeras tentativas de se diminuir os teores de colesterol nos ovos foram descritas, sem que reduções substanciais fossem obtidas, pois o próprio metabolismo lipídico das aves determina deposição de quantidades elevadas dessa substância para o suprimento do embrião a ser desenvolvido no ovo. Os efeitos hipotrigliceridêmicos atribuídos aos PUFAs n-3 poderiam justificar o menor peso das gemas, o que tornaria a gema apenas mais concentrada em colesterol caso o seu teor fosse expresso por g, sendo a concentração similar, quando expresso por gema.

Os diferentes métodos analíticos utilizados e a falta de padronização para se expressar os valores de colesterol no ovo fazem com que existam na literatura dados tão conflitantes.

#### **5.4 Teores de ácidos graxos nos ovos**

De um modo geral, a composição dos lípides da gema refletiu a apresentada nas dietas das poedeiras. Porém, a magnitude da alteração foi

diferente de acordo com o ácido graxo analisado, corroborando achados de estudos anteriores (HARGIS *et al.*, 1991; BAUCELLS *et al.*, 2000).

Diferentemente dos mamíferos, as aves possuem um sistema linfático rudimentar, onde os quilomícrons são absorvidos diretamente do sangue portal, permitindo exposição direta do fígado à gordura dietética. Esta característica fisiológica permite, mediante alteração da composição da dieta, a manipulação dos lípides teciduais (CHERIAN *et al.*, 1996b).

#### **5.4.1 Ácidos graxos saturados**

No presente experimento, teores a partir de 21% de linhaça na ração produziram redução significativa no total de ácidos graxos saturados da gema, em relação ao valor médio consignado nos tratamentos privados deste ingrediente (Tab.21 e 22). Esta observação discorda de HARGIS *et al.* (1991) e AYMOND e VAN ELSWYK (1995) que não consignaram mudanças nos valores de ácidos graxos saturados da gema ao alimentarem poedeiras com dietas ricas em PUFAs n-3. Outros autores também observaram a limitada habilidade das poedeiras em alterar o conteúdo desses ácidos graxos nos ovos (NABER e BIGGERT, 1989; CHERIAN *et al.*, 1996b; BAUCELLS *et al.*, 2000), que apesar de pouco responsivos à dieta, podem ser aumentados por quantidades muito elevadas de saturados na dieta (NABER, 1979; HARGIS e VAN ELSWYK, 1993).

#### 5.4.2 Ácidos graxos monoinsaturados

A redução significativa do teor total de ácidos graxos monoinsaturados na gema (Tab.22) decorrente do uso de teores elevados de linhaça na ração concorda com estudos prévios, onde a utilização de dietas ricas em PUFAs n-3 para poedeiras determinou redução do total de monoinsaturados no ovo (NABER, 1979; JIANG *et al.*, 1991a; AHN *et al.*, 1995). Segundo CHERIAN e SIM (1991), os PUFAs n-3 inibiriam a atividade da enzima responsável pela formação do ácido oléico ( $C_{18:1\ n-9}$ ), principal ácido graxo monoinsaturado afetado. No presente experimento, tanto o ácido oléico ( $C_{18:1\ n-9}$ ), como o palmitoléico ( $C_{16:1\ n-7}$ ) apresentaram redução de seu teor na gema à medida que as concentrações de PUFAs n-3 se elevaram nas dietas experimentais (Tabs 7 e 8). Estudos relatam que a redução de ácido palmitoléico e oléico determinada pela ingestão de dietas ricas em PUFAs n-3 ocorreria concomitantemente com o aumento do teor de ácido linoléico ( $C_{18:2\ n-6}$ ) e de linolênico ( $C_{18:3\ n-3}$ ), dentre os lípides da gema (JIANG *et al.*, 1991a; AHN *et al.*, 1995), o que foi observado no presente experimento em relação ao ácido linoléico. Por outro lado, de acordo com BAUCELLS *et al.* (2000), parece haver tendência das aves manterem o grau de monoinsaturação da gema dentro de margens estreitas. AYMOND e VAN ELSWYK (1995) não consignaram alteração no total de monoinsaturados quando poedeiras foram alimentadas com 15% de linhaça ou 1,5% de óleo de peixe. Do mesmo modo, HERBER e VAN ELSWYK (1995) não observaram redução significativa do teor de monoinsaturados mediante

suplementação dietética com ração contendo elevado teor de PUFAs n-3 proveniente de algas marinhas, mas verificaram tendência a redução ao longo do período experimental de 4 semanas.

Convém lembrar que os ácidos graxos monoinsaturados também têm sido apontados como benéficos a saúde pelos seus possíveis efeitos hipolipêmicos e antitrombóticos (GRUNDY, 1997).

#### **5.4.3 Ácidos graxos poliinsaturados (PUFAs)**

Os resultados relativos aos teores totais de ácidos graxos poliinsaturados (PUFAs) aqui consignados concordam com experimentos anteriores, onde dietas ricas em PUFAs n-3 causaram aumento de PUFAs na gema (JIANG *et al.*, 1991a; BOTSOGLOU *et al.*, 1998). A linhaça moída, adicionada em concentrações crescentes às dietas, determinou elevação progressiva do teor total de PUFAs na gema (Tab.22), sendo esse aumento de significado estatístico, a partir da inclusão de 14% de linhaça à ração. O valor médio de total de PUFAs na gema foi menor nos grupos adicionados de 2% de óleo de peixe, em relação àqueles privados deste ingrediente (Tab.22). Assim, os aumentos dos teores de PUFAs foram causados pelas concentrações elevadas de linhaça, e conseqüentemente pelo ácido linolênico presente neste ingrediente. A quantidade de óleo de peixe utilizada não foi capaz de promover aumento do total de PUFAs na gema, frente a grande capacidade da linhaça em promover enriquecimento em



PUFAs, principalmente na forma de ácido linolênico.

Dietas contendo elevados teores de PUFAs parecem aumentar as concentrações destes ácidos graxos nos ovos, especialmente do ácido linoléico e linolênico, que são elevados substancialmente na gema quando presentes em quantidades elevadas nas rações (NABER, 1979; JIANG *et al.*, 1991a; BOTSOGLOU *et al.*, 1998). No presente experimento, os teores totais de PUFAs presentes nas gemas provenientes do grupo controle (CON) foram representados principalmente pelo ácido linoléico (23,34% - Tab.19), sendo que o teor total de PUFAs sofreu aumento significativo (Tabs.21 e 22) mediante a utilização de dietas contendo elevados teores de linhaça devido a elevação do ácido linolênico.

#### **5.4.3.1 Ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 (PUFAs n-3)**

O total de PUFAs n-3 na gema foi aumentado de forma significativa e linear com a utilização de concentrações crescentes de linhaça nas dietas (Tabs.21 e 22). O valor médio do total de PUFAs n-3 nas gemas, consignado nos tratamentos adicionados de 2% de óleo de peixe, foi significativamente maior que o obtido nos tratamentos desprovidos deste ingrediente (Tab.22). Para a elevação dos teores de PUFAs n-3 observada nos ovos com a adição de linhaça (Tabs.21 e 22), houve principalmente contribuição do ácido linolênico ( $C_{18:3 \text{ n-3}}$ ), concordando com estudos anteriores utilizando óleo ou semente de linhaça (CHERIAN *et al.*, 1996a, b;

VAN ELSWYK, 1997b).

A análise do perfil de ácidos graxos dos ingredientes (Tab.4) mostrou que a linhaça contém cerca de 13,7% de ácido linolênico ( $C_{18:3\ n-3}$ ) em sua composição, sem a presença de PUFAs n-3 de cadeia mais longa, como o EPA ( $C_{20:5\ n-3}$ ), DPA ( $C_{22:5\ n-3}$ ) e DHA ( $C_{22:6\ n-3}$ ). Assim, as rações adicionadas de linhaça apresentaram apenas o ácido linolênico como fonte de PUFAs n-3, conforme mostram os dados referentes à composição das rações (Tab.6). Nestas dietas, os teores de PUFAs n-3, representados exclusivamente pelo ácido linolênico, variaram de 11,57% a 29,62%, conforme a concentração de linhaça utilizada (de 7% a 35%), enquanto que a ração do grupo controle (CON) apresentou apenas 0,48% desse ácido graxo (Tab.6). Na composição do óleo de peixe, a quantidade de ácido linolênico é muito pequena, apenas 0,96% do total de ácidos graxos, sendo que os PUFAs n-3 foram representados principalmente pelo EPA (8,39%) e DHA (6,76%). Assim, as rações suplementadas com teores crescentes de linhaça combinados com 2% de óleo de peixe proporcionaram às aves estes três PUFAs n-3, sendo seus teores aumentados de 12,25% a 33,60%, conforme as concentrações de linhaça se elevaram (Tab.7).

A correlação positiva e linear (Tab.25) encontrada entre a concentração de linhaça na ração e o teor de ácido linolênico na gema confirmam as observações de SCHEIDELER e FRONING (1996) que consignaram deposição crescente e linear do ácido linolênico com o aumento do teor de linhaça na ração. No presente experimento, com a utilização de 14% (LIN14) e 21% de linhaça (LIN21) na ração obteve-se

4,45% e 8,15% de ácido linolênico nas gemas, respectivamente (Tab.19). Quando 2% de óleo de peixe foram adicionados à dieta, os valores de ácido linolênico nas gemas situaram-se entre 5,00% e 8,72%, similares aos obtidos sem este ingrediente, com os mesmos teores de linhaça (Tab.19). JIANG *et al.* (1991a) e SCHEIDELER e FRONING (1996) reportaram, respectivamente, valores de 6,9% e 6,8% de ácido linolênico nas gemas de ovos provenientes de aves alimentadas com 15% de linhaça.

A utilização de 7% (LIN7) a 35% de linhaça (LIN35) na ração proporcionou teores de ácido linolênico situados entre 1,0 e 4,4% na dieta das aves, valores estes calculados utilizando-se os dados de extrato etéreo e ácido linolênico constantes das Tabs.5 e 6. Quando o óleo de peixe foi adicionado, os valores encontrados na ração foram próximos devido a quantidade insignificante de ácido linolênico presente neste ingrediente. Com a adição da linhaça, o total de PUFAs n-3 alcançado variou de 4,17% a 12,33% do total de ácidos graxos da gema, aumentos significativos em relação ao valor de 0,70% consignado no grupo CON. Com a adição de 2% de óleo de peixe, os tratamentos contendo linhaça crescente (LIN7+P a LIN35+P) produziram teores de 6,75% a 15,82% de PUFAs n-3 na gema, maiores que os obtidos sem o óleo de peixe.

AHN *et al.* (1995) reportaram que o fornecimento de 3% de ácido linolênico dietético determinou aumento de cerca de 6,5% de PUFAs n-3 do total de lípidos da gema e, dentro deste aumento, cerca de 70% foi representado pelo ácido linolênico, 15% a 20% pelo DHA e 5% a 10% pelo EPA. No presente experimento, se expressarmos os teores de ácido

linolênico como porcentagem da ração, os mesmos estarão situados entre 1 e 4,4% (LIN7 a LIN35). Os percentuais de enriquecimento de PUFAs n-3 na gema, a partir de resultados das Tabs.19 e 21, mostrou que cerca de 69% a 88% desse aumento foi representado pelo ácido linolênico, mais acentuado com a elevação do teor de linhaça na ração. O DHA contribuiu com 7% a 30% do enriquecimento em PUFAs n-3 enquanto que o EPA participou de 0,5% a 2% para o aumento destes ácidos graxos.

Estes resultados corroboram achados de estudos pioneiros (MURTY e REISER, 1961; JIANG *et al.*, 1991a; AHN *et al.*, 1995), onde se verificou que após ingestão de quantidades elevadas de ácido linolênico proveniente da linhaça ocorreram aumentos significativos nos PUFAs de cadeia longa (EPA e DHA) da gema. No presente experimento, o DHA foi depositado em quantidades maiores, em relação ao EPA, concordando com trabalhos anteriores (JIANG *et al.*, 1991a; AHN *et al.*, 1995). MURTY e REISER (1961) reportaram aumentos entre 2% e 3% do total de ácidos graxos da gema, enquanto que SCHEIDELER e FRONING (1996) obtiveram valor médio de 1,72% de DHA nas gemas com a adição da linhaça de 5% a 15% à dieta, valores próximos aos aqui encontrados (1,29% a 1,67%) quando apenas a linhaça foi adicionada. Já a adição concomitante de 2% de óleo de peixe e diferentes teores de linhaça na ração das aves produziu aumento dos teores de DHA nos ovos, atingindo-se valores de 2,13% a 2,46% do total de ácidos graxos (Tab.19).

A inclusão de 2% de óleo de peixe à ração, conjuntamente com teores crescentes de linhaça, determinou maior deposição de PUFAs n-3

nos ovos, sendo a distribuição similar à observada nos tratamentos sem o óleo de peixe, porém com maior porcentagem de PUFAs n-3 de cadeia longa. O ácido linolênico representou 64 a 80% de aumento, o DHA 15% a 32% e o EPA cerca de 3%, lembrando que o óleo de peixe proveu à ração outros PUFAs n-3, além do ácido linolênico. As aves que receberam dietas contendo exclusivamente óleo de peixe (P) produziram ovos cujas gemas pesavam em média 16,8 g e continham 28,3% de lípides (Tab.21). Desta forma a deposição de PUFAs n-3 foi de 127,9 mg/ovo, dos quais 21,9 mg foram representados pelo ácido linolênico.

A ração contendo óleo de peixe e 7% de linhaça (LIN7+P) mostrou-se adequada para o enriquecimento dos ovos em PUFAs n-3. Considerando que o peso da gema foi de 16,5 g, e seu teor lipídico de 29,7% (Tab.21), a deposição de ácido linolênico no ovo foi de 212,7 mg, enquanto que a de PUFAs n-3 de cadeia longa, 117,6 mg, totalizando 330,7 mg de PUFAs n-3. Nos grupos alimentados com teores elevados de linhaça, os aumentos dos teores de ácido linolênico foram os principais responsáveis pelo incremento dos valores totais de PUFAs n-3.

O ácido linolênico proveniente da dieta de poedeiras é pobremente convertido a DHA por meio de reações processadas por enzimas hepáticas, permitindo a presença de DHA no plasma, fígado e gema do ovo, enquanto o restante do ácido linolênico é transferido e depositado como tal (NITSAN *et al.*, 1999).

É importante ressaltar que o ácido linolênico é de menor importância para a saúde humana que os de cadeia mais longa. Com a

utilização da canola ou da linhaça, o principal enriquecimento em PUFAs n-3 na gema ocorreria sob a forma de ácido linolênico e apenas pequena parte deste poliinsaturado seria convertido em EPA, sendo que quantidades substanciais de DHA também estariam presentes nestes ovos enriquecidos (FARREL, 1994). A conversão metabólica do ácido linolênico em ácidos graxos de cadeia mais longa, característicos dos peixes e das algas, parece ocorrer de forma lenta e ineficiente nos humanos (NETTLETON, 1991) e nas aves (HARGIS e VAN ELSWYK, 1993). Assim, o conteúdo total de PUFAs n-3 em ovos provenientes de aves alimentadas com elevados teores de ácido linolênico torna-se igual ou mesmo maior do que aqueles obtidos com a utilização de fontes marinhas; entretanto o enriquecimento em EPA e DHA acaba sendo reduzido (HARGIS e VAN ELSWYK, 1993), corroborando as observações do presente experimento.

Apesar dos teores de ácido linolênico, EPA, DHA e total de PUFAs n-3 nos lípides da gema não terem apresentado diferenças de significado estatístico com o fornecimento de linhaça a 28 ou a 35% (Tabs.19 e 21), observou-se tendência a elevação com o maior percentual de linhaça na ração. Porém, para o incremento dos teores de PUFAs n-3 de cadeia longa (EPA e DHA) na gema, a inclusão de óleo de peixe foi fator determinante, corroborando estudos anteriores (HARGIS *et al.*, 1991; JIANG *et al.*, 1991a).

Convém lembrar que não foi detectado EPA nos ovos provenientes do grupo controle (CON), concordando com BOTSOGLOU *et al.* (1998) que também utilizaram ração típica a base de milho e soja. Porém

AHN *et al.* (1995) encontraram 0,06% de EPA em ovos produzidos por aves alimentadas com dietas convencionais e o USDA (2001) recentemente, incluiu o valor de 0,04% de EPA em seus dados relativos à composição dos lípides da gema.

No presente estudo, as gemas do grupo controle (CON - Tab.19) apresentaram 0,23% de DHA (do total de ácidos graxos), enquanto que SCHEIDELER e FRONING (1996) reportaram valor médio de 0,52% deste PUFA em ovos provenientes de aves alimentadas com dieta a base de milho e soja, e o USDA (2001) estabeleceu teor de 0,45% de DHA em ovos comerciais normais (Tab.3).

O aumento de DHA nos lípides da gema em resposta ao incremento da linhaça dietética foi linear (Tab.25), discordando de SCHEIDELER e FRONING (1996), que ao utilizarem teores de até 15% de linhaça dietética, não verificaram correlação entre teor de linhaça na ração e DHA nos ovos.

Considerando que o EPA, DPA e DHA não estão presentes na linhaça (Tab.4), seu aumento ou surgimento na gema em resposta à incorporação na dieta foi decorrente da desaturação e alongação da cadeia do ácido linolênico. Segundo NETTLETON (1991) o ácido linolênico poderia servir para a produção *in vivo* destes PUFAs n-3 de cadeia longa no fígado, sofrendo desaturação e alongação, enquanto que o ácido linoléico seria convertido a ácido araquidônico. Porém, os teores de EPA e DHA obtidos com quantidades relativamente baixas de óleo de peixe, como as aqui utilizadas (2%), não foram atingidos com quantidades elevadas de óleo ou

farelo de linhaça em estudos anteriores, o que enfatiza a pobre eficiência da conversão de ácido linolênico em EPA ou DHA nas aves (HARGIS e VAN ELSWYK, 1993; CHERIAN *et al.*, 1996a).

Assim, o efeito mais marcante do óleo de peixe foi sobre os PUFAs n-3 de cadeia longa, especialmente EPA e DHA. O uso de 2% de óleo de peixe na ração de poedeiras (P) resultou em 0,46% de linolênico, 0,12% de EPA e 2,08% de DHA na gema do ovo; valores muito próximos aos encontrados por GONZALEZ-ESQUERRA e LEESON (2000a) que, ao utilizarem o mesmo teor de óleo de peixe aqui reportado, assinalaram 0,45% de ácido linolênico; 0,30% de EPA e 1,74% de DHA. Já SCHEIDELER e FRONING (1996) obtiveram 2,87% de DHA nas gemas ao fornecerem 1,5% de óleo de savelha a poedeiras. Considerando-se o valor de 28,3% de lípides totais na gema dos ovos do tratamento P (Tab.21), atingiu-se deposição de 0,34 mg de EPA e 5,89 mg de DHA/g de gema, totalizando 104,6 mg de EPA + DHA por gema. O valor de DHA aqui obtido foi próximo ao encontrado por ADAMS *et al.* (1989) que, ao fornecerem dietas contendo 3% de óleo de savelha, consignaram média de 5,19 mg/g de gema. Por outro lado, o valor de 1,03 mg EPA/g de gema, assinalado pelos autores, foi maior que o obtido no presente experimento; enquanto que, com o fornecimento de 3% de óleo de milho, foram registrados apenas traços de EPA e 0,56 mg de DHA/g de gema. Nos ovos do grupo CON, submetido a dieta contendo 2% de óleo de milho, não foi detectada a presença de EPA e ao considerar percentual de 30,15% de lípides na gema, foi consignado valor de 0,60 mg de DHA/g de gema.



HARGIS *et al.* (1991) obtiveram gemas com 235 mg de PUFAs n-3, onde o EPA e o DHA abrangiam aproximadamente 89% desse valor, ao fornecerem 3% de óleo de savelha a poedeiras. VAN ELSWYK (1997b) reportou incorporação de cerca de 200 mg de PUFA n-3 por gema quando o óleo de savelha foi fornecido de 1,5 a 3,0% na dieta de poedeiras. No presente estudo, considerando-se 16,8 g como o peso médio da gema e 28,3% de conteúdo lipídico (Tab.21), obteve-se deposição de 127,9 mg de PUFAs n-3 por gema do grupo P (2% de óleo de peixe), sendo 81,8% desse valor representado pelo EPA e DHA.

Os PUFAs n-3 de cadeia longa (EPA+DPA+DHA) totalizaram 2,23% do total de ácidos graxos da gema (Tab.19). Este valor se aproxima muito dos 2,65% de PUFAs n-3 de cadeia longa encontrados por GONZALEZ-ESQUERRA e LEESON (2000a). Estes mesmos autores reportaram eficiência de deposição de PUFAs n-3 de cadeia longa entre 15,5 e 19,5%, independentemente da concentração de óleo de peixe. No presente experimento, com a inclusão de 2% de óleo de peixe na dieta das aves (P), considerando-se os teores de PUFAs n-3 de cadeia longa (Tab.6) e extrato etéreo da ração (Tab.5) e consumo das aves (Tab.10), estima-se uma ingestão diária de 352,6 mg destes ácidos graxos. Por outro lado, o índice de postura obtido (Tab.10), bem como o peso médio da gema (16,8 g, Tab.21), permitem afirmar que a deposição diária de PUFAs n-3 de cadeia longa no ovo foi de 94,6 mg, para as aves alimentadas com 2% de óleo de peixe (P) atingindo, portanto, 26,8% de eficiência de deposição de PUFAs n-3 de cadeia longa provenientes da ração.

Apesar das elevadas concentrações de EPA e DHA no óleo de peixe (Tab.4), o teor de DHA nos lípidos da gema foi bem maior que o de EPA, corroborando achados de estudos anteriores (OH *et al.*, 1994; MARSHALL *et al.*, 1994a; BAUCELLS *et al.*, 2000). Este efeito pode ser causado pelo metabolismo de n-3 inerente às aves, onde a interconversão entre EPA e DHA pode ocorrer, modificando a taxa de acréscimo dos PUFAs de cadeia longa depositados (HERBER e VAN ELSWYK, 1996). Um mecanismo proposto para explicar as diferenças na deposição de EPA e DHA na gema estaria relacionado à assimilação e conversão metabólica (como alongação e desaturação). HUANG *et al.* (1990) sugeriram que estas diferenças bioquímicas entre o EPA e o DHA seriam responsáveis pelas diferentes taxas de incorporação na gema do ovo. A composição dos principais fosfolípidos das membranas da gema do ovo mostram que o DHA, em relação ao EPA, é preferencialmente incorporado (HERBER e VAN ELSWYK, 1996; NITSAN *et al.*, 1999). Apenas pequena proporção de EPA ingerido é encontrado no plasma, sugerindo que este n-3 seria catabolizado ou convertido em DHA (NITSAN *et al.*, 1999).

Assim, a utilização de óleos de peixe como fontes de n-3 resulta em eficiente deposição de DHA. Apesar de não ter sido identificado nas aves, tanto o homem como o rato têm a capacidade de retroconverter DHA a EPA (FISHER *et al.*, 1987; GRONN *et al.*, 1992; ROSENTHAL *et al.*, 1991). Considerando-se a habilidade limitada dos seres humanos de realizarem a desaturação na última etapa da formação do DHA a partir do ácido

linolênico (SANDERS e REDDY, 1992), os ovos podem ser considerados interessante fonte dietética deste PUFA n-3.

O DPA (ácido docosapentaenóico,  $C_{22:5\ n-3}$ ), ainda pouco estudado em relação aos outros PUFAs n-3, foi detectado em quantidades muito baixas nos ovos de todos os tratamentos, não sendo observadas alterações do seu teor em relação ao grupo CON. SCHEIDELER e FRONING (1996) não verificaram efeito de 1,5% de óleo de peixe na ração sobre as concentrações de DPA na gema, mas reportaram aumento relativamente pequeno, porém significativo, com o uso de 10% e 15% de linhaça na dieta. GONZALEZ-ESQUERRA e LEESON (2000a) verificaram teor de 0,17% de DPA resultante da inclusão de 2% de óleo de peixe na ração de poedeiras, enquanto que no presente experimento essa mesma quantidade de óleo (P) produziu deposição de 0,03% (do total de ácidos graxos) deste n-3 na gema (Tab.19), e de 0,39% consignado mediante concomitante utilização de 35% de linhaça na ração (LIN35+P).

A influência do óleo de peixe dietético na deposição de PUFAs n-3 de cadeia longa na gema, observada no presente experimento corrobora os achados de BAUCELLS *et al.* (2000), de que os metabólitos de cadeia longa provenientes do ácido linolênico, como o EPA, DPA e DHA, foram fácil e prontamente aumentados na gema com incrementos do teor de óleo de peixe na dieta das aves.

BAUCELLS *et al.* (2000) reportaram enriquecimento de ovos com 150 mg de DHA/gema mediante combinação de 37,5% de óleo de peixe e 62,5% de óleo de linhaça em 4% de óleo da dieta. Para outros óleos

vegetais, como o de canola e girassol, foram necessários teores mais elevados de óleo de peixe para alcançar tal valor. No presente experimento, considerando-se o teor de 28,3% de lípidos totais da gema pesando 16,8 g (Tab.21), atingiu-se valor de 99,0 mg de DHA/gema com utilização de 2% de óleo de peixe (P) na ração de poedeiras. O valor de 104,6 mg de EPA + DHA/gema para o grupo P supre 16,1% das recomendações de consumo diário destes PUFAs n-3 estabelecidas por organizações de saúde internacionais (KRIS-ETHERTON *et al.*, 2000).

A utilização concomitante de linhaça moída e óleo de peixe produziu valor máximo de 120,5 mg de DHA/gema no tratamento LIN14+P, ao se considerar uma gema de 15,8 g e teor de lípidos totais de 31,0% (Tab.21). Este valor, somado ao obtido para o EPA, de 11,8 mg/gema, totalizou 132,3 mg de EPA+DHA/gema. No grupo LIN35+P, considerando-se o peso médio da gema de 15,4 g e apresentando 27,6% de lípidos totais (Tab.21), houve deposição na gema de 20,4 mg de EPA e 98,6 mg de DHA, totalizando 119,0 mg de EPA+DHA/gema. Os valores de EPA+DHA atingidos nos tratamentos LIN14+P e LIN35+P suprem 20,4% e 18,3%, respectivamente, das recomendações de consumo diário destes PUFAs n-3 (KRIS-ETHERTON *et al.*, 2000).

Para se determinar as quantidades de ácidos graxos depositados nos ovos, deve-se considerar o peso da gema e os seus teores de lípidos. Os trabalhos relativos a este assunto, além de expressar os teores de ácidos graxos em porcentagem em relação ao total de ácidos graxos, podem ainda apresentar valores expressos em mg de ácido graxo por

gema, por grama de gema, por ovo ou por 50 g de ovo, o que dificulta a comparação dos resultados.

Se atentarmos para o coeficiente de determinação obtido ao serem correlacionados os teores de ácido linolênico na gema e na dieta (89,42%), este mostra-se inferior ao obtido por BAUCELLS *et al.* (2000), da ordem de 96%.

As análises de regressão encontradas por BAUCELLS *et al.* (2000) mostraram relação evidente entre as proporções de PUFAs e de ácidos graxos da série n-3 na gordura dietética e nos lípidos da gema. Estas observações sustentam a hipótese de que a quantidade de ácido graxo na dieta é diretamente responsável por seu depósito na gordura do ovo. Os autores observaram que 85% e 78% da variabilidade do teor de EPA e DHA na gema, respectivamente, podem ser atribuídos à sua proporção na dieta. A deposição de EPA, DPA e DHA na gema mediante associação ou substituição de óleo de peixe por óleo de linhaça é menos afetada em relação à obtida com a associação ou substituição por óleos vegetais, que não possuem teor tão elevado de ácido linolênico, o que reforça a teoria de que ocorre pequena síntese *de novo* destes PUFAs de cadeia longa a partir de seus precursores.

#### 5.4.3.2 Ácidos graxos poliinsaturados ômega-6 (PUFAs n-6)

O ácido linoléico presente na gema mostrou redução significativa em relação ao CON (23,34%) a partir do tratamento LIN21 (20,38%), redução esta acentuada por teores mais elevados de linhaça (Tab.19). Estes achados discordam de SCHEIDELER e FRONING (1996), que observaram aumento do teor de ácido linoléico na gema com o fornecimento de 15% de linhaça na dieta das aves. BOTSOGLOU *et al.* (1998), utilizando 10% de linhaça na ração de poedeiras, reportaram valor de 16,7% de ácido linoléico na gema do ovo, maior que o consignado em ovos de aves alimentadas com ração isenta de linhaça (15,4%). Tais valores estão abaixo dos assinalados no presente experimento para ovos provenientes do grupo CON ou dos demais tratamentos com linhaça, porém se aproximam dos obtidos com uso de teores elevados de linhaça associados ao óleo de peixe (LIN21+P, LIN28+P e LIN35+P), variando de 15,55% a 16,03% (Tab.19).

Segundo AHN *et al.* (1995) existem diferenças pequenas, porém significativas, no teor de ácidos graxos entre as diferentes linhagens comerciais, sendo a principal variação relativa ao ácido linoléico ( $C_{18:2n-6}$ ). Esta variação pode, em parte, explicar as discrepâncias encontradas entre os resultados do presente experimento e aqueles citados em trabalhos anteriores.

Os perfis de ácidos graxos apresentados nas Tabs.8 e 20 mostraram relação inversa entre teor de ácido araquidônico ( $C_{20:4 n-6}$ ) na gema e as concentrações de PUFAs n-3 e ácido linolênico na dieta. Tais

resultados concordam com JIANG *et al.* (1992), ao afirmarem que o aumento do teor de PUFAs n-3 de cadeia longa (EPA, DPA e DHA) na dieta corresponderia à menor incorporação de ácido araquidônico nos fosfolípidos da gema. Provavelmente a elevação dos teores de PUFAs n-3 na gema, observada no presente experimento, tenha ocorrido às expensas de PUFAs n-6. Outros autores também verificaram aumento de PUFAs n-3 com concomitante redução de ácido araquidônico na gema do ovo (HARGIS *et al.*, 1991; CHERIAN e SIM, 1992; VAN ELSWYK *et al.*, 1992, 1997b; AYMOND e VAN ELSWYK, 1995; CHERIAN *et al.*, 1996b). CHERIAN *et al.* (1996b) ao incluírem na dieta de poedeiras 3,5% de óleo de savelha ou de linhaça observaram incorporação de EPA e DHA no fígado, carne branca e vermelha e gema, enquanto que o teor de ácido araquidônico foi diminuído.

No presente estudo, o teor de ácido araquidônico na gema, que é principalmente proveniente de alongação e desaturação do ácido linoléico, foi diminuído com a inclusão de óleo de peixe na ração (Tab.20), concordando com os resultados relatados por BAUCELLS *et al.* (2000). A biossíntese de ácido araquidônico, formado a partir do ácido linoléico, parece ser suprimida pela ingestão de óleo de peixe. Segundo BÉZARD *et al.* (1994) a abundância de ácido araquidônico, e principalmente de C<sub>20:3 n-3</sub> e DHA na dieta determinaria diminuição marcante da  $\Delta$ -6 desaturação do ácido linoléico, sem alterar a  $\Delta$ -6 desaturação do ácido linolênico.

Segundo BAUCELLS *et al.* (2000), o teor dietético de ácido araquidônico seria responsável por menos que 50% da variação de sua concentração na gema, estando estas variáveis inversamente relacionadas.

Assim, elevados teores de ácido araquidônico não são capazes de determinar aumento nos depósitos deste ácido graxo na gordura da gema.

#### 5.4.4 Relação ômega-6/ ômega-3 (n-6/n-3)

No presente experimento, a relação n-6/n-3 encontrada na gema das aves do grupo CON foi de 39,62, enquanto que nos demais grupos alimentados com linhaça, combinada ou não com óleo de peixe, foi observada variação de 5,57 a 1,05, com valores estatisticamente significativos em relação ao CON (Tab.21). Tanto a linhaça como o óleo de peixe foram capazes de estreitar a relação n-6/n-3, concordando com estudos anteriores utilizando fontes ricas em PUFAs n-3 na dieta das aves (ANH *et al.*, 1995; BAUCCELLS *et al.*, 2000) e de acordo com as recomendações mundiais de saúde (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 1995)

AHN *et al.* (1995) reportaram alteração na relação n-6/n-3 da gema de 7,5 para 1,5 com o fornecimento de 3% de ácido linolênico na dieta. A relação n-6/n-3 na gema pode ser reduzida a valores entre 1,4 e 3, dependendo do teor de óleo de peixe utilizado (CHERIAN *et al.*, 1996a; BRIZ, 1997). BAUCCELLS *et al.* (2000), ao utilizarem 4% de óleo de peixe na ração de poedeiras obtiveram relação n-6/n-3 na gema de 2,4, valores que foram sofrendo leve acréscimo quando o óleo de peixe foi gradualmente



substituído (25%, 50% e 75%) pelos óleos vegetais ricos em ácidos linoléico e linolênico, até atingir o valor de 14,11 com a completa substituição.

### 5.5 Sabor e odor dos ovos

Por serem mais facilmente passíveis de reações oxidativas, os PUFAs de cadeias longas acabam produzindo odor e sabor desagradáveis quando presentes nos ovos. Com a utilização de ingredientes ricos em PUFAs n-3 nas rações de poedeiras, o principal odor e sabor percebidos no ovo é o de peixe, mesmo que as rações sejam isentas de óleo ou farinha de peixe (JIANG *et al.*, 1992).

No presente experimento, não foi assinalada percepção de odor estranho ao de ovos normais por painelistas não treinados, com a adição de teores crescentes de linhaça à ração. A adição de linhaça na dieta também não produziu percepção de sabor diferente ao de ovos convencionais (Tab.26). Estas observações discordam de JIANG *et al.* (1992), que reportaram que cerca de 36% dos painelistas reconheceram odor e sabor de peixe em ovos cozidos provenientes de aves alimentadas com linhaça. LEESON *et al.* (1998) também verificaram menor aceitabilidade em termos de odor e sabor em ovos produzidos por aves alimentadas com dietas contendo 10% ou 20% de linhaça, em relação a ovos provenientes de aves que não receberam este ingrediente na ração.

Discrepâncias relativas a análise sensorial dos ovos podem ser decorrentes da fonte de lipídes (sementes, óleos vegetais, farinha ou óleo de peixe), método de preparo dos ovos (JIANG *et al.*, 1992) e tempo de armazenamento.

Assim como ocorreu no presente experimento, os painelistas utilizados por LEESON *et al.* (1989) não eram treinados e os ovos foram cozidos em água fervente, porém os mesmos foram previamente armazenados à 5°C durante 14 dias após a postura. Provavelmente esse tempo de armazenamento tenha propiciado o desencadeamento de reações oxidativas responsáveis pela rancidez da gordura do ovo e, conseqüentemente, pelo aparecimento de características organolépticas indesejáveis. No presente experimento, provavelmente o curto período de tempo (24 horas) entre a postura e cozimento dos ovos para a realização do teste não foi suficiente para o desenvolvimento das reações de oxidação.

As rações experimentais no presente estudo foram adicionadas de antioxidante sintético (500 mg/kg) para combater a oxidação lipídica da linhaça moída, o que não ocorreu no experimento de JIANG *et al.* (1992).

LEESON *et al.* (1998) suplementaram 10 ou 100 mg de vitamina E por kg de ração, objetivando proteger os ácidos graxos da oxidação, mas que, provavelmente, não foram suficientes para proteger os ácidos graxos insaturados de cadeia longa presentes na gema.

A percepção de odor diferente em relação aos ovos normais não foi de significado estatístico quando o óleo de peixe foi suplementado na dieta, concordando com MARSHALL *et al.* (1994b), que consignaram

escores de odor similares em ovos provenientes de aves alimentadas com 1,5% de óleo de savelha e em ovos do grupo controle. Por outro lado, ADAMS *et al.* (1989) verificaram odor indesejável em ovos produzidos por aves alimentadas com dietas contendo 6% de óleo de savelha.

Painelistas treinados e não treinados perceberam odor de peixe quando ovos provenientes de aves alimentadas com 3,0% de óleo de savelha eram mexidos, mas não quando eram servidos cozidos (VAN ELSWYK *et al.*, 1992; VAN ELSWYK, 1997b). Provavelmente os compostos voláteis responsáveis pelo odor característico de peixe aumentam durante o preparo que utiliza elevada temperatura nos ovos mexidos. Estes mesmos degustadores detectaram sabor desagradável nos ovos mexidos quando provenientes de grupos que receberam 3% de óleo de savelha, sem que este sabor fosse notado com o fornecimento de 1,5% deste óleo.

No presente experimento, houve percepção significativa de sabor de peixe quando os ovos eram provenientes de tratamentos com concomitante uso de teores elevados de linhaça (LIN28+P e LIN35+P - Tab.26). No entanto, quando o óleo de peixe foi utilizado isoladamente (P), ou quando associado a teores mais baixos de linhaça, a percepção de sabor diferente ao de ovos normais não foi de significado estatístico e nem sempre este sabor foi identificado como sendo o de peixe (Tab.26). Assim, o sabor de peixe parece ser exacebado com a deposição de componentes presentes na linhaça, seja de trimetilamina ou de compostos produzidos pela oxidação.

Para contornar este problema alguns autores pesquisaram o uso

de óleo desodorizado. A desodorização é um processo que ao utilizar elevadas temperaturas, vácuo e vapor elimina compostos contendo benzeno, cetonas e aldeídos (LIN *et al.*, 1990), substâncias voláteis responsáveis pelo odor e sabor desagradável, como o de peixe, nos ovos (KARAHADIAN e LINDSAY, 1989; KAWAI, 1996). Entretanto GONZALEZ-ESQUERRA e LEESON (2000a), não obtiveram sucesso em eliminar o odor de peixe de ovos produzidos por aves que receberam de 2 a 6% de óleo desodorizado, não justificando o uso desse processamento.

## 6. CONCLUSÕES

Nas condições da presente pesquisa, de acordo com os resultados obtidos, conclui-se que:

6.1. A linhaça determinou redução significativa no peso dos ovos quando adicionada a partir de 21% na ração, nos grupos alimentados com dietas isentas de óleo de peixe, e a partir de 14% para aquelas contendo este ingrediente. A postura das aves foi diminuída de forma significativa a partir da utilização de 28% de linhaça na ração, tanto nas dietas isentas como nas adicionadas de óleo de peixe. O óleo de peixe mostrou efeito oposto em relação à influência da linhaça sobre os parâmetros produtivos estudados, acentuando a capacidade da linhaça em diminuir o peso do ovo e reduzindo o seu efeito depressivo sobre a postura e conversão alimentar.

6.2. Não foram observados efeitos prejudiciais, de significância estatística, da adição de linhaça e de óleo de peixe à ração sobre os parâmetros utilizados para avaliação da qualidade da casca e do albúmen dos ovos.

6.3. A linhaça adicionada à 35% na ração determinou aumento significativo do teor de colesterol na gema quando expresso em mg/g.

6.4. O aumento do percentual de linhaça dietética determinou incremento progressivo do teor total de PUFAs da gema e concomitante redução do total de ácidos graxos monoinsaturados e saturados, ocorrendo aumento da relação P/S em comparação com o grupo sem linhaça,

enquanto que a adição de 2% de óleo de peixe determinou redução dos PUFAs e aumento dos ácidos graxos monoinsaturados da gema.

6.5. O teor de ácido linolênico na gema foi aumentado de forma significativa e crescente conforme a concentração de linhaça se elevou na ração, sendo que para as mesmas concentrações deste ingrediente, os teores de ácido linolênico foram maiores com a adição concomitante de óleo de peixe.

6.6. O teor de EPA, não detectado no grupo controle, foi significativamente elevado com a utilização de 35% de linhaça na ração. Com a utilização concomitante de óleo de peixe, o incremento do EPA foi significativo a partir do uso de 7% de linhaça na dieta. O teor de DHA na gema também foi significativamente elevado a partir do uso de 7% de linhaça na ração, sendo este enriquecimento bem mais marcante com a suplementação de óleo de peixe.

6.7. As equações de regressão, os coeficientes de correlação e determinação obtidos na presente pesquisa permitem concluir que existe relação significativa entre o teor de ácido linolênico da dieta e as concentrações deste mesmo ácido graxo, do EPA, do DHA e dos PUFAs n-3 na gema do ovo, sendo que, respectivamente, 89,42%, 54,38%, 32,48% e 87,14% da variabilidade destes ácidos graxos na gema, estão na dependência dos teores de ácido linolênico da dieta.

6.8. A adição de linhaça e óleo de peixe, associados ou não na dieta, determinou aumento dos teores de PUFAs n-3 e concomitante

redução de n-6 na gema do ovo, o que resultou em relação n-6/n-3 estreita, conforme as recomendações nutricionais vigentes.

6.9. A utilização de 2% óleo de peixe associada a teores elevados de linhaça (28 e 35%) produziu alteração significativa no sabor dos ovos, descrita como sabor de peixe.

6.10. A máxima incorporação de PUFAs n-3 na gema do ovo, obtida mediante utilização de dietas com teores elevados de linhaça associados ao óleo de peixe, só pode ser atingida com concomitante prejuízo no desempenho produtivo das aves e qualidade sensorial dos ovos.

6.11. O óleo de peixe acrescido à dieta das aves revelou-se eficaz no aumento dos PUFAs n-3 de cadeia longa na gema do ovo, sua adição à ração contendo 7% de linhaça mostrou-se adequada para o enriquecimento dos ovos sem a ocorrência de reflexos negativos no desempenho produtivo das aves e no sabor dos ovos.

6.12. Percentuais de 14% e 21% de linhaça na dieta causaram enriquecimentos progressivos de PUFAs n-3 nos ovos, no entanto, cabe ao produtor, consciente da provável redução do peso dos ovos, avaliar a relação custo/benefício na escolha do teor ideal de linhaça a ser utilizado.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAHAM, V.; DE MAN, J.M. Removal of sulfur compounds from canola oil. **Journal of the American Oil Chemist Society**, v.65, p.392, 1988.
- ADAMS, R.L.; PRATT, D.E.; LIN, J.H.; STADELMAN, W.J. Introduction of omega-3 polyunsaturated fatty acids into eggs. **Poultry Science**, v.68, p.166, 1989. Supplement 1.
- AHN, D.U.; SUNWOO, H.H.; WOLFE, F.H.; SIM, J.S. Effects of dietary  $\alpha$ -linolenic acid and strain of hen on the fatty acid composition, storage stability, and flavor characteristics of chicken eggs. **Poultry Science**, v.74, p.1540-1547, 1995.
- AOAC Association of Official Agricultural Chemists. **Official Methods of Analysis**. 12. ed. Washington DC, 1970. 1094p.
- ASSOCIAÇÃO PAULISTA DE AVICULTURA. Consumo per capita de ovos. Disponível em: <<http://www.apa.com.br/estatisticas/conspercapovos.htm>>. Acesso em: 05 jul. 2001.
- AUSTIC, R.E. Nutritional influences on positive product characteristics - Eggs. In: WORLD'S POULTRY CONGRESS, 19., 1992, Amsterdam, 1992. **Anais...** Poultry Science Association, 1992, p.93-98.
- AYMOND, W.M.; VAN ELSWYK, M.E. Yolk thiobarbituric acid reactive substances and n-3 fatty acids response to whole and ground flaxseed. **Poultry Science**, v.74, p.1388-1394, 1995.
- BANG, H.O.; DYERBERG, J. Plasma lipids and lipoproteins in Greenlandic west coast Eskimos. **Acta Medica Scandinavica**, v.192, p.85-94, 1972.
- BARTOV, I.; BORNSTEIN, S.; BUDOWSKI, P. Variability of cholesterol concentration in plasma and egg yolks on hens and evaluation of the effect of some dietary oils. **Poultry Science**, v.50, p.1357-1364, 1971.
- BAUCELLS, M.D.; CRESPO, N.; BARROETA, A.C.; LÓPEZ-FERRER, S.; GRASHORN, M.A. Incorporation of different polyunsaturated fatty acids into eggs. **Poultry Science**, v.79, p.51-59, 2000.
- BELLUZZI, A.; BRIGNOLA, C.; CAMPIERI, M.; PERA, A.; BOSCHI, S.; MIGLIORI, M. Effect of an enteric-coated fish oil preparation on relapses in Crohn's disease. **The New England Journal of Medicine**, v.334, p.1557-1560, 1996.
- BÉZARD, J. BLOND, J.P.; BERNARD, A.; CLOUET, P. The metabolism and availability of essential fatty acids in animal and human tissues. **Reproduction Nutrition Development**, v.34, p.539-568, 1994.



BLIGH, E.G.; DYER, W.J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, v.37, p.911-917, 1959.

BOTSOGLOU, N.A.; YANNAKOPOULOS, A.L.; FLETOURIS, D.J.; TSERVENOGOUSSI, A.; PSOMAS, I.E. Yolk fatty acid composition and cholesterol content in response to level and form of dietary flaxseed. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v.46, n.11, p.4652-4656, 1998.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria Executiva. Rede Interagencial de Informações para a Saúde. Indicadores e Dados Básicos. Disponível em: <<http://www.datasus.gov.br/cgi/idx2000/matriz.htm>>. Acesso em: 05 jul. 2001.

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

CALDWELL, R.A. Effect of calcium and phytic acid on the activation of trypsinogen and the stability of trypsin. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v.40, p.43, 1992.

CASTON, L.; LEESON, S. Dietary flax and egg composition. **Poultry Science**, v.69, p.1610-1617, 1990.

CHADHA R.K.; LAWRENCE, J.F.; RATNAYAKE, W.M. Ion chromatography determination of cyanide realized from flaxseed under autohydrolysis conditions. **Food Additives and Contaminants**, v.12, p.527-533, 1995

CHERIAN, G; SIM, J.S. Effects of feeding full fat flax and canola seeds on the fatty acid composition of eggs, embryos, and newly hatched eggs. **Poultry Science**, v.70, p.917-922, 1991.

CHERIAN, G.; SIM, J.S. Omega-3 fatty acid and cholesterol content of newly hatched chicks from  $\alpha$ -linolenic acid enriched eggs. **Lipids**, v.27, n.9, p.706-710, 1992.

CHERIAN, G; WOLFE, E.H.; SIM, J.S. Feeding dietary oil with tocopherols: effect of internal qualities of eggs during storage. **Journal of Food Science**, v.61, n.1, p.15-18, 1996a.

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

COLLINS, U.P.; CANTOR, A.H.; PESCATORE, M.; STRAW, M.L.; FORD, M.J. Altering fatty acid composition by feeding pearl meat or canola oil. **Poultry Science**, v.7, p.110, 1996. (Abstract). Supplement 1.

CONNOR, W. Importance of n-3 fatty acids in health and disease. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v.71, p.171-175, 2000. Supplement 1.

CRAWFORD, M.A.; BLOOM, M., BROADHURST, C.L.; SCHIMIDT, W.F.; CUNNANE, S.C.; GALLI, C.; GEHBREMESKEL, K.; LINSEISEN, F.; LLOYD-SMITH; PARKINGTON, J. Evidence for the unique function of docosahexaenoic acid during the evolution of the modern hominid brain. **Lipids**, v.34, S39-47, 1999. Supplement.

CRUICKSHANK, E.M. Studies in fat metabolism in the fowl. I. The composition of the egg fat and depot fat of the fowl as affected by the ingestion of large amounts of different fats. **Biochemical Journal**, v.28, p.965-977, 1934.

DAGGY, B.; AROST, C.; BENSADOUN, A. Dietary fish oil decreases VLDL production rates. **Biochimica et Biophysica Acta**, v.920, p. 293-300, 1987.

DANICKE, S.; ZACHMANN, R.; BOTTCHE, W.; JEROCH, H. Influence of graded-levels of rape seed in laying hen diets on the fatty-acid composition of the yolk fat with special consideration of the polyunsaturated fatty-acids. **Feed Wissenschaft Technologie-Fat Science Thechnology**, v.97, n.5, p. 194-199, 1995.

DREVON, C.A. Marine oils and their effects. **Nutrition Review**, v.50, p.30-45, 1992.

ELKIN, R.R.; ROGLER, J.C. Reduction of the cholesterol content of eggs by the oral administration of Lovastatin to laying hens. **Journal of Agriculture and Food Science**, v.38, p.1635-1641, 1990.

FARREL, D.J. The fortification of hens' eggs with  $\omega$ -3 long chain fatty acids and their effect in humans. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON "NON-CONVENTIONAL EGG USES AND NEWLY EMERGING PROCESSING TECHNOLOGIES", 1., 1994, Banff. **Anais...** 1994. p.386-401.

FARREL, D.J. Enrichment of hen eggs with n-3 long-chain fatty acids and evaluation of enriched eggs in humans. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v.68, p. 538-544, 1998.

FISHER, S.; VISCHER, V.; PREAC-MURSIC; WEBER, P. Dietary docosahexaenoic acid is retroconverted in man to eicosapentaenoic acid, which can be quickly transformed to prostaglandin I<sub>3</sub>. **Prostaglandins**, v.34, n.3, p.367-375, 1987.

FOLCH, J.; LEES, M.; STANLEY, G.H.S. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. **Journal of Biological Chemistry**, v.226, p.497-509, 1957.

FRIAS, A.C.D Utilização de ácidos graxos da família ômega-3 na prevenção de doenças cardiovasculares: revisão de literatura. **Boletim Cultural**, v.19, 1995.

FROST, T.J.; ROLAND, D.A.; UNTAWALE, G.G. Influence of vitamin D<sub>3</sub>, hydroxyvitamin D<sub>3</sub>, and 1,25-dihydroxyvitamin D<sub>3</sub> on egg shell quality, tibia strength, and various production parameters in commercial laying hens. **Poultry Science**, v.69, p.2008-2016, 1990.

FUJII, M.; ODAWARA, K.; OHYAMA, M.; FUKUNAGA, T.; KOGA, K. Fatty acid compositions of triacylglycerols and phospholipids in hen liver lipid before and after sexual maturity. **Poultry Science**, v.64, p.1371-1376, 1985.

GONZALEZ-ESQUERRA, R.; LEESON, S. Effect of feeding hens regular or deodorized savelha oil on production parameters, yolk acid profile, and sensory quality of eggs. **Poultry Science**, v.79, p.1597-1602, 2000a.

GONZALEZ-ESQUERRA, R.; LEESON, S. Studies on the metabolizable energy content of ground full-fat flaxseed fed in mash, pellet, and crumble diets assayed with birds of different ages. **Poultry Science**, v.79, p. 1606-1607, 2000b.

GRIFFIN, H.D. Manipulation of egg yolk cholesterol: a physiologist's review. **World's Poultry Science Journal**, v.48, n.2, p.101-112, 1992.

GRIFFIN, H.D.; GRANT, G.; PERRY, M. Hydrolysis of plasma triacylglycerol-rich lipoproteins from immature and laying hens (*Gallus domesticus*) by lipoprotein lipase in vitro. **Biochemical Journal**, v.206, p.647-654, 1982.

GRIFFIN, H.D.; PERRY, M.M.; GILBERT, A.B. Yolk formation. In: BELL, D.J.; FREEMAN, B.M. **Physiology and Biochemistry of the Domestic Fowl**, London: Academic Press, 1985. p.345-380.

GRONN, M.; CHRISTENSEN, E.; HAGVE, T.; CHRISTOPHERSON, B.O. Effects of dietary purified eicosapentaenoic acid (20:5 (n-3)) and docosahexaenoic acid (22:6 (n-3)) on fatty acid desaturation and oxidation in isolated rat liver cells. **Biochimica et Biophysica Acta**, v.1125, p.35-43, 1992.

GRUNDY, S.M. What is the desirable ratio of saturated, polyunsaturated, and monounsaturated fatty acids in the diet? **The American Journal of Clinical Nutrition**, v.66, n.4, p.988S-990S, 1997. Supplement.

GRIMES, J.L.; MAURICE, D.V.; LIGHTSEY, S.F.; GAYLORD, T.G. Dietary prilled fat and layer chicken performance and egg composition. **Poultry Science**, v.75, p.250-253, 1996.

HALL, L.M.; MCKAY, J.C. Variation in plasma cholesterol concentration over time in the domestic fowl. **British Poultry Science**, v.35, p.631-634, 1994.

HAMILL, T.W.; SOLIMAN, A.M. Determination of cholesterol by p-nitrobenzoate derivatization and liquid chromatography, **Journal of AOAC International**, v.77, n.5, p.1190-1196, 1994.

HAMILTON, R.M.G. Methods and factors that affect the measurement of egg shell quality. **Poultry Science**, v.61, n.10, p.2022-2039, 1982.

HARGIS, P.S. Modifying egg yolk cholesterol in the domestic fowl - a review. **World's Poultry Science Journal**, v.44, p.17-29, 1988.

HARGIS, P.S. ;VAN ELSWYK, M.E. Manipulating the fatty acid composition of poultry meat and eggs for the health conscious consumer. **World's Poultry Science Journal**, v.49, p.251-264, 1993.

HARGIS, P.S. ;VAN ELSWYK, M.E.; HARGIS, B.M. Dietary modification of yolk lipid with savelha oil. **Poultry Science**, v.70, p.874-883, 1991.

HARRIS, W.S. Fish oils and plasma lipid and lipoprotein metabolism in humans: a critical review. **Journal of Lipid Research**, v.30, p.785-807, 1989.

HARTMAN, L.; LAGO, R.C.A. Rapid preparation of fatty acid methyl esters from lipids. **Laboratory Practice**, v.22, p.475-477, 1973.

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**, v.75, p.1501-1507, 1996.

HEROLD, P.M.; KINSELLA, J.E. Fish oil consumption and decreased risk of cardiovascular disease: a comparison of findings from animal and human feeding trials. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v.43, p.566-598, 1986.

HUANG, E.B.; LEIBOVITZ, H.; LEE, C.M.; 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**, v.38, p.743, 1990.

HULAN, H.W. Omega-3 fatty acids levels of eggs and performance of SCWL layer genotypes fed herring meal. **Poultry Science**, v.67, p.99, 1988. Supplement 1.

JIANG, Z.; AHN, D.U.; SIM, J.S. Effect of feeding flaxseed and two types of sunflower seed on fatty acid compositions of yolk lipid classes. **Poultry Science**, v.70, p.2467-2475, 1991a.

JIANG, Z.; FENTON, M.; SIM, J.S. Comparison of four different methods for egg cholesterol determination. **Poultry Science**, v.70, p.1015-1019, 1991b.

JIANG, Z.; AHN, D.U.; LADNER, L.; SIM, J.S. Influence of feeding full flat flax and sunflower seeds on internal and sensory qualities of eggs. **Poultry Science**, v.71, p.378-382, 1992.

KARAHADIAN, C.; LINDSAY, R.C. Evaluation of compounds contributing characterizing fishy flavors in fish oils. **Journal of the American Oil Chemists Society**, v.66, p. 953-960, 1989.

KAWAI, T. Fish flavor. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.36, p.257-298, 1996.

KELI, S.O.; FESKENS, E.J.; KROMHOUT, L. Fish consumption and risk of stroke. The Zutphen study. **Stroke**, v.25, n.2, p.328-332, 1994.

KENNEDY, A.K.; HERBER, S.M.; VAN ELSWYK, M.E. Simultaneous dietary n-3 and n-6 enrichment enhances yolk essential fatty acid profiles in shell eggs. **Poultry Science**, v.74, p.16, 1995. Supplement 1.

KRIS-ETHERTON, P.M.; TAYLOR, D.S.; YU-POTH, S.; HUTH, P.; MORIARTY, K.; FISHELL, V.; HARGROVE, R.L.; ZHAO, G.; ETHERTON, T.D. Polyunsaturated fatty acids in the food chain in the United States. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v.71, p.179-188, 2000. Supplement.

KRISTENSEN, S.D.; SCHMIDT, E.B.; DYERBERG, J. Dietary supplementation with n-3 polyunsaturated fatty acids and human platelet function: A review with particular emphasis on implications for cardiovascular disease. **Journal of Internal Medicine**, v.225, p.141-150, 1989. Supplement 1.

LANDSHULTZ, K.; PATHAK, R.; RIGOTTI, A. KRIEGER, M.; HOBBS, H. Regulation of scavenger receptor, class B, type I, a high density lipoprotein receptor in liver and steroidogenic tissues of the rat. **The Journal of Clinical Investigation**, v.98, p.984-995, 1996.

LECLERCQ, B. Effect of dietary erucic acid in laying hens. Decrease in egg weight. **Annales de Biologie Animale, Biochimie, Biophysique**, v.12, n.3, p.505-508, 1972.

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**, v.77, p.1436-1440, 1998.

LI, S.X.; HARDIN, R.T.; FENTON, M.; SIM, J.S. Effect of dietary oil with and without antioxidant on cholesterol oxide formation. **Poultry Science**, v.74, p.74, 1995. (Abstract). Supplement 1.

LI-CHAN, E.C.Y.; POWRIE, W.D.; NAKAI. The chemistry of eggs and egg products. In: STADELMAN, W.J., COTTERILL, O.J. **Egg science and technology**. 4.ed., New York: Food Products Press, 1995. p.591.

LIN, F.C.; HSIEH, T.C.Y.; CROWTHER, J.B.; BIMBO, A.B. Efficiency of removing volatiles from savelha oils by refining, bleaching, and deodorization. **Journal of Food Science**, v.55, p.1669-1672, 1990.

LÓPEZ-FERRER, S.; BAUCCELLS, M.D.; BARROETA, A.C.; GRASHORN n-3 Enrichment of chicken meat using fish oil: Alternative substitution with rapeseed and linseed oils. **Poultry Science**, v.78, p.356-365, 1999.

LU, G.; WINDSOR, S.; HARRIS, E. Omega-3 fatty acids alter lipoprotein subfraction distributions and the in vitro conversion of very low density lipoproteins to low density lipoproteins. **Journal of Nutrition and Biochemistry**, v.10, p. 151-158, 1999.

LUHMAN, C.M.; MILLER, B.G.; BEITZ, D.C. The effect of feeding Lovastatin and Colestipol on production and cholesterol egg content of eggs. **Poultry Science**, v.69, n.5, p.852-855, 1990.

MARSHALL, A.C.; KUBENA, K.R.; HINTON, P.S. HARGIS, P.S.; VAN ELSWYK, E. N-3 fatty acid enriched table eggs: a survey of consumer acceptability. **Poultry Science**, v.73, p.1334-1340, 1994a.

MARSHALL, A.C.; SAMS, A.R.; VAN ELSWYK, E. Oxidative stability and sensory quality of stored eggs from hens fed 1.5% savelha oil. **Journal of Food Science**, v.59, p.561-563, 1994b.

MAURICE, D.V. LIGHTSEY, S.F.; DENG, S. Effect of source and amount of dietary fish oil on accumulation and decay of yolk n-3 fatty acids and organoleptic qualities. **Poultry Science**, v.72, p.18, 1993. Supplement 1.

MCDONALD, P.; EDWARDS, R.A.; GREENHALGH, J.F.D. Protein Concentrates In: **Animal nutrition**. London: Longman, 1981. p.418.

MCNAMARA, D.J.; KOLB, R.; PARKER, T.S.; BATWIN, H.; SAMUEL, P.; BROWN, C. D.; AHRENS JR., E. H. Heterogeneity of cholesterol homeostasis in man: Response to changes in dietary fat quality and cholesterol quantity. **The Journal of Clinical Investigation**, v.79, p.1729-1739, 1987.

MENDONÇA JR., C.X. Colesterol no ovo - possibilidades de sua redução. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE NUTRIÇÃO DE SUÍNOS E AVES, 1996, Campinas. **Anais...** p.87-118.

MONDINI, L. **Desnutrição e obesidade no Brasil: relevância epidemiológica e padrões de distribuição intra-familiar em diferentes estratos econômicos e regionais**. São Paulo, 1996. 98f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo.

MORAES, M.A.C. **Métodos para avaliação sensorial dos alimentos**. 5 ed. Campinas: Ed. Experimental, 1985, p.85.

MORI, A.V.; MENDONÇA JR., C.X.; SANTOS, C.O.F. Effect of lipid-lowering drugs upon plasma lipids and egg yolk cholesterol levels of laying hens. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.47, n.11, p.4731-4735, 1999.

MORI, A.V.; MENDONÇA JR., C.X.; WATANABE, C. Effects of cholestyramine and lovastatin upon plasma lipids and egg yolk cholesterol levels of laying hens. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v.37, n.1, 2000. Disponível em: <<http://www.scielo.br/cgi-bin/wxis.exe/iah/>>. Acesso em: 25 nov. 2001.

MURTY, N.L.; REISER, R. Influence of graded levels of dietary linoleic and linolenic acids on the fatty acid composition of hens' eggs. **The Journal of Nutrition**, v.75, p.287-294, 1961.

NABER, E.C. The effect of nutrition on the composition of eggs. **Poultry Science**, v.58, p.518-528, 1979.

NABER, E.C. Nutrient and drug effects cholesterol metabolism in the laying hen. **Federation Proceedings**, v.42, p.2486-2493, 1983.

NABER, E.C. Cholesterol content of eggs: can and should the industry try to change it? **Feedstuffs**, v.62, n.5, p.46-52, 1990.

NABER, E.C.; ELLIOT, J.F.; SMITH, T.L. Effect of Probulcol on reproductive performance, egg yolk cholesterol content, and lipid metabolism in the laying hen. **Poultry Science**, v.61, n.6, p.1118-1124, 1982.

NABER, E.C.; BIGGERT, M.D. Patterns of lipogenesis in laying hens fed a high fat diet containing safflower oil. **The Journal of Nutrition**, v.119, p. 690-695, 1989.

NASH D.M.; HAMILTON, R.M.G.; SANFORD, K.A.; HULAN, H.W. The effect of dietary savelha meal and storage on the omega-3 fatty acids and sensory attributes of egg yolk in laying hens. **Canadian Journal of Animal Science**, v.76, p.377-383, 1996.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of poultry**. 9. ed. Washington: National Academy of Sciences, 1994. p.155.

NAVARRO, J.G.; SAAVEDRA, J.C.; BORIE, F.B.; CAIOZZI, M.M. Influence of dietary fish meal on egg fatty acid composition. **Journal of Science Food and Agriculture**, v.23, p.1287-1292, 1972.

NETTLETON, J.A. Omega-3 fatty acids: comparison of plant and seafood sources in human nutrition. **The Journal of the American Dietetic Association**, v.91, p.331-337, 1991.

NETTLETON, J.A. Are n-3 fatty acids essential nutrients for fetal and infant development? **The Journal of the American Dietetic Association**, v.93, p.58-64, 1993.

NIELSEN, H. Hen age and fatty acid composition of egg yolk lipid. **British Poultry Science**, v.39, p.53-56, 1998.

NIMPF, J.; SCHNEIDER, W.J. Receptor-mediated lipoprotein transport in laying hens. **The Journal of Nutrition**, v.121, p.1475-1485, 1991.

NITSAN, Z., MOKADY S.; SUKENIK, A. Enrichment of poultry products with n-3 fatty acids by dietary supplementation with the alga *Nannochloropsis* and mantur oil. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v.47, p.5127-5132, 1999.

NOBLE, R.C. Egg lipids. In: WELLS, R.G.; BELYAVIN, C.G. **Egg quality - current problems and recent advances**. London: Butterworths, 1987. p.159-177.

NOBLE, R.C.; COCCHI, M.; TURCHETTO, E. Egg fat - a case for concern? **World's Poultry Science Journal**, v.446, p.109-118, 1990.

OH, S.K.; RYNE, J.; CHIA-HONG, H; BELL, D.E. Eggs enriched with omega-3 fatty acids and alterations in lipid concentrations in plasma and in blood pressure. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v.54, p.689-695, 1991.

OH, S.K.; LIN, C.H.; RYNE, J.; BELL, D.E. Eggs enriched with omega-3 fatty acids as a wholesome food. **Journal of Applied Nutrition**, v.46, p.15-25, 1994.

OHLSON, R. Production of and trade in rapeseed. In: NIEWIADOMSKI, H. **Rapeseed, chemistry and technology**. Poland: Elsevier, 1990. p.9-35.

OKOLICZ, W.C.; FOURNIER, D.J.; ESBER, H.; FREDERICKSON, T.N. Relationship of oestrogen and progesterone and their oviducal receptors in laying and non-laying 5-year-old hens. **Journal of Endocrinology**, v.106, p.343-348, 1985.

PALMER, I.S.; OLSON, O.E. HALVERSON, A.W.; MILLER, R.; SMITH, C. Isolation of factors in linseed oil meal protective against chronic selenosis in rats. **The Journal of Nutrition**, v.110, 145-150, 1980.

RAVINDRAN, V. BRYDEN, W.L.; CORNEGAY, E.T. Phytates: Occurrence, bioavailability and implications in poultry nutrition. **Poultry and Avian Biology Reviews**, v.6, p. 125-143., 1995

RENAUD, S.; de LORGERIL, M.; DELAYE, J.; GUIDOLLET, J.; JACGUARD, F.; MAMELL, N.; MARTIN, J-L.; MONJAUD, I.; SALEN, P.; TOUBOUL, P. Cretan Mediterranean Diet for Prevention of Coronary Heart Disease. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v.61, (1360S-1367S), 1995. Supplement.

ROSENTHAL, M.D.; GARCIA, M.C.; JONES, M.R.; SPRECHER, H.; Retroconversion and desaturation of docosatetraenoate (22:4 (n-6)) and docosapentaenoate (22:5 (n-3)) by human cells in culture. **Biochimica et Biophysica Acta**, v.1083, p.29-36, 1991.

ROSLING, H. Cyanide exposure from linseed. **Lancet**, v.341, p.177, 1993.

SANDERS, T.A.B. Polyunsaturated fatty acids in the food chain in Europe, **The American Journal of Clinical Nutrition**, v.71,p.S176-S178. Supplement.

SANDERS, T.A.B.; REDDY, S. The influence of a vegetarian diet on the fatty acid composition of human milk and the essential fatty acid status of the infant. **The Journal of Pediatrics**, v.120, p.S71-S77. Supplement.

SANTOS, C.O.F. **Efeito da adição de óleos poliinsaturados à ração nos níveis de lípidos plasmáticos e de colesterol no ovo de galinhas poedeiras**. 1998. 87f. Dissertação (Mestrado em Clínica Veterinária) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo.

SCHEIDELER, S.E.; FRONING, G.W. The combined influence of dietary flaxseed variety, level, form and storage conditions on egg production and composition among vitamin E – supplemented hens. **Poultry Science**, v.75, p.1221-1226, 1996.

SCHEIDELER, S.E.; FRONING, G.W.; CUPPETT, Studies of consumer acceptance of high omega-3 fatty acid enriched eggs. **Journal of Applied Poultry Research**, v.6, p.137-146, 1997.



- SCHEIDELER, S.E.; JARONI, D.; FRONING, G.W. Strain and age effects on egg composition from hens fed diets rich in n-3 fatty acids. **Poultry Science**, v.77, p.192-196, 1998.
- SIM, J.S.; BRAGG, D.B. Effect of dietary factors on serum and egg yolk cholesterol levels of laying hen. **Poultry Science**, v.56, p.161-166, 1977.
- SIM, J.S.; KITTS, W.D.; BRAGG, D.B. Influence of dietary oil, cholesterol and soysterols on the faecal neutral and acidic steroid excretion in laying hens. **Poultry Science**, v.59, p.325-327, 1980.
- SIM, J.S.; TOY, B.; CRICK, D.C.; BRAGG, D.B. Effect of dietary erucic acid on the utilization o oils or fats by growing chicks. **Poultry Science**, v.64, p.2150-2154, 1985.
- SIMMONS, R.A.; SOMES JR, R.G. Chemical characteristics of Araucana chicken eggs. **Poultry Science**, v.64, p.1264-1268, 1985.
- SIMOPOULOS, A.P. New products from the agri-food industry: the return of n-3 fatty acids into the food supply. **Lipids**, v.34, p.S297-301,1999. Supplement 1.
- SIMOPOULOS, A.P. Symposium: role of poultry products in enriching the human diet with n-3 pufa. **Poultry Science**, v.79, p.961-970, 2000.
- STADELMAN, W.J.; PRATT, D.E. Factors influencing composition of the hen egg. **World's Poultry Science Journal**, v.45, p.247, 1989.
- STENSON, W.F.; CORT, D.; RODGERS, J. Dietary supplementation with fish oil in ulcerative colitis. **Annals of Internal Medicine**, v.116, p. 609-614, 1992.
- USDA Nutrient Database for Standard Reference, Release 14 (July 2001). Disponível em: <[http://www.nal.usda.gov/fnic/cgi-bin/list\\_nut.pl](http://www.nal.usda.gov/fnic/cgi-bin/list_nut.pl)>. Acesso em: 27 jul. 2001.
- VAN ELSWYK, M.E. Nutrition and physiological effects of flax seed in diets for laying fowl. **World's Poultry Science Journal**, v.53, p.153-183, 1997a.
- VAN ELSWYK, M.E. Comparison of n-3 fatty acid sources in laying hen rations for improvement of whole egg nutritional quality: a review. **British Journal of Nutrition**, v.78, p.S61-S69, 1997b. Supplement 1.
- VAN ELSWYK, SAMS, A.R.N; HARGIS, P.S. Composition, functionality, and sensory evaluation of eggs from hens fed dietary savelha oil. **Journal of Food Science**, v.57, p.342-344, 1992.
- VAN ELSWYK, M.E.; SCHAKE, L.S.; HARGIS, B.M.; HARGIS, P.S. Effects of dietary savelha oil on serum lipid parameters and hepatic lipodosis in laying hens, **Poultry Science**, v.70, p.122, 1991. (Abstract). Supplement 1.

VAN ELSWYK, M.E.; DAWSON, P.L.; SAMS, A.R.N. Dietary savelha oil influences sensory characteristics and headspace volatiles of shell eggs. **Journal of Food Science**, v.60, p.85-89, 1995.

VON SCHACKY, C.; FISCHER, S.; WEBER, P.C. Long-term effects of dietary marine omega-3 fatty acids upon plasma and cellular lipids, platelet function, and eicosanoid formation in humans. **Journal of Clinical Investigation**, v.76, n.4. p.1626-31, 1985.

WALDROUP, P.W.; NDIFE, L.I.; HELLWIG, H.M. Influence of ProbucoI ((4,4'-isopropylidene dithio)-bis(2,6-di-*t*-butyl-phenol)) on egg yolk cholesterol content and performance of laying hens. **Poultry Science**, v.65, p.1949-1954, 1986.

WALZEN, R.L. Lipoproteins and the laying hen: form follows function. **Poultry Avian Biology Review**, v.7, n.1, p.31-34, 1996.

WHITE, P.J. Fatty acids in oilseeds (vegetable oils). In: CHOW, C.K. **Fatty acids in food and their health implications**. New York: Marcel Dekker, 1992. p.237-242.

WHITEHEAD, C.C.; BOWMAN, A.S.; GRIFFIN, H.D. Regulation of plasma oestrogens by dietary fats in the laying hen: Relationships with egg weight. **British Poultry Science**, v.34, p.999-1010, 1993.

WORLD HEALTH ORGANIZATION Food and Agriculture Organization of the United Nations and the World Health Organization. Fats and oils in human nutrition: report of a joint expert consultation. **FAO Food and Nutrition**, n.57, p.147, 1995.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Cardiovascular diseases. Disponível em: <<http://www.who.int/ncd/cvd/index.htm>> Acesso em: 05 jul. 2001.

YU, M.M.; SIM, J.S. Biological incorporation of n-3 polyunsaturated fatty acids into chicken eggs. **Poultry Science**, v.66, p.96, 1997. Supplement 1.