

## EFEITO DE FONTES MARINHAS RICAS EM PUFA<sub>s</sub> NA DIETA SOBRE A COMPOSIÇÃO LIPÍDICA E PERCENTUAIS DE INCORPORAÇÃO DE PUFA<sub>s</sub> n-6 NA GEMA DO OVO

P.R. Carvalho<sup>1</sup>, M.C.G. Pita<sup>2</sup>, E. Piber Neto<sup>2</sup>, C.X. Mendonça Junior<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Apta Regional do Centro-Oeste, Unidade de Pesquisa e Desenvolvimento de Bauru, Av. Rodrigues Alves, 40-40, CEP 17063-080, Bauru, SP, Brasil. E-mail: preiscar@usp.br

### RESUMO

A presente pesquisa foi conduzida utilizando-se 288 galinhas poedeiras da linhagem Hisex White com 32 semanas de idade, pelo período de 10 semanas, com o objetivo de estudar o enriquecimento da gema do ovo em ácidos graxos a partir de rações suplementadas com óleo de peixe (OP) ou alga marinha (AM) em cinco níveis de ácido docosahexaenóico (DHA) de 120, 180, 240, 300 e 360 mg/100 g dieta. Foi aplicado o modelo fatorial 2x5, em delineamento inteiramente casualizado, com três repetições de oito aves por tratamento, de modo a constituir os grupos: OP120, OP180, OP240, OP300, OP360, AM120, AM180, AM240, AM300 e AM360. Um grupo controle submetido à ração basal de milho e soja (CON) e outro, acrescido de AM, contendo 420 mg de DHA/100 g dieta (AM420) foram também utilizados. Os ácidos araquidônico (AA), linoléico e PUFA<sub>s</sub> n-6 mostraram decréscimos significativos ( $P < 0,05$ ) com o aumento de OP na dieta, variando, respectivamente, de 98,71 mg, 987,70 mg e 1.108,92 mg/gema na dieta CON a 38,87 mg, 734,22 mg e 802,79 mg/gema, para o grupo OP360. Para a fonte OP, as médias de AA também mostraram linearidade ( $Y = -0,16X + 89,40$ ,  $R^2 = 0,86$ ), decrescendo de 98,71 mg/gema (CON) para 38,87 mg/gema (OP360) e 77,79 mg/gema (AM420), enquanto que o total de PUFA<sub>s</sub> n-6 oscilou de 1.108,92 mg/gema (CON) a 802,79 mg/gema (OP360) e 1.178,19 mg/gema (AM120). O percentual de incorporação de AA na gema dos ovos decresceu linearmente com o aumento dos níveis de DHA na ração suplementada com OP e AM, de 4,81% (CON) para 2,57% (OP360) e 3,51% (AM420). As médias de 1.572,11 mg/gema (OP) e 2.118,16 mg/gema (AM) de consumo do total de PUFA<sub>s</sub> n-6 e de 3,12% (OP) e 4,30% (AM) de incorporação de AA na gema diferiram ( $P < 0,05$ ) entre fontes. Um decréscimo significativo ( $P < 0,05$ ) foi consignado na relação n-6/n-3, variando de 17,50 (CON) para 3,72 (OP360) e 6,36 (AM420).

**PALAVRAS-CHAVE:** Araquidônico, ovos de galinha, ácidos graxos, óleo de peixe, alga marinha.

### ABSTRACT

EFFECT OF PUFA-RICH SUPPLEMENTS FROM MARINE SOURCES IN THE FEED OF LAYING HENS ON LIPID COMPOSITION AND THE PERCENTAGE OF INCORPORATION OF n-6 PUFAs IN EGG YOLK. This experiment was conducted using 288 Hisex White laying hens, 32 weeks old, for a period of 10 weeks, with the objective of studying the fatty-acid enrichment of the egg yolk of hens fed diets supplemented with fish oil (OP) or marine algae (AM) to provide five levels of docosahexaenoic acid (DHA) of 120, 180, 240, 300 and 360 mg/100 g diet for each source. A 2x5 completely randomized factorial design with three replicates of eight birds per treatment was applied in order to have the following groups: OP120, OP180, OP240, OP300, OP360, AM120, AM180, AM240, AM300 and AM360. A control group submitted to a corn/soy basal diet (CON) and another one supplemented with marine algae at the level of 420 mg of DHA/100 g diet (AM420) were also used. The arachidonic acid (AA), linoleic (AL) and n-6 PUFAs showed significant decreases ( $P < 0.05$ ) with the increase of fish oil in the diet, ranging, respectively, from 98.71 mg, 987.70 mg and 1108.92 mg/yolk in the CON diet to 38.87 mg, 734.22 and 802.79 mg/yolk, for the group OP360. For the fish-oil source, the average amount of arachidonic acid also showed linearity ( $X + Y = -0.16 89.40$ ,  $R^2 = 0.86$ ), decreasing from 98.71 mg/yolk (CON) to 38.87 mg/yolk (OP360) and 77.79 mg/yolk (AM420), while the total of n-6 PUFAs ranged from 1108.92 mg/yolk (CON) to 802.79 mg/yolk (OP360) and 1178.19 mg/yolk (AM120). The percentage of incorporation of arachidonic acid in the yolk of eggs decreased linearly with increasing levels of DHA in feed supplemented with fish oil and marine algae, from 4.81% (CON) to 2.57% (OP360) and 3.51% (AM420). The averages of 1572.11 mg/yolk (fish oil) and 2118.16 mg/yolk (marine algae) of the total consumption of n-6 PUFAs, and 3.12% (fish oil) and 4.30% (marine algae) of the incorporation

<sup>2</sup>Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil.

of AA into yolk differed ( $P < 0.05$ ) between sources. A significant decrease ( $P < 0.05$ ) was noted in the n-6/n-3 ratio, varying from 17.50 (CON) to 3.72 (OP360) and 6.36 (AM420).

KEY WORDS: Arachidonic acid, fatty acids, hens' eggs, fish oil, marine algae.

## INTRODUÇÃO

Somente o ácido linoléico (AL,  $C_{18:2\ n-6}$ ) é considerado essencial por não ser sintetizado pelo organismo animal (BALNAVE, 1970). Entretanto, do ponto de vista da necessidade dos ácidos graxos para funções fisiológicas normais do organismo, são essenciais os ácidos AL, linoléico (ALA,  $C_{18:3\ n-3}$ ) e araquidônico (AA,  $C_{20:4\ n-6}$ ). Em galinhas poedeiras a deficiência do AL reduz o tamanho do ovo. Do AL pode originar a série ômega-6, sendo que via dessaturação e alongação pela enzima delta-6-dessaturase pode ser convertido a ácido g-linolênico ( $C_{18:3\ n-6}$ ), ácido eicosatrienóico ou dihomo-g-linolênico ( $C_{20:3\ n-6}$ ) e AA. O AL entra na composição orgânica de ácidos graxos em fosfolípidios e ésteres de colesterol. A função biológica mais importante, entretanto, é como precursor de prostaglandinas ( $PG_1$ ), tromboxanos, leucotrienos e lipoxinas os quais contêm ácidos graxos insaturados de 20 carbonos com um anel ciclopentano no centro da molécula. A prostaglandina  $PGE_2$  derivada do AA resulta na contração uterina e expulsão do ovo, ao mesmo tempo em que relaxa a musculatura da vagina. O AA participa como constituinte de membranas biológicas e organelas celulares, exercendo importantes funções bioquímicas em nível molecular como sinalizadores célula a célula, é precursor de substâncias com propriedades de reguladores hormonais exercendo função autocrina e paracrina (PHETTEPLACE; WATKINS, 1989; SIM, 1998; SIMOPOULOS, 2003; 2009). O AA é reconhecido por originar substâncias que estimulam as reações inflamatórias, as prostaglandinas, tromboxanos e leucotrienos das séries 2 e 4, todas relacionadas ao aumento das doenças cardiovasculares (DCV), incluindo aterosclerose e cardiopatias ligadas ao infarto do miocárdio (DYERBERGET *et al.*, 1975; BANG *et al.*, 1976; DE LORGERIL; SALEN (2003); DEWAILLY *et al.*, 2001; NETTLETON, 1995).

Em função do aumento da quantidade de ácidos graxos n-6 na dieta ocidental, precursores de eicosanóides a partir do AA são formados em grandes quantias.

Na galinha poedeira de um ovo por dia, 19 gramas de precursores da gema são sintetizados pelo fígado, transportados para o desenvolvimento do folículo, via corrente sanguínea, e depositados na gema pelo mecanismo celular específico de receptor mediador na membrana do oócito. Os sólidos da gema, ao redor de 65%, estão empacotados em uma partícula complexa conhecida como lipoproteína de baixa densidade (VLDL, 1,006 g/dL), a qual contém 12% de proteína e 88% de lipídeos. A fração lipídica da partícula contém 70 a 75% de triacilgliceróis, 20 a 25% de fosfolípídios e 4% de colesterol (FREEMAN, 1984; ETCHES, 1996).

Do ponto de vista nutricional, o ovo é considerado um alvo ideal para modificação da dieta humana e animal conduzindo ao desenvolvimento de um alimento com propriedades funcionais ou nutracêuticas. SURAI; SPARKS (2001) e ZEIDLER (1998) consideraram que os benefícios da melhora da qualidade dos ovos com aumento da concentração de ácidos graxos poliinsaturados, vitamina E, carotenóides e selênio refletem os resultados das pesquisas visando enriquecer ovos. A gema possui alto teor de gorduras passíveis de alteração da composição química de seus ácidos graxos (YU; SIM, 1987; GRIFFIN, 1992; SIM, 2000). Nesta pesquisa, objetivou-se estudar a influência da suplementação à ração de teores crescentes de óleo de peixe e de alga marinha, sobre o perfil de ácidos graxos poliinsaturados da série ômega-6 (PUFAs n-6) na gema do ovo de galinhas poedeiras submetidas à dieta basal de milho e soja.

## MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida de outubro a dezembro de 2003 no biotério experimental de aves do Departamento de Clínica Médica da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo. No presente estudo foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, empregando-se 288 galinhas poedeiras da linhagem comercial Hisex White com 32 semanas idade, distribuídas em 12 tratamentos, com três repetições de oito aves, alojadas em gaiolas de 0,45m x 0,25 m x 0,45 m, sendo duas aves por gaiola. A ração foi fornecida a vontade em comedouro tipo calha e a água em bebedouro tipo nipple. As aves receberam 16 horas diárias de luz.

### Rações experimentais

As rações experimentais fornecidas às galinhas poedeiras, isocalóricas e isoproteicas, foram formuladas de acordo com os requerimentos estabelecidos pelo NRC (1994). O grupo controle foi composto de dieta basal de milho e soja, enquanto que nos demais tratamentos as rações foram suplementadas com óleo de salmão (OP) ou alga (AM). Os tratamentos de dois a seis tiveram adição de níveis crescentes de ácido docosahexaenóico (DHA) de óleo de salmão (*Salmo salar*) nas concentrações de 120 mg (0,80% OP); 180 mg (1,20% OP); 240 mg (1,60% OP); 300 mg (2,00% OP) e 360 mg DHA/ 100 g ração (2,40% OP), enquanto que os de sete a doze continham percentuais crescentes de

alga marinha (*Schizochytrium* sp.) de 120 mg (0,50% AM); 180 mg (0,75%); 240 mg (1,00% AM); 300 mg (1,25% AM); 360 mg (1,50% AM) e 420 mg DHA/100 g de ração (1,75% AM). Ao OP (salmão) e AM foram adicionados 200 ppm do antioxidante Butil Hidroxi Tolueno (BHT). O extrato etéreo da alga marinha foi 56,2% (Tabela 1).

### Análise dos ácidos graxos da gema do ovo

Na oitava semana experimental, foram colhidos quatro ovos por repetição. As gemas foram separadas e pesadas individualmente. A seguir, foram homogeneizadas a fim de se obter uma amostra por repetição, formada por pool de quatro gemas, constituindo-se três amostras por tratamento. As análises foram realizadas a partir de um grama de gema fresca e crua de cada amostra segundo a metodologia descrita por FOLCH *et al.* (1957) e BLIGH; DYER (1959), modificada por NIELSEN (1998), enquanto que a saponificação do extrato lipídico e a extração dos ésteres de ácidos graxos das amostras foram realizadas segundo a técnica descrita por HARTMAN; LAGO (1973). A seguir, a amostra foi solubilizada com hexano e procedeu-se a injeção de 1 (um)  $\mu$ L da solução para determinação do perfil de metil-ésteres de ácidos graxos pela técnica de cromatografia gasosa.

Os lipídes totais de uma amostra por repetição foram determinados por gravimetria segundo a técnica de FOLCH *et al.* (1957) e BLIGH; DYER (1959) sequencialmente a determinação dos ácidos graxos.

Para a avaliação do perfil de ácidos graxos da AM, dos óleos de peixe e milho, das rações e das gemas (Tabela 1) utilizou-se a técnica de cromatografia gasosa com o uso de cromatógrafo da marca Varian modelo CP3800 equipado com detector de ionização de chama e acoplado ao sistema "Workstation Star Chromatography". Empregou-se coluna capilar de sílica fundida CP-WAX 52CB (Chrompack) com 30 m de comprimento, 0,25 mm de diâmetro e 0,25  $\mu$ m de polietilenoglicol. As condições de operação foram: injeção "split", razão 50:1, temperatura da coluna: 150° C durante 15 minutos, programada até 210° C em uma razão de 3° C por minuto; gás de arraste: nitrogênio com uma vazão de 1,5 mL por minuto; gás "make-up": Nitrogênio 30 mL por minuto; temperatura do injetor: 250° C; temperatura do detector: 280° C. Foram utilizados padrões externos contendo o perfil de metil-ésteres de ácidos graxos 189-19 da Supelco®. Foi utilizado o padrão interno de etil-éster de ácido docosahexaenóico da Sigma® cis - 4.7.10.13.16.19 a 99% (D-2661, 10 mg).

### Análise estatística

Na avaliação estatística dos resultados foi utilizado o delineamento em arranjo fatorial com três repeti-

ções por tratamento aplicando-se os procedimentos descritos por SNEDECOR; COCHRAN (1967), a dois critérios de classificação [fontes de ácidos graxos poliinsaturados: óleo de peixe (OP) e alga marinha (AM)] e níveis de ácido docosahexaenóico (DHA) nas dietas contendo óleo de peixe e alga marinha: 120; 180; 240; 300 e 360 mg/100 g. Com o objetivo de comparar os tratamentos previamente mencionados com um grupo controle de aves alimentadas com ração basal de milho e soja e outro constituído de galinhas submetidas à dieta contendo AM em teor de 420 mg de DHA/100 g de ração, foi elaborada a análise de variância envolvendo um total de doze tratamentos. O teste de Tukey foi aplicado para analisar a diferença entre médias. A análise estatística foi realizada mediante o uso do software "Statistical Analysis System" (SAS, 1994) adotando o nível de 5% de significância.

## RESULTADOS

A adição de teores crescentes das fontes suplementares de OP e AM em níveis crescentes, ricas em PUFA's n-3 à dieta determinaram mudanças significativas na composição dos lipídeos da gema do ovo das galinhas poedeiras. O decréscimo na relação do total de PUFA's n-6/ PUFA's n-3 de 355,70 (CON) para 2,62 (OP360) e 4,08 (AM420) em função do acréscimo de OP e AM as dietas foram os responsáveis por estes efeitos (Tabelas 1 e 2).

Foram evidentes os efeitos das fontes suplementares de OP e AM adicionadas às rações das poedeiras (Tabelas 1 e 2) sobre todos parâmetros analisados incluindo as médias dos totais de ácidos graxos saturados (% SAT), monoinsaturados (% MUFAs), poliinsaturados (% PUFA's), % PUFA's n-6, relação n-6/n-3, poliinsaturado: saturado (P/S), nos tratamentos, fontes e níveis de OP e AM estudados de acordo peso das gemas, lipídios totais (%) e gordura da gema (Tabelas 3 a 6).

Os maiores percentuais (%) ácidos graxos na ração (CON) em ordem decrescente foram: 49,22 (linoléico) > 29,71 (oléico) > 13,21 (palmítico) > 2,09 (esteárico) e inversamente na gordura da gema foram: 39,90 (oléico) > 25,03 (palmítico) > 17,60 (linoléico) > 7,89 (esteárico) > 2,61 (palmitoléico). Da mesma maneira, os maiores percentuais dos totais de ácidos graxos no extrato etéreo das rações (CON) em ordem decrescente foram: 51,02 (PUFA's) > 50,88 (PUFA's n-6) > 30,32 (MUFAs) > 15,99 (SAT) > 0,14 (PUFA's n-3) e em contraste na gordura da gema foram: 42,78 (MUFAs) > 33,21 (SAT) > 20,88 (PUFA's) > 19,77 (PUFA's n-6) > 1,11 (PUFA's n-3). Ainda, com adição de OP e AM às dietas observou-se concomitante ao decréscimo linear de PUFA's n-6, o acréscimo de PUFA's n-3 no extrato etéreo das rações e na gema dos ovos, respectivamente (Tabelas 2 e 3).

Tabela 1 - Composição das rações experimentais.

Tratamento	CON	OP120	OP180	OP240	OP300	OP360	AM120	AM180	AM240	AM300	AM360	AM420
%												
Ingrediente												
Milho	53,79	52,53	52,53	52,53	52,53	52,53	51,61	51,68	51,76	52,06	52,42	52,78
Farelo de soja	28,30	27,85	27,85	27,85	27,85	27,85	27,79	27,68	27,57	27,62	27,71	27,80
Farelinho de trigo	3,17	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	4,45	3,75	3,05
Óleo de milho	3,00	2,20	1,80	1,40	1,00	0,60	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Óleo de peixe	-	0,80	1,20	1,60	2,00	2,40	-	-	-	-	-	-
Alga marinha	-	-	-	-	-	-	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75
DL- metionina	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27
Cloreto de colina	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
Sal	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Calcário	9,60	9,48	9,48	9,48	9,48	9,48	9,96	9,75	9,53	9,48	9,48	9,48
Fosfato bicalcico	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30
Premix vitamínico	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Premix mineral	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
<b>Análise determinada</b>												
Extrato etéreo (%)	4,01	4,06	4,12	4,43	4,15	4,20	4,46	4,60	4,63	4,74	4,80	5,28
Ácido eicosapentaenóico (EPA,%)	-	1,84	2,73	4,00	5,46	6,26	0,21	0,20	0,05	0,29	0,28	0,39
Ácido docosapentaenóico (DPA, %)	-	0,09	0,10	0,12	0,17	0,15	0,50	1,05	1,05	2,17	1,82	2,79
Ácido docosahexaenóico (DHA, %)	-	2,69	4,11	5,18	6,95	7,44	1,62	2,90	2,87	3,68	4,73	7,18
<b>Análise calculada</b>												
Energia metabolizável (Kcal/kg)	2750	2750	2750	2750	2750	2750	2750	2750	2750	2750	2750	2750
Proteína bruta (%)	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00
Metionina (%)	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55
Metionina + Cistina (%)	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84
Calcio (%)	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Fósforo total (%)	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61
Fósforo disponível (%)	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37
Fibra	3,40	3,48	3,48	3,48	3,48	3,48	3,46	3,45	3,44	3,41	3,37	3,36

Tabela 2 - Composição em ácidos graxos (% do total de ácidos graxos) das rações experimentais.

Tratamentos	CON	OP120	OP180	OP240	OP300	OP360	AM120	AM180	AM240	AM300	AM360	AM420
OP (%)	0	0,80	1,20	1,60	2,00	2,40	0	0	0	0	0	0
AM (%)	0	0	0	0	0	0	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75
Teor de ácidos graxos (%)												
Ácidos graxos												
Mirístico (C <sub>14:0</sub> )	0,29	1,03	1,59	2,07	3,18	2,36	0,37	0,68	0,67	0,88	1,08	1,62
Palmitico (C <sub>16:0</sub> )	13,21	13,51	14,53	14,61	16,85	15,69	13,24	13,69	14,17	14,60	14,89	15,96
Palmitoleico (C <sub>16:1 n-7</sub> )	0,27	1,77	2,35	3,07	4,47	3,34	0,26	0,13	0,12	0,14	0,12	0,13
Estearico (C <sub>18:0</sub> )	2,09	2,45	2,76	2,90	3,00	2,97	2,14	2,05	2,02	2,01	2,05	1,80
Oléico (C <sub>18:1 n-9</sub> )	29,71	28,03	29,66	28,42	24,16	22,99	28,73	27,02	29,58	25,79	26,82	24,61
Linoléico (C <sub>18:2 n-6</sub> )	49,22	42,43	38,20	34,14	31,29	34,10	45,54	45,10	44,57	45,51	43,62	41,17
α-linolênico (C <sub>18:3 n-3</sub> )	0,14	0,11	0,14	0,18	0,20	0,20	0,10	0,07	0,07	0,12	0,15	0,16
γ-linolênico (C <sub>18:3 n-6</sub> )	1,67	1,90	1,78	2,00	2,24	2,30	2,18	1,56	1,65	1,66	1,43	1,35
Araquídico (C <sub>20:0</sub> )	0,41	0,38	0,36	0,32	0,24	0,29	0,40	0,42	0,42	0,41	0,42	0,40
Gadoléico (C <sub>20:1 n-9</sub> )	0,30	0,67	0,88	0,86	0,95	0,89	0,36	0,30	0,33	0,35	0,32	0,30
Araquidônico (C <sub>20:4 n-6</sub> )	-	0,17	0,24	0,31	0,42	0,36	0,15	0,16	0,15	0,20	0,26	0,38
EPA (C <sub>20:5 n-3</sub> )	-	1,85	2,74	4,00	5,46	6,26	0,21	0,20	0,31	0,29	0,28	0,39
Erúico (C <sub>22:1 n-9</sub> )	0,05	0,33	0,23	0,34	-	0,38	0,41	0,36	0,18	0,23	0,16	0,12
Não identificado	2,64	2,59	0,34	1,50	0,41	0,29	3,78	4,31	1,82	1,96	1,84	1,62
DPA (C <sub>22:5 n-3</sub> )	-	0,10	0,10	0,12	0,18	0,15	0,50	1,05	1,04	2,17	1,82	2,79
DHA (C <sub>22:6 n-3</sub> )	-	2,69	4,11	5,18	6,95	7,44	1,63	2,89	2,87	3,68	4,73	7,18
Total de Saturados	15,99	17,37	19,23	19,89	23,27	21,32	16,15	16,83	17,29	17,90	18,45	19,79
Total de Monoinsaturados	30,32	30,80	33,12	32,68	29,57	27,60	29,77	27,81	30,22	26,50	27,43	25,16
Total de Poliinsaturados	51,02	49,24	47,31	45,93	46,75	50,80	50,30	51,05	50,67	53,63	52,29	53,43
Total de n-6	50,88	44,49	40,22	36,45	33,96	36,75	47,86	46,83	46,38	47,37	45,30	42,90
Total de n-3	0,14	4,75	7,09	9,48	12,79	14,05	2,44	4,22	4,29	6,27	6,99	10,53
Relação n-6/n-3	355,70	9,38	5,67	3,85	2,66	2,62	19,61	11,09	10,81	7,55	6,49	4,08
Relação P/S	3,19	2,84	2,46	2,31	2,01	2,38	3,12	3,03	2,93	3,00	2,83	2,70
Gordura total	4,01	4,06	4,12	4,43	4,15	4,20	4,46	4,60	4,63	4,75	4,80	5,28

Tabela 3 - Composição em ácidos graxos (% do total de ácidos graxos) da gema, segundo os tratamentos estudados.

Tratamentos	Teor de ácidos graxos (%)											
	CON	OP120	OP180	OP240	OP300	OP360	AM120	AM180	AM240	AM300	AM360	AM420
OP (%)	0	0,80	1,20	1,60	2,00	2,40	0	0	0	0	0	0
AM (%)	0	0	0	0	0	0	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75
Ácidos graxos												
Mirístico (C <sub>14:0</sub> )	0,28 e*	0,33 cde	0,36 bcde	0,40 bc	0,42 ab	0,49 a	0,30 cd	0,37 bc	0,33 cde	0,36 bcde	0,42 ab	0,43 ab
Palmitico (C <sub>16:0</sub> )	25,03 abc	25,38 abc	25,27 abc	25,59 abc	26,27 ab	26,70 a	24,18 c	25,94 abc	24,47 bc	25,62 abc	25,57 abc	25,81 abc
Palmitoléico (C <sub>16:1 n-7</sub> )	2,61 bcd	2,80 abcd	3,46 a	3,23 abc	3,73 ab	3,62 a	2,37 d	2,48 cd	2,43 cd	2,25 d	2,53 cd	2,42 cd
Estérico (C <sub>18:0</sub> )	7,89 a	9,82 a	7,83 a	8,65 a	8,02 a	8,40 a	8,11 a	7,82 a	7,90 a	8,00 a	8,03 a	8,89 a
Oléico (C <sub>18:1 n-9</sub> )	39,90 ab	41,19 ab	42,80 a	41,59 ab	41,34 ab	41,66 ab	40,62 ab	38,98 ab	40,83 ab	39,14 ab	38,54 b	38,02 b
Linoléico (C <sub>18:2 n-6</sub> )	17,60 abcd	15,83 bcde	14,96 de	15,39 cde	14,64 de	12,99 e	19,03 a	18,21 abc	18,46 abc	18,41 abc	18,71 ab	18,42 abc
α-linoléico (C <sub>18:3 n-3</sub> )	0,15 a	0,11 a	0,14 a	0,13 a	0,15 a	0,13 a	0,12 a	0,13 a	0,11 a	0,14 a	0,12 a	0,13 a
γ-linoléico (C <sub>18:3 n-6</sub> )	0,41 abc	0,39 abc	0,43 abc	0,48 ab	0,47 ab	0,52 a	0,32 c	0,39 abc	0,32 c	0,36 bc	0,40 abc	0,36 bc
Gadoléico (C <sub>20:1 n-9</sub> )	0,28 a	0,27 a	0,28 a	0,29 a	0,28 a	0,29 a	0,27 a	0,26 a	0,25 a	0,26 a	0,24 a	0,24 a
Araquidônico (C <sub>20:4 n-6</sub> )	1,76 a	1,20 abcd	0,88 bcd	0,81 cd	0,87 bcd	0,69 d	1,73 a	1,53 a	1,51 ab	1,53 a	1,79 a	1,41 abc
EPA (C <sub>20:5 n-3</sub> )	0,00 e	0,08 cd	0,14 cd	0,17 bc	0,25 b	0,35 a	0,01 e	0,02 e	0,02 e	0,02 e	0,05 e	0,06 cd
DPA (C <sub>22:5 n-3</sub> )	0,56 a	0,07 d	0,05 d	0,04 d	0,02 d	0,06 d	0,36 d	0,34 bc	0,27 bc	0,31 bc	0,24 c	0,28 bc
DHA (C <sub>22:6 n-3</sub> )	0,40 f	1,87 de	2,29 cd	2,43 bcd	2,99 ab	3,32 a	1,38 e	2,00 de	1,79 de	2,26 cd	2,28 cd	2,72 abc
Total de Saturados (S)	33,21 a	35,53 a	33,46 a	34,64 a	34,72 a	35,60 a	32,59 a	34,14 a	32,71 a	33,99 a	34,04 a	35,12 a
Total de Monoinsaturados (M)	42,78 abcd	42,26 abcd	46,54 a	45,10 abc	45,00 abc	45,57 ab	43,25 abcd	41,71 bcd	43,52 abcd	41,64 bcd	41,31 cd	40,68 d
Total de Poliinsaturados (P)	20,88 abc	19,56 bc	18,88 c	19,47 bc	19,39 bc	18,06 c	22,96 a	22,63 ab	22,46 ab	23,04 a	23,60 a	23,37 a
Total de n-6	19,77 abc	17,42 bcd	16,26 d	16,69 cd	15,97 d	14,21 d	21,08 a	20,14 ab	20,29 ab	20,29 ab	20,90 a	20,19 ab
Total de n-3	1,11 f	2,13 de	2,62 cd	2,77 bcd	3,41 ab	3,85 a	1,87 e	2,49 cde	2,18 de	2,74 bcd	2,70 bcd	3,18 abc
Relação n-6/n-3	17,50 a	8,17 cd	6,39 de	6,02 def	4,70 f	3,72 f	11,25 b	8,16 cd	9,40 cd	7,41 cd	7,81 cd	6,36 de
Relação P/S	0,63 abc	0,55 bc	0,56 bc	0,56 bc	0,56 bc	0,51 c	0,70 a	0,67 ab	0,69 a	0,67 ab	0,69 a	0,67 ab

\*Médias com letras distintas nas linhas indicam diferenças significativas (P &lt; 0,05) pelo teste de Tukey.

Os teores totais de SAT não foram influenciados pelos tratamentos. Entretanto, diferença significativa para as médias de 34,79% (OP) e 33,49% (AM) foram assinaladas entre fontes.

Entre os MUFAs, o oléico, com média variando ao redor de 40%, apresentou-se como o maior ácido graxo da gema nos tratamentos. Para fontes, médias significativamente diferentes de 45,29% (OP) e 42,28% (AM) confirmaram os MUFAs como os ácidos graxos em maior percentual na gema do ovo.

#### Ácidos graxos poliinsaturados ômega-6 (PUFAs n-6) na gema do ovo

Os PUFAs n-6, apesar de majoritários, com 50,88% (CON) no extrato etéreo da ração, não mantiveram a preponderância na gordura da gema do ovo. Foram responsáveis por este decréscimo a soma dos três principais ácidos graxos, linoléico (AL, C<sub>18:2 n-6</sub>),  $\gamma$ -linolênico (GL, C<sub>18:3 n-6</sub>) e araquidônico (AA, C<sub>20:4 n-6</sub>), presentes na composição do total de ácidos graxos ômega-6 que compõe parte dos lipídeos da gema. As médias do grupo CON de 17,60% (AL), 0,41% (GL) e 1,76% (AA) decresceram significativamente nos tratamentos com adição de fonte suplementar de PUFAs n-3. Tais decréscimos foram observados principalmente nas médias do AL de 17,60% (CON) para 12,99% (OP360) e 18,42% (AM420).

Entre fontes, a análise dos três principais ácidos graxos, AL, GL e AA e total de PUFAs n-6 que compõem

os principais ácidos graxos ômega-6 da gema mostraram médias de 14,76% (OP) e 18,56% (AM) para AL, 0,45% (OP) e 0,35% (AM) para GL, 0,89% (OP) e 1,61% (AM) para AA e 16,11% (OP) e 20,53% (AM) para o total de PUFAs n-6, evidenciando que a fonte de OP foi significativamente (P<0,05) mais eficiente em reduzir os PUFAs n-6 na gema do ovo (Tabela 4).

O contraste de médias de 16,11% (OP) e 20,53% (AM), entre as fontes, mostrou que a fonte OP foi mais efetiva (P<0,05) na redução dos PUFAs n-6 na gema. As médias de 54,46 mg/g (OP) e 68,21 mg de PUFAs n-6/g gema (AM) evidenciaram efeito significativo da fonte OP sobre a redução do total de PUFAs n-6 na gema.

Entre tratamentos, foram observados decréscimos das médias de do AA de 1,76% (CON) para 0,69% (OP360) e 1,41% (AM420). Consequentemente, médias decrescentes dos ácidos graxos acima citados determinou decréscimos das médias dos totais de PUFAs n-6 de 19,77% (CON) para 14,21% (OP360) e 20,19% (AM420) (Tabela 3).

Contrastando aos acréscimos de PUFAs n-3 na dieta, notáveis decréscimos lineares das médias de AA para fontes foram observados na composição dos lipídeos da gema. Entretanto, a fonte OP foi a que determinou maiores reduções (P < 0,05) da média de 0,89% de AA (OP) versus 1,61% de AA para a fonte AM. Comportamento semelhante observado para as médias de 49,03 mg/gema (OP) e 89,88 mg AA/gema (AM) mostraram maior efetividade da fonte OP no decréscimo do AA na gema do ovo (Tabela 4).

Tabela 4- Composição em ácidos graxos da gema (% do total de ácidos graxos), segundo as fontes e níveis estudados.

Ácidos graxos	Fontes		Níveis				
	OP	AM	120	180	240	300	360
Mirístico (C <sub>14:0</sub> )	0,40 <sup>a*</sup>	0,35 <sup>b</sup>	0,31 <sup>c</sup>	0,36 <sup>bc</sup>	0,36 <sup>bc</sup>	0,39 <sup>ab</sup>	0,46 <sup>a</sup>
Palmítico (C <sub>16:0</sub> )	25,84 <sup>a</sup>	21,15 <sup>b</sup>	24,78 <sup>b</sup>	25,61 <sup>ab</sup>	25,03 <sup>ab</sup>	25,94 <sup>ab</sup>	26,13 <sup>a</sup>
Palmitoléico (C <sub>16:1 n-7</sub> )	3,29 <sup>a</sup>	2,41 <sup>b</sup>	2,58 <sup>a</sup>	2,97 <sup>a</sup>	2,82 <sup>a</sup>	2,81 <sup>a</sup>	3,07 <sup>a</sup>
Esteárico (C <sub>18:0</sub> )	8,54 <sup>a</sup>	7,97 <sup>a</sup>	8,96 <sup>a</sup>	7,82 <sup>a</sup>	8,28 <sup>a</sup>	8,01 <sup>a</sup>	8,22 <sup>a</sup>
Oléico (C <sub>18:1 n-9</sub> )	41,71 <sup>a</sup>	39,62 <sup>b</sup>	40,90 <sup>a</sup>	40,89 <sup>a</sup>	41,20 <sup>a</sup>	40,24 <sup>a</sup>	40,09 <sup>a</sup>
Linoléico (C <sub>18:2 n-6</sub> )	14,76 <sup>b</sup>	18,56 <sup>a</sup>	17,43 <sup>a</sup>	16,58 <sup>a</sup>	16,92 <sup>a</sup>	16,52 <sup>a</sup>	15,85 <sup>a</sup>
$\alpha$ -linolênico (C <sub>18:3 n-3</sub> )	0,12 <sup>a</sup>	0,12 <sup>a</sup>	0,12 <sup>b</sup>	0,13 <sup>ab</sup>	0,12 <sup>b</sup>	0,14 <sup>a</sup>	0,12 <sup>ab</sup>
$\gamma$ -linolênico (C <sub>18:3 n-6</sub> )	0,45 <sup>a</sup>	0,35 <sup>b</sup>	0,36 <sup>a</sup>	0,40 <sup>a</sup>	0,40 <sup>a</sup>	0,41 <sup>a</sup>	0,46 <sup>a</sup>
Gadoléico (C <sub>20:1 n-9</sub> )	0,28 <sup>a</sup>	0,25 <sup>b</sup>	0,26 <sup>a</sup>	0,27 <sup>a</sup>	0,27 <sup>a</sup>	0,27 <sup>a</sup>	0,26 <sup>a</sup>
Araquidônico (C <sub>20:4 n-6</sub> )	0,89 <sup>b</sup>	1,61 <sup>a</sup>	1,46 <sup>a</sup>	1,21 <sup>a</sup>	1,16 <sup>a</sup>	1,20 <sup>a</sup>	1,24 <sup>a</sup>
EPA (C <sub>20:5 n-3</sub> )	0,20 <sup>a</sup>	0,02 <sup>b</sup>	0,04 <sup>a</sup>	0,08 <sup>a</sup>	0,09 <sup>a</sup>	0,14 <sup>a</sup>	0,20 <sup>a</sup>
DPA (C <sub>22:5 n-3</sub> )	0,04 <sup>b</sup>	0,30 <sup>a</sup>	0,21 <sup>a</sup>	0,19 <sup>a</sup>	0,15 <sup>a</sup>	0,17 <sup>a</sup>	0,15 <sup>a</sup>
DHA (C <sub>22:6 n-3</sub> )	2,57 <sup>a</sup>	1,94 <sup>b</sup>	1,63 <sup>b</sup>	2,14 <sup>ab</sup>	2,10 <sup>ab</sup>	2,63 <sup>a</sup>	2,80 <sup>a</sup>
Total de Saturados	34,79 <sup>a</sup>	33,49 <sup>b</sup>	34,06 <sup>a</sup>	33,80 <sup>a</sup>	33,67 <sup>a</sup>	34,35 <sup>a</sup>	34,81 <sup>a</sup>
Total de Monoinsaturados	45,29 <sup>a</sup>	42,28 <sup>b</sup>	43,75 <sup>a</sup>	44,13 <sup>a</sup>	44,31 <sup>a</sup>	43,32 <sup>a</sup>	43,44 <sup>a</sup>
Total de Poliinsaturados	19,07 <sup>b</sup>	22,93 <sup>a</sup>	21,25 <sup>a</sup>	20,75 <sup>a</sup>	20,96 <sup>a</sup>	21,21 <sup>a</sup>	20,83 <sup>a</sup>
Total de n-6	16,11 <sup>b</sup>	20,53 <sup>a</sup>	19,25 <sup>a</sup>	18,19 <sup>a</sup>	18,49 <sup>a</sup>	18,13 <sup>a</sup>	17,55 <sup>a</sup>
Total de n-3	2,95 <sup>a</sup>	2,39 <sup>b</sup>	2,00 <sup>c</sup>	2,55 <sup>abc</sup>	2,47 <sup>bc</sup>	3,07 <sup>ab</sup>	3,27 <sup>a</sup>
0Relação n-6/n-3	5,79 <sup>b</sup>	8,80 <sup>a</sup>	9,71 <sup>a</sup>	7,27 <sup>ab</sup>	7,71 <sup>ab</sup>	6,05 <sup>b</sup>	5,76 <sup>b</sup>
Relação P/S	0,54 <sup>b</sup>	0,68 <sup>a</sup>	0,62 <sup>a</sup>	0,61 <sup>a</sup>	0,62 <sup>a</sup>	0,61 <sup>a</sup>	0,59 <sup>a</sup>

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

Tabela 5 - Teores médios (mg/gema) dos PUFAs n-6 AL ( $C_{18:3\ n-6}$ ), GLA ( $C_{18:3\ n-6}$ ), AA ( $C_{20:4\ n-6}$ ) e total de PUFAs n-6 (mg/g gema e mg/gema), consumo de PUFAs n-6 e porcentual de incorporação de AL e AA, peso da gema, lipídeos totais e gordura da gema de acordo com tratamentos estudados.

Tratamentos	CON	OP120	OP180	OP240	OP300	OP360	AM120	AM180	AM240	AM300	AM360	AM420
OP (%)	0	0,80	1,20	1,60	2,00	2,40	0	0	0	0	0	0
AM (%)	0	0	0	0	0	0	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75
Teores médios de PUFAs n-6 na gema *												
AL (mg/gema)	987,70 <sup>abc</sup>	886,87 <sup>abc</sup>	824,04 <sup>abc</sup>	830,01 <sup>abc</sup>	777,50 <sup>bc</sup>	734,22 <sup>c</sup>	1.063,81 <sup>a</sup>	1.061,98 <sup>a</sup>	1.009,19 <sup>ab</sup>	970,72 <sup>abc</sup>	1.045,46 <sup>a</sup>	1.015,78 <sup>ab</sup>
GLA (mg/gema)	22,50 <sup>ab</sup>	22,07 <sup>ab</sup>	24,03 <sup>ab</sup>	26,05 <sup>ab</sup>	24,84 <sup>ab</sup>	29,70 <sup>a</sup>	17,98 <sup>b</sup>	22,69 <sup>ab</sup>	17,52 <sup>b</sup>	18,90 <sup>b</sup>	22,63 <sup>ab</sup>	19,64 <sup>b</sup>
AA (mg/gema)	98,71 <sup>a</sup>	66,27 <sup>abcd</sup>	49,70 <sup>bcd</sup>	43,66 <sup>cd</sup>	46,29 <sup>bcd</sup>	38,87 <sup>d</sup>	96,40 <sup>a</sup>	89,68 <sup>a</sup>	82,39 <sup>ab</sup>	80,83 <sup>abc</sup>	100,14 <sup>a</sup>	77,79 <sup>abc</sup>
Total n-6 (mg/g gema)	66,89 <sup>a</sup>	59,44 <sup>ab</sup>	54,13 <sup>ab</sup>	56,09 <sup>ab</sup>	53,75 <sup>ab</sup>	48,92 <sup>b</sup>	68,79 <sup>a</sup>	68,76 <sup>a</sup>	68,28 <sup>a</sup>	66,91 <sup>a</sup>	68,76 <sup>a</sup>	67,98 <sup>a</sup>
Total n-6 (mg/gema)	1.108,92 <sup>abc</sup>	975,61 <sup>abcd</sup>	915,77 <sup>abcd</sup>	899,71 <sup>bcd</sup>	848,64 <sup>cd</sup>	802,79 <sup>d</sup>	1.178,19 <sup>a</sup>	1.174,35 <sup>ab</sup>	1.109,09 <sup>abc</sup>	1.070,45 <sup>abcd</sup>	1.168,23 <sup>ab</sup>	1.113,20 <sup>abc</sup>
Consumo PUFAs n-6**	2.058,80 <sup>ab</sup>	1.830,90 <sup>bcd</sup>	1.645,30 <sup>cde</sup>	1.496,00 <sup>de</sup>	1.337,80 <sup>e</sup>	1.550,60 <sup>de</sup>	2.016,50 <sup>abc</sup>	2.014,50 <sup>abc</sup>	2.133,00 <sup>ab</sup>	2.301,30 <sup>a</sup>	2.125,50 <sup>ab</sup>	2.216,18 <sup>ab</sup>
Incorporação AL (%)	48,01 <sup>a</sup>	48,61 <sup>a</sup>	52,79 <sup>a</sup>	53,90 <sup>a</sup>	58,26 <sup>a</sup>	48,47 <sup>a</sup>	53,06 <sup>a</sup>	52,72 <sup>a</sup>	49,11 <sup>a</sup>	42,29 <sup>a</sup>	49,22 <sup>a</sup>	49,96 <sup>a</sup>
Incorporação AA (%)	4,80 <sup>a</sup>	3,64 <sup>ab</sup>	2,90 <sup>ab</sup>	3,05 <sup>ab</sup>	3,47 <sup>ab</sup>	2,57 <sup>b</sup>	4,79 <sup>a</sup>	4,45 <sup>ab</sup>	4,03 <sup>ab</sup>	3,51 <sup>ab</sup>	4,70 <sup>a</sup>	3,51 <sup>ab</sup>
Peso da gema (g)	16,90 <sup>a</sup>	16,43 <sup>a</sup>	16,90 <sup>a</sup>	16,06 <sup>a</sup>	15,75 <sup>a</sup>	16,41 <sup>a</sup>	17,08 <sup>a</sup>	17,90 <sup>a</sup>	16,28 <sup>a</sup>	16,00 <sup>a</sup>	17,00 <sup>a</sup>	16,38 <sup>a</sup>
Lipídeos totais (%)	33,85 <sup>a</sup>	34,03 <sup>a</sup>	33,32 <sup>a</sup>	33,60 <sup>a</sup>	33,56 <sup>a</sup>	34,80 <sup>a</sup>	32,55 <sup>a</sup>	33,97 <sup>a</sup>	33,70 <sup>a</sup>	33,00 <sup>a</sup>	32,87 <sup>a</sup>	33,67 <sup>a</sup>
Gordura da gema (g)	5,61 <sup>a</sup>	5,59 <sup>a</sup>	5,64 <sup>a</sup>	5,39 <sup>a</sup>	5,32 <sup>a</sup>	5,64 <sup>a</sup>	5,56 <sup>a</sup>	5,84 <sup>a</sup>	5,47 <sup>a</sup>	5,28 <sup>a</sup>	5,59 <sup>a</sup>	5,51 <sup>a</sup>

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

\*\* (mg/ave/dia).



Os percentuais de consumo do total de PUFAs n-6 (mg/ave/dia) foram influenciados significativamente pelo incremento da fonte de OP na dieta das poedeiras, quando médias de 2.058,80 mg (CON) decresceram para 1.550,60 mg/ave/dia de consumo. Entre tratamentos e fontes, as médias dos percentuais de incorporação de AL (%) que oscilaram nos tratamentos de 48,01% (CON) a 53,90% (OP), maior média, evidenciando ausência de efeito ( $P > 0,05$ ) do consumo de PUFAs n-6 nas rações sobre o % de incorporação na gema (Tabela 5).

Entretanto, explicitamente, fato oposto foi assinado com as médias dos tratamentos para o percentual de incorporação de AA (%) na gema que decresceram de 4,80% (CON) para 2,57% (OP360) e 3,51% (AM). A mesma tendência foi observada para fonte com média de 3,12% (OP) versus maior média de 4,30% de incorporação da fonte AM caracterizando a fonte OP como determinante de efeito mais intenso sobre a redução do AA, o principal derivado PUFA n-6, em face de competição com PUFAs n-3 pela enzima delta-6-dessaturase (Tabela 5).

## DISCUSSÃO

A resposta fisiológica da galinha poedeira à dieta carente no PUFA n-6 AL tem sido a diminuição do tamanho do ovo segundo BALNAVE (1970) e WHITEHEAD (1981) e, na carência de PUFAs n-3 com AL normal a resposta ao metabolismo hepático das gorduras tem sido níveis elevados do teor de AA nos tecidos e carência dos PUFAs n-3,  $\alpha$ -linolênico (ALA), EPA, DPA e DHA, no ovo (CHERIAN; SIM, 1993). O nível ideal para a relação entre PUFAs n-6 e PUFAs n-3 na dieta das espécies animais e humanos, tal a importância do papel que desempenham e relevância que representam na área de domínio da nutrição animal e humana aplicadas, ainda neste novo milênio tem sido intensamente perseguido por várias correntes de pesquisadores em todos as partes do mundo e motivo de intensos esforços de busca em inúmeras pesquisas (SIMOPOULOS, 2009). Entretanto, permanece o desafio, e nesta pesquisa as contribuições dos resultados vieram no sentido de somar as confirmações importantes sobre os requerimentos e reais necessidades destes ácidos graxos na alimentação.

Análises dos constituintes lipídico gordura da gema dos ovos por efeito dos teores aumentados de PUFAs n-3 nas dietas das galinhas poedeiras permitiram constatar intensa modificação do perfil de dos ácidos graxos na composição final da gema. Foram constatados efeitos acentuados dos ingredientes lipídicos de enriquecimento adicionados às rações sobre as alterações ocorridas na composição final em ácidos graxos da gema por influência dos tratamentos,

fontes e níveis de PUFAs n-3 nas dietas, o que está de acordo com HARGIS *et al.* (1991), CHERIAN; SIM (1993), CHERIAN *et al.* (1996), BRIZ (1997), VAN ELSWYK (1993, 1997), BARCLAY *et al.* (1998), ABRIL *et al.* (2000) e GALOBBART *et al.* (2002).

Estas afirmações podem ser confirmadas quando, nesta pesquisa, independentemente dos teores dos PUFAs n-6 nas rações, a presença de suplementos ricos em PUFAs n-3 das fontes de OP e AM à dieta das galinhas poedeiras determinou, maiores níveis dos PUFAs n-3, EPA, DPA ou DHA em detrimento da incorporação dos PUFAs n-6, principalmente do AA. A altíssima relação n-6/n-3 apresentada pela ração controle igual a 355,70 decresceu linearmente para 2,62 com 2,40% de OP e 4,08 com 1,75% de AM. Proporcionalmente, decréscimos lineares da relação n-6/n-3 de 17,50 (CON) para 3,72 (OP360) e 6,36 (AM420). A modificação da composição da gordura da gema em relação aos PUFAs n-6 foi constatada principalmente nos decréscimos da síntese e transporte de AA e inversamente, maior enriquecimento das gemas com os PUFAs ômega-3, EPA, DPA e principalmente DHA (Tabelas 1, 2 e 3). Segundo CHERIAN; SIM (1991) e JIANG *et al.* (1991), o AL incorpora-se nos triacilgliceróis e na fração fosfatidilcolina dos fosfolipídeos teciduais.

Frente às complexas interações que apresentaram estes nutrientes, deve-se ressaltar ainda que os resultados desta pesquisa estão de acordo com WASHBURN (1979), BARCLAY *et al.* (1994), ZELLER *et al.* (2001) quando reportaram valores médios de 53,30 mg de AA/gema com uso de fonte de alga marinha rica em ômega-3 na dieta de poedeiras. Verificaram que igualmente a outras fontes de PUFAs n-3 e n-6, que na dieta com n-6 e n-3 na ração, apresentaram 9,20% e 10,87% do total de PUFAs n-3 e n-6 incorporados nos fosfolipídios, e 2,12% e 12,13%, do total de PUFAs n-3 e n-6 incorporados nos triacilgliceróis, respectivamente. Estas particularidades explicariam a maior incorporação de PUFAs n-6 no total de ácidos graxos da gema presenciada no presente experimento, e em outras pesquisas cuja composição de PUFAs n-6 e n-3 assemelham-se a estes resultados, fatos relatados por JIANG *et al.* (1991), LESKANICH; NOBLE (1997) e SIM (2000).

Observando a preponderância no CON com média de 50,88% de PUFAs n-6 seguida por 30,32% de MUFAs e 15,99% de SAT, esta tendência não foi seguida na gordura da gema que apresentou teor ao redor de 33% de SAT, 40% de MUFLAs e de 20% de PUFAs n-6. A ave poedeira semelhante a filtro biológico apresenta intenso metabolismo hepático dos lipídeos que, após reorganização estrutural via ressíntese são, conjugados a lipoproteínas e transportados aos receptores específicos no tecido alvo ovariano que os incorpora aos oócitos da poedeira viabilizando notáveis transformações na composição

da gordura da gema, também mencionadas por inúmeros pesquisadores e entre os quais podemos destacar DONALDSON (1966), FREEMAN (1984), HARGIS *et al.* (1991), CHERIAN; SIM (1993), BRIZ (1997) e MANTZIORIS *et al.* (2000).

O aumento do teor de PUFAs n-3 dos suplementos de OP e AM na ração dos tratamentos refletiram significativamente ( $P < 0,05$ ) na composição lipídica da gema. Decréscimos dos totais de PUFAs n-6 na gema foram registrados concomitantemente a acréscimos significativos dos totais de PUFAs n-3 na gema em substituição a diferença negativa no total de PUFAs nos lipídeos da gema. Dados semelhantes foram apresentados por SELL *et al.* (1968), LESKANICH; NOBLE (1997) e PHETTEPLACE; WATKINS (1989, 1990). Ainda, de acordo com SIM (2000) o total de gordura da gema é compensado na substituição principalmente do AL, o terceiro maior ácido da gema e, AA pelos PUFAs n-3, EPA, DPA e DHA (Tabela 3). Neste particular, a fonte OP foi mais efetiva em promover tais modificações evidenciadas pelos resultados desta pesquisa (Tabela 4).

#### PUFAs n-6 na gema do ovo

Os totais de PUFAs n-6 representados pelos ácidos graxos AL, GLA e AA tiveram intensa modificação em relação aos teores presentes na gordura da ração e da gema. A mais notável transformação metabólica da gordura da ração foi observada no grupo CON no qual estava ausente o AA, entretanto, entre os tratamentos, nos lipídeos da gema foi detectada a maior média de 1,76% AA neste grupo (CON) (Tabela 3). Resultados semelhantes foram descritos por GRIFFIN (1992), GROBAS *et al.* (2001), GALOBART *et al.* (2002) e por HUANG *et al.* (1990) que, alimentando poedeiras com 3% de óleo de peixe por quatro semanas, observaram diferença significativa na redução da média de 1,96% de AA (CON) para 0,87% de AA na gema e, de MORI (2001) quando utilizou o teor de 2% de OP na dieta de poedeiras e observou decréscimo acentuado do AA na gema. Quando a galinha recebe alimentação rica em AL ou  $\gamma$ -linolênico, reflete na gema do ovo a preponderância de AA (HERMIER, 1997). Pelo mecanismo de dessaturação e alongação o AA pode ser convertido a  $\gamma$ -linolênico, a ácido dihomo- $\gamma$ -linolênico e, em sequência, o AA (WATKINS, 1991).

As averiguações acima confirmaram o papel das enzimas delta-6-dessaturase na dessaturação e alongação da cadeia carbônica de 18 C do AL presente na dieta para ácido dihomo-gama-linolênico ( $C_{18:3n-6}$  GLA) que a seguir, pela ação da delta-5-dessaturase deve ser alongado para AA ( $C_{20:4n-6}$ ), do qual pode se originar uma série de compostos com funções teciduais distintas, as prostaglandinas, tromboxanos, lipoxinas e leucotrienos, os quais são conhecidos por estimular a reação inflamatória (NETTLETON, 1995). Os PUFAs n-

3 de cadeia longa presentes em óleos marinhos, são absorvidos e metabolizados de maneira semelhante aos PUFAs n-6 nos mamíferos (KROGDAHL, 1985). Segundo VON SCHACKY; DYERBERG (2001), a grande afinidade da acil transferase pela série n-3 comparada à série n-6, mostra ser favorável à incorporação do EPA e DHA. Por outro lado, os resultados deste experimento são concordantes com as afirmativas levantadas por WATKINS *et al.* (1997, 2001), de que o decréscimo da relação n-6/n-3 na ração, conseqüentemente levariam ao decréscimo desta relação na gema do ovo ou nos tecidos do animal.

Ainda, os autores acima observaram que a adição de suplemento rico em ômega-3 na dieta leva a competição dos substratos pela mesma enzima entre os precursores dos PUFAs n-3,  $\alpha$ -linolênico ( $C_{18:3n-3}$  ALA), EPA, DPA e DHA, o que limitou certamente, entre os tratamentos e fontes com suplemento de n-3, a formação de AA nesta pesquisa quando nos tratamentos e fontes houveram acréscimos significativos de PUFAs n-3 na dieta das poedeiras (Tabelas 3 e 4).

Este comportamento das poedeiras tem sido o suporte para as evidências que possam nortear as exigências nutricionais desta categoria animal em PUFAs n-3. Médias crescentes de 1,11% (CON) para 3,85% (OP360) e 3,18% (AM420) do total de n-3 transferidas a gordura da gema revelaram que a partição de nutrientes na ave poedeira, privilegia o ovo em reservas essenciais ao desenvolvimento do futuro embrião, enriquecendo-o com teor adequado em nutrientes, o que tem sido amplamente defendido por FREEMAN (1984) e ETCHES (1996).

Nesta pesquisa, as melhores médias da relação n-6/n3 de 5,79 foram obtidas com a fonte OP contra 8,80 na AM. Entre tratamentos, o decréscimo de 17,50 (CON) para 3,72 (OP360) e 6,36 (AM420) da relação n-6/n-3 confirmaram a supremacia dos PUFAs n-3 em deslocar a incorporação celular favorável aos ômega-3 (Tabelas 3 e 4). Resultados semelhantes foram apresentados por YU; SIM (1987), WATKINS *et al.* (1997), WATKINS *et al.* (2001), SIMOPOULOS (1999, 2002 e 2003). Funções fisiológicas distintas as do AA, são exercidas pelos derivados ômega-3 ao originarem compostos, as prostaglandinas, leucotrienos e tromboxanos, que exercem função tecidual moduladoras da reação inflamatória inibindo ataque tecidual nas reações autoimunes e outros estados patológicas com autoagressão ou exacerbação do sistema do sistema imunocompetente presente em muitas formas doentias como cânceres, lúpus, psoríase, demência e psicoses. O balanço da relação PUFAs n-6/PUFAs n-3 passa a ter relevância face ao papel modulador sobre o sistema orgânico principalmente ao equilíbrio do sistema imunocompetente (HWANG, 1989).

Os decréscimos nas concentrações totais de médias de 987,70 mg (CON) para 734,22 mg/gema de AL,

98,71 mg (CON) para 38,87mg (OP360) e 77,79 mg/gema (AM420) de AA e de 1.108,92 mg (CON) para 802,79 mg/gema (OP360) do total de PUFAs n-6 na gordura da gema confirmaram o efeito das dietas sobre os totais de ácidos graxos da serie ômega-6 nos tratamentos. Os resultados desta pesquisa estão de acordo com um significativo número de experimentos realizados objetivando modificar o teor de PUFAs n-6 e n-3 na gema do ovo e, dentre os citados na literatura, pode-se mencionar os trabalhos de FISHER; LEVEILLE (1957), WHEELER *et al.* (1959), MURTY; REISER (1961), WHITEHEAD (1981), ADAMS *et al.* (1989), VAN ELSWYK (1993), SURAI *et al.* (2000), SURAI; SPARKS (2001), GALOBART *et al.* (2002) e TSUZUKI (2003) nos quais podem ser evidenciados que a concentração média de PUFAs n-6 mesmo sendo deslocada para menor por efeito da dieta rica em PUFAs n-3, permaneceu como a quarta maior concentração de ácidos graxos da gordura da gema (Tabelas 5 e 6).

As poedeiras apresentaram consumo variável de PUFAs n-6 com média de 2.058,80 mg/ave (CON) decrescendo significativamente para 1.550,60 mg/ave/dia (OP360) com a fonte OP e consumo variável e não significativo com médias maiores que 2014,50 mg/ave/dia (AM180) com a fonte AM na ração. O parâmetro consumo de PUFAs n-6, não afetou a incorporação que variou de 48,01% (CON) a 58,26% (OP300), maior média, de AL na gema do ovo. Entretanto, alterações significativas por efeito dos tratamentos e fontes foram observadas nas variações decrescentes de médias de 4,80% (CON) a 2,57% (OP360) e 3,51% (AM420) de AA na gordura da gema, destacando-se maior efeito para a média de 3,12% da fonte

OP se comparado 4,30% de incorporação de AM (Tabelas 5 e 6). Apesar da literatura não fazer menção direta ao percentual de incorporação de PUFAs n-6, os resultados desta pesquisa são concordantes com HUANG *et al.* (1990) que, alimentando poedeiras com 3% de óleo de peixe por quatro semanas, observaram diferença significativa na redução da média de 1,96% de AA (CON) para 0,87% de AA na gema e de MORI (2001) quando utilizou o teor de 2% de OP na dieta de poedeiras e comprovou decréscimos do AA nos lipídeos da gema.

Os requerimentos de humanos adultos, segundo SIMOPOULOS *et al.* (1999) baseando-se nas tabelas do Subcomite do "Recommended Dietary Allowance" (DRA), seriam no mínimo de 4,44 g de AL/dia. Os resultados do presente experimento contemplariam o suprimento das exigências variando de 16,54% (OP360) a 23,94% (AM120) de PUFAs n-6 com a ingestão de um ovo/dia por humanos adultos (Tabela 3).

## CONCLUSÕES

Os maiores decréscimos dos percentuais dos totais de PUFAs n-6 na gema dos ovos ocorreram por conta do aumento dos PUFAs n-3 da fonte de OP na ração e os menores % de incorporações de AA foram observados com esta fonte na dieta das poedeiras.

Os % de incorporações de AL ao redor de 50%, não foram influenciados pelo consumo do total de PUFAs n-6 nos tratamentos ou fontes com adição óleo de milho ou suplementos de PUFAs as rações.

Tabela 6 - Teores médios (mg/gema) dos PUFAs n-6 AL ( $C_{18:3n-6}$ ), GLA ( $C_{18:3n-6}$ ), AA ( $C_{20:4n-6}$ ) e total de PUFAs n-6 (mg/g gema e mg/gema), consumo de PUFAs n-6 e percentual de incorporação de AL e AA, peso da gema, lipídeos totais e gordura da gema de acordo com as fontes e níveis estudados.

Ácidos graxos	Fontes		Níveis				
	OP	AM	120	180	240	300	360
Teores médios de ácidos graxos n-3 na gema							
AL ( mg/ gema)	814,13 <sup>b*</sup>	1.030,23 <sup>a</sup>	975,33 <sup>A</sup>	952,01 <sup>A</sup>	919,59 <sup>A</sup>	874,11 <sup>A</sup>	889,84 <sup>A</sup>
GLA (mg/ gema)	25,33 <sup>a</sup>	19,94 <sup>b</sup>	20,02 <sup>A</sup>	23,35 <sup>A</sup>	21,78 <sup>A</sup>	21,86 <sup>A</sup>	26,16 <sup>A</sup>
AA (mg/ gema)	49,03 <sup>b</sup>	89,88 <sup>a</sup>	81,53 <sup>A</sup>	69,69 <sup>A</sup>	63,02 <sup>A</sup>	63,56 <sup>A</sup>	69,50 <sup>A</sup>
Total n-6 (mg/ g gema)	54,46 <sup>b</sup>	68,21 <sup>a</sup>	64,11 <sup>A</sup>	61,22 <sup>A</sup>	62,18 <sup>A</sup>	60,33 <sup>A</sup>	58,83 <sup>A</sup>
Total n-6 (mg/ gema)	888,50 <sup>b</sup>	1.140,06 <sup>a</sup>	1.076,90 <sup>A</sup>	1.045,06 <sup>A</sup>	1.004,40 <sup>A</sup>	959,54 <sup>A</sup>	985,51 <sup>A</sup>
Consumo PUFA n-6 (mg/ave/dia)	1.572,11 <sup>b</sup>	2.118,16 <sup>a</sup>	1.923,70 <sup>A</sup>	1.829,90 <sup>A</sup>	1.814,50 <sup>A</sup>	1.819,50 <sup>A</sup>	1.838,10 <sup>A</sup>
Incorporação AL (%)	52,40 <sup>a</sup>	49,28 <sup>a</sup>	50,83 <sup>A</sup>	52,76 <sup>A</sup>	51,50 <sup>A</sup>	50,27 <sup>A</sup>	48,84 <sup>A</sup>
Incorporação AA (%)	3,12 <sup>b</sup>	4,30 <sup>a</sup>	4,22 <sup>A</sup>	3,67 <sup>A</sup>	3,54 <sup>A</sup>	3,50 <sup>A</sup>	3,64 <sup>A</sup>
Peso da gema (g)	16,31 <sup>a</sup>	16,71 <sup>a</sup>	16,75 <sup>A</sup>	17,05 <sup>A</sup>	16,17 <sup>A</sup>	15,87 <sup>A</sup>	16,70 <sup>A</sup>
Lipídeos totais (%)	33,77 <sup>a</sup>	33,21 <sup>a</sup>	33,28 <sup>A</sup>	33,64 <sup>A</sup>	33,64 <sup>A</sup>	33,28 <sup>A</sup>	33,62 <sup>A</sup>
Gordura da gema (g)	5,51 <sup>a</sup>	5,54 <sup>a</sup>	5,57 <sup>A</sup>	5,73 <sup>A</sup>	5,43 <sup>A</sup>	5,30 <sup>A</sup>	5,61 <sup>A</sup>

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

As médias de PUFA n-6 em mg/g gema e mg/g gema decresceram significativamente com o uso de teores crescentes da fonte OP na dieta.

Foi evidente o efeito da suplementação de ômega-3 as dietas sobre o decréscimo linear do AA nos lipídeos da gema.

As melhores relações PUFA n-6/ PUFA n-3 (3,72 - OP360) foram obtidas com suplementação da fonte OP às dietas.

Ovos resultantes da suplementação com a fonte de AM à dieta mostraram teores maiores do total de PUFA n-6, na qual os ovos apresentaram-se mais enriquecidos com ômega-6 podendo suprir até 25% das exigências de um homem adulto segundo o DRA.

A praticidade dos resultados desta pesquisa permite a implementação de estratégias para enriquecimento de ovos projetados na produção avícola visando a agregação de valor ao produto podendo-se utilizar a livre escolha, tratamentos e fontes, de acordo com o objetivo comercial e apenas recomenda-se o uso de até o limite máximo de 2% de um OP de boa qualidade a dieta.

Ficou constatada a possibilidade de manipulação da composição dos ácidos graxos da gordura da gema do ovo, favorável ao decréscimo ou aumento de PUFA n-6 de acordo com as fontes utilizadas OP e AM combinada aos teores de AL suplementado a dieta das poedeiras. Entretanto, o peso e teor de gordura total da gema do ovo não foram influenciados pelas fontes de ácidos graxos na ração.

### Comitê de Bioética

Projeto de Pesquisa aprovado pelo parecer nº 364/2003 da Comissão de Bioética da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo.

### REFERÊNCIAS

- ABRIL, J.R.; BARCLAY, W.R.; ABRIL, P.G. Safe use of microalgae (DHA GOLD™) in laying hen feed for the production of DHA-enriched eggs. In: SIM, J.S.; NAKAI, S.; GUENTER, W. (Ed.). *Egg nutrition and biotechnology*. New York: CABI Publishing, 2000. p.197-202.
- 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, n.12, p.166, 1989. Supplement.
- BALNAVE, D. Essential fatty acids in poultry nutrition. *World's Poultry Science Journal*, v.26, n.1, p.442-459, 1970.
- BANG, H.O.; DYERBERG, J.; HJØRNE, N. The composition of food consumed by Greenland Eskimos. *Acta Medica Scandinavica*, v.200, n.1/2, p.69-73, 1976.
- BARCLAY, W.R.; MEAGER, K.M.; ABRIL, J.R. Heterotrophic production of long chain omega-3 fatty acids utilizing algae and algae-like microorganisms. *Journal of Applied Phycology*, v.6, p.123-129, 1994.
- BARCLAY, W.; ABRIL, R.; ABRIL, P.; WEAVER, C.; ASHFORD, A. Production of docosahexaenoic acid from microalgae and its benefits for use in animal feeds. *World Review of Nutrition and Dietetics*, v.83, p.61-76, 1998.
- 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.
- BRIZ, R.C. Ovos com teores mais elevados de ácidos graxos ômega 3. In: SIMPÓSIO TÉCNICO DE PRODUÇÃO DE OVOS, 7., 1997, São Paulo. *Anais*. São Paulo: Associação Paulista de Avicultura, 1997. p.153-193.
- CHERIAN, G.; SIM, J.S. Effect of feeding full fat flax and canola seeds to laying hens on the fatty acid composition of eggs, embryos, and newly hatched chicks. *Poultry Science*, v.70, n.4, p.917-922, 1991.
- CHERIAN, G.; SIM, J.S. Net transfer and incorporation of yolk n-3 fatty acids into developing chick embryos. *Poultry Science*, v.72, n.1, p.98-105, 1993.
- CHERIAN, G.; WOLFE, F.H.; SIM, J.S. Dietary oils with added tocopherols: effects on egg or tissue tocopherols, fatty acids, and oxidative stability. *Poultry Science*, v.75, n.3, p.423-431, 1996.
- DE LORGERIL, M.; SALEN, P. Dietary prevention of coronary heart disease: focus on omega-6/omega-3 essential fatty acid balance. *World Review of Nutrition and Dietetics*, v.92, p.57-73, 2003.
- DEWAILLY, E.; BLANCHET, C.; LEMIEUX, S.; SAUVE, L.; GINGRAS, S.; AYOTTE, P.; HOLUB, B.J. n-3 Fatty acids and cardiovascular disease risk factors among the Inuit of Nunavik. *American Journal of Clinical Nutrition*, v.74, n.4, p.464-473, 2001.
- DONALDSON, W.E. Fatty acid interconversion by laying hens. *Poultry Science*, v.45, n.3, p.473-478, 1966.
- DYERBERG, J.; BANG, H.O.; HJØRNE, N. Fatty acid composition of the plasma lipids in Greenland Eskimos. *American Journal of Clinical Nutrition*, v.28, n.9, p.958-966, 1975.
- ETCHES, R.J. *Reproduction in poultry*. Guelph: Cab International, 1996. 318p.
- FISHER, H.; LEVEILLE, G.A. Observations on the cholesterol, linoleic and linolenic acid content of eggs as influenced by dietary fats. *Journal of Nutrition*, v.63, n.1, p.119-129, 1957.

- FOLCH, J.; LEES, M.; SLOANE-STANLEY, G.H. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *The Journal of Biological Chemistry*, v.226, n.1, p.479-509, 1957.
- FREEMAN, B.M. *Physiology and biochemistry of the domestic fowl*. London: Academic Press, 1984. v.5, p.407-424. Appendix: Biochemical and physiological data.
- GALOBART, J.; BARROETA, A.C.; CORTINAS, L.; BAUCCELLS, M.D.; CODONY, R. Accumulation of alpha-tocopherol in eggs enriched with omega-3 and omega-6 polyunsaturated fatty acids. *Poultry Science*, v.81, n.12, p.1873-1876, 2002.
- GRIFFIN, H.D. Manipulation of egg yolk cholesterol: a physiologist's view. *World's Poultry Science Journal*, v.48, p.101-112, 1992.
- GROBAS, S.; MENDEZ, J.; LAZARO, R.; BLAS, C. DE; MATEOS, G.G. Influence of source and percentage of fat added to diet on performance and fatty acid composition of egg yolks of two strains of laying hens. *Poultry Science*, v.80, n.8, p.1171-1179, 2001.
- HARGIS, P.S.; VAN ELSWYK, M.E.; HARGIS, B.M. Dietary modification of yolk lipid with menhaden oil. *Poultry Science*, v.70, n.4, p.874-883, 1991.
- HARTMAN, L.; LAGO, R.C.A. Rapid preparation of fatty acid methyl esters from lipids. *Laboratory Practice*, v.22, p.475-477, 1973.
- HERMIER, D. Lipoprotein metabolism and fattening in poultry. *Journal of Nutrition*, v.127, p.805S-808S, 1997. Supplement 5.
- HUANG, Z.; LEIBOVITZ, H.; LEE, C.M.; MILLAR, R. Effect of dietary fish oil on w-3 fatty acids levels in chicken eggs and thigh flesh. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.38, n.3, p.743-747, 1990.
- HWANG, D. Essential fatty acids and immune response. *FASEB Journal*, v.3, n.9, p.2052-2061, 1989.
- JIANG, Z.R.; AHN, D.U.; SIM, J.S. Effects of feeding flax and two types of sunflower seeds on fatty acid compositions of yolk lipid classes. *Poultry Science*, v.70, n.12, p.2467-2475, 1991.
- KROGDAHL, A. Digestion and absorption of lipids in poultry. *Journal of Nutrition*, v.115, n.5, p.675-685, 1985.
- LESKANICH, C.O.; NOBLE, R.C. Manipulation of the n-3 polyunsaturated fatty acid composition of avian eggs and meat. *World's Poultry Science Journal*, v.53, n.2, p.155-183, 1997.
- MANTZIORIS, E.; CLELAND, L.G.; GIBSON, R.A.; NEUMANN, M. A.; DEMASI, M.; JAMES, M. J. Biochemical effects of a diet containing foods enriched with n-3 fatty acids. *American Journal of Clinical Nutrition*, v.72, n.1, p.42-48, 2000.
- MORI, A.V. *Utilização de óleo de peixe e linhaça na ração como fontes de ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 em ovos*. 2001. 162f. Tese (Doutorado em Clínica Médica) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.
- MURTY, N.L.; REISER, R. Influence of graded levels of dietary linoleic and linolenic acids on the fatty acid composition of hens' eggs. *Journal of Nutrition*, v.75, p.287-294, 1961.
- NETTLETON, J.A. *Omega-3 fatty acids and health*. New York: Thomson, 1995. 359p.
- NIELSEN, H. Hen age and fatty acid composition of egg yolk lipid. *British Poultry Science*, v.39, n.1, p.53-56, 1998.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. (USA). *Nutrient requirements of poultry*. 9. ed. Washington: National Academy of Sciences, 1994. p.155.
- PHETTEPLACE, H.W.; WATKINS, B.A. Effects of various n-3 lipid sources on fatty acid compositions chickens tissues. *Journal of Food Composition and Analysis*, v.2, p.104-117, 1989.
- PHETTEPLACE, H.W.; WATKINS, B.A. Lipid measurements in chickens fed different combinations of chicken fat and menhaden oil. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, v.38, n.9, p.1848-1853, 1990.
- SAS Institute. SAS<sup>®</sup> / STAT. *User's Guide: statistical version*. Cary, NC: SAS Institute, 1994.
- SELL, J.L.; CHOO, S.H.; KONDRÁ, P.A. Fatty acid composition of egg yolk and adipose tissue as influenced by dietary fat and strain of hen. *Poultry Science*, v.47, n.4, p.1296-1302, 1968.
- SIM, J.S. Designer eggs and their nutritional and functional significance. *World Review Nutrition Dietetics*, v.83, p.89-101, 1998.
- SIM, J.S. Designer egg concept: perfecting egg through diet enrichment with w-3 PUFA and cholesterol stability. In: SIM, J.S.; NAKAI, S.; GUENTER, W. (Ed.). *Egg nutrition and biotechnology*. New York: CABI Publishing, 2000. p.135-150.
- SIMOPOULOS, A.P.; LEAF, A.; SALEM JUNIOR, N. Workshop on the essentiality of and recommended dietary intakes for omega-6 and omega-3 fatty acids. *Journal of American College Nutrition*, v.18, n.5, p.487-489, 1999.

- SIMOPOULOS, A.P. Omega-3 fatty acids in inflammation and autoimmune diseases. *Journal of American College of Nutrition*, v.21, n.6, p.495-505, 2002.
- SIMOPOULOS, A.P. Importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids: evolutionary aspects. *World Review of Nutrition and Dietetics*, v.92, p.1-22, 2003.
- SIMOPOULOS, A.P. Omega-6/omega-3 essential fatty acids: biological effects. *World Review of Nutrition and Dietetics*, v.99, p.1-16, 2009.
- SNEDECOR, G.W.; COCHRAN, W.G. *Statistical methods*. 6.ed. Ames: Iowa State University Press, 1967. 593p.
- SURAI, P.F.; MACPHERSON, A.; SPEAKE, B.K.; SPARKS, N.H. Designer egg evaluation in a controlled trial. *European Journal of Clinical Nutrition*, v.54, n.4, p.298-305, 2000.
- SURAI, P.F.; SPARKS, N.H.C. Designer egg: From improvement of egg composition to functional food. *Trends in food Science and Technology*, v.12, p.7-16, 2001.
- TSUZUKI, E.T.; GARCIA, E.R.; MURAKAMI, A. E.; GALLI, J.R. Utilization of sunflower seed in laying hen rations. *Brazilian Journal of Poultry Science*, v.5, n.3, p.179-182, 2003.
- VAN ELSWYK, M.E. Designer foods: Manipulating the fatty acid composition of meat and eggs for the health conscious consumer. *Nutrition Today*, v. 28, n. 2, p. 21-28, 1993.
- 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, 1997. Supplement 1.
- VON SCHACKY, C.; DYERBERG, J. Omega 3 fatty acids. From eskimos to clinical cardiology - what took us so long? *World Review of Nutrition and Dietetics*, v.88, p.90-99, 2001.
- WASHBURN, K.W. Genetic variation in the chemical composition of the egg. *Poultry Science*, v.58, n.3, p.529-535, 1979.
- WATKINS, B.A. Importance of essential fatty acids and their derivatives in poultry. *Journal of Nutrition*, v.121, n.9, p.1475-1485, 1991.
- WATKINS, B.A.; SHEN, C.L.; MCMURTRY, J.P.; XU, H.; BAIN, S.D.; ALLEN, K.G.; SEIFERT, M.F. Dietary lipids modulate bone prostaglandin E2 production, insulin-like growth factor-I concentration and formation rate in chicks. *Journal of Nutrition*, v.127, n.6, p.1084-1091, 1997.
- WATKINS, B.A.; LI, Y.; SEIFERT, M.F. Nutraceutical fatty acids as biochemical and molecular modulators of skeletal biology. *Journal of American College of Nutrition*, v.20, p.410S-416S, 2001. Supplement 5.
- WHEELER, P.; PETERSON, D.W.; MICHAELS, G.D. Fatty acid distribution in egg yolk as influenced by type and level of dietary fat. *Journal of Nutrition*, v.69, p.253-260, 1959.
- WHITEHEAD, C.C. The response of egg weight to the inclusion of different amounts of vegetable oil and linoleic acid in the diet of laying hens. *British Poultry Science*, v.22, n.6, p.525-532, 1981.
- YU, M.M.; SIM, J.S. Biological incorporation of N-polyunsaturated fatty acids into chicken eggs. *Poultry Science*, v.66, p.195, 1987.
- ZEIDLER, G. Eggs vital to human and animal medicine. *World Poultry*, v.14, n.12, p.33-34, 1998. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/lezo/artigos/texto9.htm>>. Acesso em: 17 mar. 2003.

Recebido em 20/10/07  
Aceito em 8/5/09