

**Universidade de São Paulo  
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Efeito do urucum (*Bixa Orellana*) na alteração de características de ovos de  
galinhas poedeiras.**

**Marcia Nalesso Costa Harder**

Dissertação apresentada, para obtenção do título de Mestre em  
Ciências. Área de Concentração: Ciência e Tecnologia de  
Alimentos

Piracicaba  
2005

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

Marcia Nalesso Costa Harder  
Engenheiro Agrônomo

**Efeito do urucum (*Bixa Orellana*) na alteração de características de ovos de galinhas poedeiras.**

Orientadora:  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> **SOLANGE GUIDOLIN CANNIATTI BRAZACA**

Dissertação apresentada, para obtenção do título de Mestre em Ciências. Área de Concentração: Ciência e Tecnologia de Alimentos

Piracicaba  
2005

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP**

Harder, Marcia Nalesso Costa

Efeito do urucum (*Bixa orellana*) na alteração de características de ovos de galinhas poedeiras / Marcia Nalesso Costa Harder. - - Piracicaba, 2005.  
74 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2005.  
Bibliografia.

1. Colesterol 2. Ferro 3. Galinhas poedeiras 4. Ovo (qualidade) 5. Urucu 6. Vitamina A  
I. Título

CDD 636.514

**“Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor”**

*Ao meu estimado marido Fernando  
Às minhas filhas queridas Larissa e Isabela  
Por todo amor e incentivo*

*Ofereço e Dedico*

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por iluminar meu caminho e assim cumprir mais esta etapa da minha vida.

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, e em especial ao Departamento de Alimentos, Nutrição e Agroindústria, pela acolhida.

À minha orientadora, Prof. Solange Guidolin Canniatti Brazaca, pelo apoio neste trabalho, pela sincera amizade, pelos conselhos, pela confiança e pelo impulso que me deu para abrir novos horizontes.

Ao Prof. Vicente José Maria Savino e ao Prof. Antonio Augusto Domingos Coelho do departamento de Genética, pelas orientações e fornecimento de material para realização do experimento, também pela confiança e empréstimo das instalações para acomodação dos animais

Ao Eng. Agr. Silvio Bertolucci e seu filho Silvinho, pelos animais e pela enorme ajuda.

Ao Sr. Márcio Lattarini e sua filha Eng. Agr. Márcia Helena Lattarini, da granja Roseira, pela ajuda numa hora em que não encontrava uma saída.

Ao Médico Veterinário Ronaldo e a Cooperativa dos Plantadores de Cana, pela compreensão e entrega das rações.

Ao Prof. Dr. Walter Rodrigues da Silva, pela pronta ajuda em me fornecer urucum

Ao Prof. Dr. Lindolpho Capellari Júnior, chefe do horto, aproveito para demonstrar a grande importância de mantê-lo, pois de lá também veio amostras de urucum para realização deste trabalho.

Aos amigos da pós-graduação pelos momentos alegres e ajuda nesta caminhada.

Não poderia esquecer de agradecer à técnica de laboratório Lourdes Perin Storer, pois sem sua ajuda não seria possível a realização deste trabalho e, à técnica Débora Niero Mansi, também pela ajuda e companheirismo.

Às amigas Thaís, Mariana, Ana Cláudia, Flávia, Mônica, Tatiana, pelo companheirismo.

Ao Dr. Camilo Flamarion, diretor técnico da EMEPA, pela confiança no envio de amostras de urucum.

À Wanda Midori, em nome da CHR Hansen pelas amostras enviadas

Ao Prof. Dr. José Fernando Machado Menten, pela ajuda e conselhos.

À Prof. Dra. Eneida, pelo incentivo, apoio e grande ajuda.

À D. Maria, auxiliar de limpeza do laboratório, por manter sempre tudo em ordem, lembrando também de todos os demais funcionários e secretárias do departamento.

Aos professores do Departamento de Agroindústria e Nutrição da ESALQ, por todo ensinamento compartilhado.

Ao Prof. Dr. Douglas Emygdio de Faria, pela confiança e empréstimos dos aparelhos necessários para análise de qualidade física dos ovos. Também a pessoa do seu orientado Flávio, que teve a gentileza de ensinar com utilizá-los.

Ao colega José Antonio Barbosa Filho, pela imensa ajuda na realização das análises de qualidade física dos ovos.

Ao professor Valter Arthur, na pessoa da técnica de laboratório Clarice pelas análises de cor.

Às professoras do Ccin, em especial à Rogéria, Adriane e Marta, a quem confio todos os dias meus dois tesouros e, a quem muito devo para poder estudar.

Às Bibliotecárias, em especial à bibliotecária Beatriz Helena Giongo, pela ajuda e pelas correções.

Ao professor Ernani Porto, pelo incentivo.

Aos meus amigos que não citei os nomes, mas que sei que posso confiar e que estarão sempre junto comigo.

À nutricionista Érika, pela ajuda nas análises de laboratório.

Em especial à minha família, os quais de alguma forma, sempre me ajudaram, e assim me incentivaram.

Enfim, a todos que de alguma forma me ajudaram na confecção deste trabalho e não estão citados aqui, meu sincero agradecimentos.

*“Se um homem tem talento e não tem capacidade de usá-lo, ele fracassou. Se ele tem um talento e usa somente a metade deste, ele fracassou parcialmente. Se ele tem um talento e de certa forma aprende a usá-lo em sua totalidade, ele triunfou gloriosamente e obteve uma satisfação e um triunfo que poucos homens conhecerão.”*

Thomas Wolfe



## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS .....	9
LISTA DE QUADROS .....	10
LISTA DE TABELAS .....	11
RESUMO .....	12
ABSTRACT .....	14
1 INTRODUÇÃO .....	16
2 DESENVOLVIMENTO .....	18
2.1 Ovos e sua qualidade nutricional .....	18
2.2 Urucum .....	20
2.3 Cor .....	23
2.4 Animais e sistema de criação .....	24
2.5 Lipídeos .....	26
2.6 Vitamina A .....	29
2.6.1 $\beta$ -caroteno e $\alpha$ -caroteno .....	33
2.7 Ferro .....	34
2.7.1 Forma: Ferro heme e Ferro não heme .....	36
2.8 Material e Métodos .....	38
2.8.1 Material .....	38
2.8.2 Preparo das amostras .....	39
2.8.3 Análises de qualidade física .....	39
2.8.3.1 Peso .....	39
2.8.3.2 Ovoscopia .....	39
2.8.3.3 Gravimetria .....	40
2.8.3.4 Altura de albúmen e gema .....	41
2.8.3.5 Unidade Haugh .....	41
2.8.3.6 Espessura de casca .....	41

2.8.3.7 Índice de gema .....	42
2.8.4 Colesterol .....	42
2.8.5 Medida de cor .....	42
2.8.6 Vitamina A .....	43
2.8.7 Diálise de ferro “in vitro” .....	43
2.8.8 Delineamento Estatístico .....	44
2.9 Resultados e discussão .....	45
2.9.1 Análises de qualidade física .....	45
2.9.1.1 Peso .....	45
2.9.1.2 Qualidade visual dos ovos (Ovosopia) .....	47
2.9.1.3 Gravimetria .....	47
2.9.1.4 Unidade Haugh .....	48
2.9.1.5 Espessura de casca .....	49
2.9.1.6 Índice de gema .....	50
2.9.2 Colesterol .....	51
2.9.3 Cor .....	51
2.9.4 Vitamina A .....	55
2.9.5 Ferro e Ferro Dialisável .....	59
3 CONCLUSÃO .....	64
REFERÊNCIAS .....	65
ANEXOS .....	72

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura da bixina e da norbixina .....	27
Figura 2 - Estrutura de alguns carotenóides .....	31

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 - Composição nutricional (100g) de carne de frango crua, leite integral e ovo cru . 18

Quadro 2 - Quantidades de sal colocadas nas diferentes soluções salinas com 3 litros d'água . 40

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Parâmetros de qualidade física .....	46
Tabela 2 - Valores médios de colesterol em gema crua (mg/g) dos ovos de cada tratamento e ao longo do tempo .....	52
Tabela 3 - Valores médios de L , a* , b* , Cromo e Hue-Angle dos ovos de cada tratamento ...	54
Tabela 4 - Valores médios de $\beta$ e $\alpha$ caroteno, equivalente de retinol ( $\mu\text{g/g}$ ) e UI de vitamina A dos ovos de cada tratamento .....	56
Tabela 4.1 - Valores médios da evolução de $\beta$ caroteno ( $\mu\text{g/g}$ ) dos ovos de cada tratamento ..	57
Tabela 4.2 - Valores médios da evolução de $\alpha$ caroteno ( $\mu\text{g/g}$ ) dos ovos de cada tratamento .	58
Tabela 5 - Valores médios de Ferro total (mg/Kg) e Ferro dialisável (%) dos ovos de cada tratamento .....	60
Tabela 5.1 - Valores médios da evolução de ferro total (mg/Kg) dos ovos de cada tratamento	62
Tabela 5.2 - Valores médios da evolução de ferro dialisável (mg/Kg) dos ovos de cada tratamento .....	63

## RESUMO

### **Efeito do urucum (*Bixa orellana*) na alteração de características de ovos de galinhas poedeiras.**

Os ovos são alimentos de alto valor nutricional, já que possuem todas as vitaminas, aminoácidos e minerais essenciais. Os consumidores dão preferência, ovos com gema bem pigmentadas. A cultura popular trata o urucum como um poderoso agente anticolesterolemico, além de ser amplamente utilizado na forma de pigmento para a indústria. O presente trabalho avaliou os efeitos da adição de urucum (*Bixa orellana L.*) na ração de galinhas, verificando possível interferência na qualidade dos ovos, alteração de colesterol e cor e nas gemas e teores de vitamina A e ferro, inclusive com relação ao tempo. Para a obtenção das amostras foram utilizados 125 animais divididos em quatro tratamentos com adição de urucum na ração (0,5% - T2; 1,0% - T3; 1,5% - T4 e 2,0% - T5) e 1 controle (0% - T1). Os animais foram separados aleatoriamente em cinco blocos de cinco animais, totalizando 25 animais por parcela. Os ovos após serem colhidos passaram por análise de qualidade e padronização: pesados, classificados pelo ovoscópio, análise gravimétrica, unidade Haugh, altura de albúmen e gema, espessura da casca, diâmetro e índice de gema. O colesterol foi medido por método colorimétrico e a alteração da cor da gema, foi medida em colorímetro. Foi utilizado Teste de Tukey em nível de 5% para comparação de médias, utilizando o software SAS. Com relação à análise de qualidade dos ovos, não apresentou diferença significativa entre os tratamentos. A unidade Haugh e o índice de gema apresentaram diferença que, não se deve à adição do urucum por não ser uma resposta linear. Com relação ao colesterol, os tratamentos T2 e T3 (0,5% e 1,0% respectivamente) não apresentaram diferença significativa entre si, porém todos os tratamentos se diferenciaram em relação ao controle, apresentando diminuição no nível de colesterol, com o aumento da porcentagem de urucum na ração. Ao longo do tempo, o colesterol, mesmo administrando-se urucum para os animais, apresentou aumento significativo. Em relação a cor, determinada através do colorímetro Minolta, foram encontrados os seguintes resultados: para L, T1 e T2 apresentaram os valores superiores e, T4 e T5 os mais baixos; para a\*: T4 e T5 apresentaram os maiores valores, diferindo dos demais; para b\*: T1 e T2 apresentaram os maiores valores diferindo dos demais. Foi calculado também o Croma (cor) e Hue-Angle (saturação da cor). Para carotenóides ( $\beta$  e  $\alpha$  caroteno), T5 apresentou valores superiores aos demais, diferindo estatisticamente

( $p < 0,05$ ). Com relação ao ferro total, T5 apresentou valores superiores aos demais, além do ferro dialisável, que provavelmente pela presença do aumento de carotenóides, também apresentou-se superior. Assim, pode-se concluir que a utilização de urucum na ração de poedeiras é útil, pois não interfere na qualidade dos ovos, influi na redução do colesterol, promove a cor das amostras, aumento de carotenóides e conteúdo de ferro.

Palavras-chaves: urucum, colesterol, ovos, poedeiras, qualidade de ovos, coloração de gema, vitamina A, ferro e ferro dialisável.

## ABSTRACT

### **Effect of anatto (*Bixa orellana*) in alteration of characteristics of poultry laying eggs.**

The poultry meat and eggs are foods of high nutritional value, because they have all vitamins, amino acids and essential minerals to constitute a life. The popular culture treats the anatto like a power agent anticholesterolemic, there to be amply utilized like color source amount in the kitchen whatever in poultry farmer industry like a pigment, considered that national and foreigner consumers have preference eggs with yolk yellow-orange and chickens with skin pigmented well. This research evaluated the effects of addition of anatto (*Bixa orellana* L.) add in ration of laying hens, relating the possible interference of the anatto in egg quality, cholesterol color and level in the yolk and tenor of vitamin A and iron, including the relationship with the time. The samples were obtained from 125 animal divided in 4 treatments with addition of anatto (0.5% - T2; 1.0% - T3; 1.5% - T4 and 2.0% - T5 of anatto added in the ration) and 1 control (0% - T1 of anatto). The animals were separated aleatoric in 5 blocks, each block with 5 animals, with total 25 animals by parcel. The eggs harvesters were submited by analysis of quality and standardization: they were weighty, classified by the eggscopic, gravimetric analysis, Haugh unit, albumen and yolk height, thickness of the shell, diameter and index yolk; the cholesterol was measured by a color methodology and the alteration of the yolk color, was measured in colorimeter. The statistic analysis was maked employing the Turkey test, level 5%, to compair means, utilized the SAS program. About the eggs quality analysis, they don't showed significative difference between the treatments. The Haugh unit and the yolk index showed difference but it was not relationed to anatto add in ration. About the cholesterol, it decreased with the addition of anatto, but it increase with the time, even administrating anatto for the animals, there's a significative increase at the cholesterol level. The color determined by the colorimeter, is dividing in 3 parts the prism: L, a\* e b\*: to L, T1 e T2 (control and 0.5% respectively) presented lower levels and, T4 and T5 (1.5% e 2.0% respectively) the highest. To a\*: only T4 and T5 (1.5% and 2.0% respectively) don't have difference of all. To b\*: T1 and T2 (control and 0.5% respectively) presented the minimum value difering of all. There was calculated either, Croma (color) and Hue-Angle (color saturation). About the carotenes ( $\beta$  and  $\alpha$  carotene), T5 showed higher values of the other, disagree of the statistics. About the total iron, T5



showed higher to the others, besides of the dialysable iron, that probably because of the presence of the increase of carotenes, showed higher either. So, can conclude that the utilization of anatto in ration of laying hens is very interesting, because it doesn't interfere in the eggs quality, flow into the cholesterol reduction and color of the samples and increase carotenes and iron.

Key-words: anatto, cholesterol, eggs, laying hens, eggs quality, yolk color, vitamin A, iron and dialysable iron.

## 1 Introdução

A avicultura nacional tem se expandido muito devido aos grandes avanços tecnológicos e genéticos. Tem procurado também atender às necessidades do consumidor, porém por vezes esbarra nas condições legais, onde, por exemplo, há restrições ao uso de pigmentantes artificiais (BRASIL, 2005).

A carne de aves e ovos são considerados alimentos nutritivos podendo ser consumidos por pessoas saudáveis, quaisquer que sejam as idades ou necessidades nutricionais. O ovo é o alimento completo, tendo todas as vitaminas, aminoácidos e minerais que irão constituir um ser vivo (ENGLERT, 1998).

Segundo Joly (1993), o urucum (*Bixa orellana*) é o único gênero pertencente à família *Bixaceae*, nativo da América Tropical e extremamente cultivado. É o conhecido urucu dos índios, que o usavam como fonte de corante vermelho ou o coloral da cozinha (que é o pó das sementes).

A cultura informal trata o urucum como um poderoso agente anticolesterolemico, além de ser amplamente utilizado como fonte colorífica tanto na culinária como na forma de pigmento para a indústria avícola, trazendo ao consumidor ovos e frangos tipo “caipira”.

As donas de casa dão preferência aos ovos com gema amarelo-alaranjadas e frangos com pele bem pigmentados (ENGLERT, 1987).

Esses pigmentos são carotenóides, substâncias que parcialmente se transformam em vitamina A ao serem ingeridas. Mas nem todos os carotenóides são igualmente eficazes para pigmentar. Em geral, chamamos de xantofilas o conjunto de carotenóides que contribuem para a pigmentação. O milho possui cerca de 25 mg de xantofila por kg, que vai decrescer durante a estocagem. Existem ainda compostos sintéticos à base de éter apocarotenóico (amarelo) e Cataxantina (vermelho), que são misturados à ração em pequenas quantidades, para dar pigmentação adequada de acordo com as exigências do mercado de ovos e frangos. (ENGLERT, 1987).

Os pigmentos são freqüentemente agregados às rações das aves quando o sorgo e o trigo substituem o milho, total ou parcialmente, porque o mercado dá preferência aos frangos ou ovos altamente pigmentados, embora não representando valor nutritivo (ENGLERT, 1987).

Uma boa pigmentação depende das características da xantofila utilizada, ou seja, ela deve ser biologicamente aproveitável, estável e insensível à oxidação. As xantofilas naturais não são

estáveis e sofrem oxidação. A adição de vitamina E, ou antioxidantes sintéticos, aos alimentos demonstrou proporcionar melhor deposição de pigmentos nos frangos do que as xantofilas naturais (FUNDAÇÃO APINCO, 1994).

Aliando-se a idéia atual de alimentos mais saudáveis e naturais a um alimento nutricionalmente completo, este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos da adição de urucum (*Bixa orellana L.*) na ração de galinhas poedeiras, verificando possível interferência na qualidade física dos ovos; teor de colesterol, alteração de cor, quantidade de alfa e beta caroteno nas gemas e quantidade ferro total e ferro dialisável, levando em consideração a semana de postura.

## 2 Desenvolvimento

### 2.1 Ovos e sua qualidade nutricional

A carne de aves e os ovos são considerados pelos nutricionistas como os alimentos ideais para todas as pessoas, quaisquer que sejam as idades ou necessidades nutricionais. O ovo é o alimento completo e altamente nutritivo. Possui muitas vitaminas, aminoácidos e minerais (ENGLERT, 1998).

A função do ovo é de gerar uma nova vida e também servir como alimento para pessoas. Com a tecnologia, avanços na informática e a contribuição de especialidades, como por exemplo nutriologia e genética, podemos com segurança, preservar a função primordial do ovo e dispor dele para a nossa nutrição. O ovo é um alimento de alto valor biológico. Depois do leite materno, o ovo é considerado o alimento mais completo, contendo tudo o que a vida necessita, menos vitamina C, que é uma necessidade do homem, mas não das aves (PUPPIN, 2004).

O ovo pode ser utilizado como substituto da proteína da carne. A composição nutricional de carne de frango crua, leite integral e ovo cru, são apresentadas no quadro 1.

	Carne de frango crua	Leite integral	Ovo cru
Calorias (cal)	112	68	162
Água (g)	74,5	87	74
Proteína (g)	20,5	3,5	12,8
Gorduras (g)	2,7	3,9	11,5
Cinzas (g)	1,1	0,7	1,0
Total carboidratos (g)	0	4,9	0,7
Cálcio (mg)	15	118	54
Fósforo (mg)	188	93	210
Ferro (mg)	1,8	0,1	2,7
Sódio (mg)	78	50	81
Potássio (mg)	320	140	100
Vitamina A (UI)	0	160	1140
Vitamina B <sub>1</sub> (mg)	0,10	0,04	0,10
Vitamina B <sub>2</sub> (mg)	0,24	0,17	0,29
Ac. Nicotínico (mg)	5,6	0,1	0,1
Vitamina C (mg)	0	1	0

Fonte: Englert (1998).

Quadro 1 – Composição nutricional (100g) de carne de frango crua, leite integral e ovo cru.

No quadro 1, observa-se o porquê do ovo ser considerado um alimento completo: quando comparado à carne de frango, o ovo possui teores superiores principalmente em relação a algumas vitaminas, alguns minerais e gorduras. Já, comparando-o ao leite, o ovo é superior com relação ao teor de gorduras, proteínas, alguns minerais e algumas vitaminas.

O ovo apresenta teores de ferro que variam de 2,41 a 3,20 mg/100 g (ENGLERT, 1998; FRANCO, 2001; GERMANO, 2002; FACULDADE..., 2005;). Além de ser considerado fonte de ferro apresenta, também, proteína de boa qualidade e gordura em quantidades significativas.

Germano (2002) concluiu que misturas de alimentos (abóbora, couve e cenoura, individualmente) com o ovo, aumentou a disponibilidade de ferro, principalmente pelo conteúdo expressivo de proteína e extrato etéreo, e que esses dois componentes atuaram de forma mais significativa no aumento da absorção quando comparado ao  $\beta$ -caroteno. Recomendou ainda, principalmente, a mistura ovo e cenoura na dieta de grupos populacionais carentes em ferro, bem como para outros grupos especiais, visando o aumento da disponibilidade de ferro.

O ovo em pó possui, em média, 47,35% de proteína (FIGUEIREDO, 2001; EGG PRODUCTS, 2005), superior a muitas fontes protéicas, além de ser de alto valor biológico. A proteína do ovo foi considerada durante muito tempo, a proteína padrão pela Organização para Alimentos e Agricultura da Organização Mundial de Saúde (FAO-OMS) (FAO, 1991; VIEIRA, 2000; FIGUEIREDO, 2001). Ultimamente, a OMS estabeleceu uma proteína teórica como padrão, mesmo assim, a proteína do ovo é a que mais se aproxima, em sua composição em aminoácidos essenciais, da proteína padrão (VIEIRA, 2000). Também apresenta valores significativos de outros componentes importantes como: gordura total (40,95%), ácidos graxos monoinsaturados (15,35%) e poliinsaturados (5,80%), carboidratos (4,95%), além de aminoácidos como metionina (1,48%), triptofano (0,58%) e, principalmente, lisina (3,40%) (FIGUEIREDO, 2001; EGG PRODUCTS, 2005). Essa riqueza em aminoácidos essenciais faz do ovo especialmente valioso para ser utilizado em combinação com grão de cereais, os quais são muito pobres neste aminoácido (FIGUEIREDO, 2001). O ovo em sua composição lipídica, possui cerca de um terço constituído por ácido oléico ( $\omega$ -9), além de ser boa fonte de cálcio, fosfato e ubiquinona (VIEIRA, 2000).

O ovo cru apresenta alguns fatores antinutricionais como a avidina e o inibidor de tripsina. A avidina é uma proteína presente na albumina que se liga à vitamina biotina formando o complexo avidina-biotina que não é absorvido pelo intestino, causando avitaminose. Esse fator

antinutricional pode ser inibido através do cozimento dos ovos, pois a avidina quando desnaturada pelo calor não se liga mais à biotina. (LEHNINGER, 1985). Kratzer et al. (1988), testando o ovo em pó, observaram que, quando não se suplementam as aves com biotina, ocorrem sinais de deficiência dessa vitamina com uma mortalidade de 20% e que a suplementação de 500 µg/Kg foi o suficiente para suprir as necessidades das aves. Os autores concluíram que um mau processamento não inativa completamente a avidina, revelando assim, a importância também dos cuidados no processamento de ingredientes a fim de se obterem produtos de qualidade.

Também está presente na albumina do ovo, cerca de 10% de outra proteína chamada ovomucóide, uma das mais importantes substâncias inibidoras de tripsina (Kato & Matsuda, 1997), que também são termo-sensíveis.

As proteínas animais são importantes na dieta porque: fornecem aminoácidos essenciais, isto é, aqueles que o homem não é capaz de sintetizar; fornecem nitrogênio para síntese de todas as substâncias nitrogenadas do organismo; produzem energia (4kcal/g) (VIEIRA, 2000).

## 2.2 Urucum

Segundo Joly (1993), o urucum (*Bixa orellana*) é o único gênero pertencente à família *Bixaceae*, nativo da América Tropical e extremamente cultivado. É o urucu dos índios, annatto para o inglês e achiote ou bija para o espanhol.

A cultura popular considera que o urucum tem a capacidade de diminuir o teor de colesterol plasmático, além de ser amplamente utilizado como fonte colorífica tanto na culinária como na forma de pigmento para a indústria avícola, trazendo ao consumidor ovos e frangos mais pigmentados.

Silva et al. (2000), sugerem que a dose de 1% de urucum foi suficiente para produção de uma gema pigmentada, mas a dose de 2% produziu gemas de coloração laranja forte, de maior preferência do consumidor brasileiro.

A pigmentação amarela da gema do ovo se deve ao consumo de alimentos que contenham substâncias hidroxicarotenóides, chamadas xantofilas. Estes pigmentos não são sintetizados pelas aves e devem ser incorporados às rações (ARAYA et al, 1977).

O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de grãos de urucum. Da produção brasileira, cerca de 70% dos grãos produzidos destinam-se ao processamento do colorau (corante doméstico), 20% são utilizados na produção do corante e 10% são exportados. Dessa forma, a

produção brasileira de urucum *in natura* é muito pequena, não conseguindo, às vezes, suprir o mercado interno (BATISTA, 1994).

Essa situação tende a piorar, em razão à tendência atual de substituir os corantes artificiais pelos naturais.

O alto custo dos pigmentos sintéticos usados atualmente, os efeitos prejudiciais que estes causam à saúde humana e animal, a necessidade de maior diversificação agrícola, e a escassa informação existente sobre a utilização do urucum como fonte de cor para a gema do ovo, foram os principais fatores que motivaram Araya et al (1977) a uma investigação sobre o assunto. Concluíram que é possível a utilização da farinha de urucum inteiro como fonte pigmentante da gema de ovo em rações para aves poedeiras. Assim mesmo deve-se indicar que não seria conveniente a utilização da casca do urucum, ou os resíduos que resultam do processo de extração dos pigmentos do urucum, para coloração da gema de ovo de galinhas poedeiras, devido ao seu baixo conteúdo de pigmentos, baixa utilização dos mesmos e altas concentrações de fibra bruta.

Com isto, é grande a necessidade de aumentar a produção do corante de urucum no Brasil, sendo necessário o desenvolvimento de tecnologia adequada para que se obtenha um produto de alta qualidade (BATISTA, 1994).

Uma grande gama de microrganismos são susceptíveis a certos compostos presentes nos extratos de urucum, sendo alguns deles: *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella typhi*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Serratia marcescens*, *Candida albicans*, *Candida utilis*, *Cryptococcus neoformans*, *Aspergillus flavus* e *Aspergillus niger* (CÁCERES et al., 1998; UTIYAMA, 2001).

O fruto contém proteínas, beta-caroteno e outros carotenóides, os mais abundantes são: Bixina (cor amarela) e a Norbixina (cor vermelha). Seus principais componentes são: vitamina C 0,05%, proteína 6,61%, açúcares totais 10,24%, ferro 0,08%, óleo essencial 0,05%, resina 1,65%, tanino em pequena quantidade. A casca da semente de *B. orellana* demonstrou efeitos de hiperglicemia e aparente tendência no aumento dos níveis de insulina. Em doses de 500 mg a 1000 mg/kg por via intraperitoneal em ratos, o urucum (*B. orellana*) provoca diminuição da atividade motora e aumento da diurese, sem nenhum sinal de toxicidade aparente. A DL (dose letal) no rato, por via intraperitoneal é de 700mg/kg (CATÁLOGO RURAL..., 2005).

Os flavonóides apresentam diversas atividades biológicas (antioxidantes, antiinflamatórios, anticancerígenos, dentre outras) e estreitas correlações entre o consumo de alimentos ricos em flavonóides e doenças cardíacas. Os flavonóides 7-glicosil-apigenina, 7-bissulfato-apigenina, 7-glicosil-luteolina, 7-bissulfato-luteolina e os corantes bixina e norbixina foram isolados e identificadas suas estruturas de sementes de urucum. (LIMA et al., 2001).

Suas sementes são cobertas por uma resina vermelha que contém como pigmento principal o carotenóide bixina, cuja estrutura se encontra na figura 1, sendo também o pigmento predominante nas preparações lipossolúveis. A norbixina, produto da saponificação da bixina, é o pigmento principal das preparações hidrossolúveis, sendo encontrada em pequena quantidade nas sementes e nas preparações lipossolúveis (PRESTON; RICKARD, 1980; MERCADANTE; PFANDER, 1998; TOCCHINI; MERCADANTE, 2001).

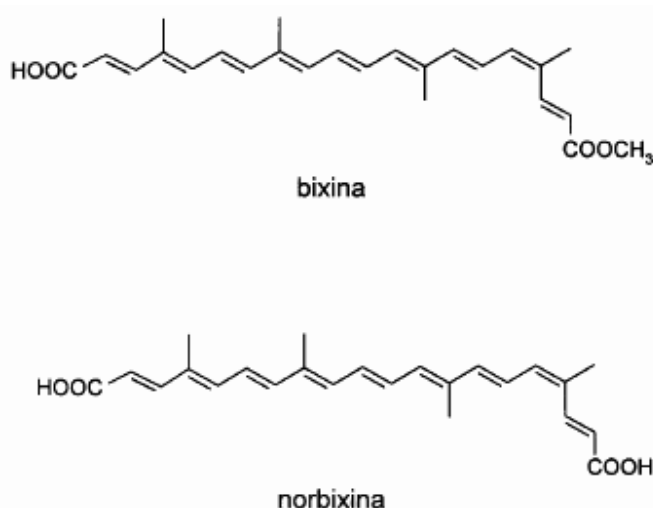


Figura 1 - Estrutura da bixina e da norbixina.

Lima et al. (2001), estudaram o efeito das substâncias (bixina, normbixina) em coelhos. A bixina apresentou o melhor efeito sobre a redução do colesterol e a manutenção dos níveis de colesterol-HDL mais elevados, e a quercetina apresentou efeito sobre a redução dos triacilgliceróis. Ressaltaram que também a associação bixina mais quercetina apresentou eficácia de efeitos em relação ao colesterol-HDL e triacilgliceróis e a norbixina em se tratando de colesterol e colesterol-HDL. Demonstraram que estes resultados são promissores, mostrando que



no futuro estas substâncias poderão ser utilizadas como fármacos no tratamento ou na prevenção de doenças cardíacas.

FAO (1991) e Franco et al. (2002) discutem sobre a legislação para o uso de corantes naturais, quanto à adoção de corantes e outros aditivos, a legislação brasileira está respaldada nas recomendações do Comitê FAO/OMS “Joint Expert on Food Additives – JECFA”. Este comitê elaborou, ao lado das especificações de identidade e pureza, as condutas a serem observadas no trato dos estudos e avaliações toxicológicas. Para os corantes naturais, essa avaliação deve ser considerada em três grupos:

- a) corante isolado quimicamente inalterado de um alimento e usado no produto em níveis normalmente nele encontrados, não sendo necessários dados toxicológicos;
- b) corante isolado quimicamente de um alimento e usado no produto em níveis superiores aos normalmente nele encontrados; este corante deve ser avaliado como se fosse artificial;
- c) corante isolado de um alimento, porém, quimicamente modificado durante a sua obtenção ou extraído de outra fonte não alimentar; este corante deve ser avaliado toxicologicamente como se fosse corante artificial.

De acordo com a legislação vigente, o urucum se enquadra na classificação do item a).

Franco et al. (2002) relatam ainda que as investigações sobre a toxicidade do urucum, realizada na Holanda com ratos, camundongos e suínos, permitiram estabelecer que o pigmento não apresenta toxicidade, podendo ser empregado com segurança para colorir manteigas, margarinas, queijos entre outros produtos. Uma ingestão diária temporária de 1,25 mg/kg de massa corpórea para extratos de urucum foi permitida pela FAO/OMS, desde 1970. A busca de uma alimentação mais saudável e natural é irreversível, proporcionando, desta forma, aumento no consumo de corantes naturais, o que vem apresentando tendência mundial, notadamente, pelo modismo de se consumir alimentos isentos de aditivos químicos.

### **2.3 Cor**

O mundo ao redor do indivíduo é percebido pelos sentidos. Destes, a visão é o mais marcante, sendo definido não apenas pela forma e aspecto dos objetos, mas também pela cor, que na maioria das vezes, é o primeiro critério utilizado na aceitação ou rejeição. Por isso, na indústria de alimentos a cor é atributo importante (BATISTA, 1994).

O atributo cor está diretamente correlacionado com a aceitação de um alimento, sendo um componente fundamental de qualidade que, embora altamente subjetivo, induz aos apelos de sabor, aroma e textura do alimento. A adição de corantes aos alimentos é, muitas vezes, exigência do consumidor. Alguns alimentos são coloridos pelo simples fato de apresentarem cor original pouco aceitável pelo consumidor. Muitas vezes, torna-se necessário adicionar cor aos alimentos para aumentar a atração, estimulando o apetite. Na verdade, se aceita ou não um alimento, em primeiro lugar, com os olhos, ou seja, pela cor. Se a cor for atraente, apesar da aparência (aspecto e forma) e do odor, dificilmente o alimento não será ingerido ou, pelo menos, provado. Dentre as percepções sensoriais do homem, 87% são captadas pela visão (SILVA et al., 2000).

Nas exportações avícolas, é muito importante o uso de substâncias pigmentantes, como consequência da associação que o público consumidor tem feito da cor amarela com um valor nutricional mais alto do produto (ARAYA et al., 1977).

As xantofilas são o conjunto de carotenóides que contribuem para a pigmentação. O milho possui cerca de 25 mg de xantofila por kg. Durante a estocagem, parte dessa xantofila se perde. Além disso, como substituto total ou parcial do milho, o sorgo e o trigo, que não possuem pigmentos, são utilizados em larga escala pelos produtores, tornando necessária a adição de compostos sintéticos à base de éter apocarotenóico (amarelo) e Cataxantina (vermelho), que são misturados à ração em pequenas quantidades, para dar pigmentação adequada de acordo com as exigências do mercado de ovos e frangos, embora não contenham valor nutritivo.

Uma boa pigmentação depende das características da xantofila utilizada, ou seja, biologicamente aproveitável, estável e insensível à oxidação. As xantofilas naturais não são estáveis e diminuem por oxidação. A adição de vitamina E, ou antioxidantes sintéticos, aos alimentos demonstrou proporcionar melhor deposição de pigmentos nos frangos (FUNDAÇÃO APINCO, 1994).

A pigmentação amarela tende a diminuir com a adição de óleo de fígado de bacalhau e de outros peixes, bem como pela inclusão de farinha de carne, de peixe, de soja, carvão ou de enxofre, nas rações (MORRISON, 1996).

## **2.4 Animais e sistema de criação**

A galinha teve sua origem cerca de 150 milhões de anos atrás, a partir do *Archaeopterix* que teria tido seu habitat na região hoje conhecida como a Índia. Desta ave foram identificados

três espécimes, sendo que da Ave Vermelha da Floresta (*Gallus bankiva*), surgiram às aves de hoje (*Gallus gallus*). A domesticação das aves teve origem por volta dos anos 3.200 a.C. e com duas finalidades principais: adorno e briga. Porém, os indivíduos que não serviam mais para estes fins eram então abatidos para o consumo. Nos dias de hoje, o sistema de confinamento, também conhecido como “Sistema Intensivo de Criação de Frangos”, apresenta excelentes resultados de produção, rendimento e preços acessíveis ao consumidor, porém recentemente, o sistema semi-intensivo de criação de aves está chamando a atenção para novas pesquisas devido a crescente demanda (HELLMEISTER FILHO, 2002).

Até a década de 60, a produção de ovos e carne de galinha em todo Brasil se originava de sistemas de criação semi-intensivo. Esse modo de criação passou a perder importância a partir da importação de animais melhorados geneticamente, de alto potencial de produção, e da subsequente implantação da avicultura industrial no país, que ocupou o mercado avícola. Embora com espaço comercial reduzido e relegado a segundo plano quanto à atenção técnica, esses sistemas de produção persistiram no meio rural, mantidos predominantemente em criações destinadas à produção de subsistência (CIOCCA et al., 1995).

Segundo Gessulli (1999), falar sobre o “sistema de criação de galinhas caipira” é oportuno e necessário, devido à falta de informações existentes no mercado para os atuais e futuros criadores e que, apesar da grande dimensão de terras no Brasil, somada ao grande número de pequenas propriedades e a tradição na criação de galinhas caipiras, nos encontramos totalmente desatualizados há mais de 30 anos, fruto da introdução da avicultura industrial e da degeneração das aves tradicionais caipiras.

A partir da década de 50 a avicultura de postura brasileira deixou sua base de subsistência para adotar uma base industrial movida pelo desenvolvimento tecnológico e motivada pela exportação econômica da atividade. A alta produção brasileira de grãos e a recente modernização das instalações avícolas conferem boa competitividade à avicultura de postura que, no entanto, apresenta uma pequena participação nas exportações mundiais. No mercado interno, grandes atacadistas detêm a coordenação e o controle do mercado de ovos, através da coordenação e articulação dos seus agentes, poderia combater a atividade de especulação no mercado interno e criar oportunidades no mercado internacional. Além da administração estratégica, a avicultura de postura poderia promover a desmistificação do colesterol ruim associado ao ovo e, dessa forma, aumentar o consumo per capita no Brasil (MIZUMOTO; MARQUES, 2001).

Segundo Agrodata (1990), para uma granja de sistema “semi-confinamento”, de 1.000 animais, após o terceiro ano de implantação, a produção de ovos caipiras, será de 12.774 dúzias/ano, obtendo uma renda líquida de US\$ 5.976,80, além dos ganhos com abatedouro.

## **2.5 Lipídeos**

Uma das grandes preocupações que afetam hoje a humanidade está relacionada a alguns tipos de lipídeos ou compostos que contém lipídeos, presentes na corrente sanguínea, que podem provocar distúrbios cardiocirculatórios, do tipo infarto do miocárdio e derrame cerebral, com conseqüências graves. O teor elevado de colesterol no organismo é causado, principalmente, por maus hábitos alimentares adquiridos e ou de ordem genética (hipercolesterolemia familiar) (MARTINEZ; LOURENÇO, 1996; LIMA, 2001).

O colesterol constitui o principal representante dos esteróis (alcóois cíclicos) de molécula grande, encontrados no reino animal como um dos principais componentes dos sucos biliares e particularmente abundante no cérebro e nervos, nas glândulas supra-renais e nos alimentos de origem animal. Representa um componente de todas as membranas celulares, sobretudo da mielina, que reveste as fibras nervosas e tecidos glandulares. Os esteróis são substâncias relacionadas no metabolismo como precursoras de vários hormônios esteróides, como os hormônios sexuais e adrenocorticóides, das geninas, do veneno do sapo, do ergosterol, um precursor de vitamina D, e os esteróis cancerígenos. O colesterol está associado com o processo de aterosclerose, constituindo um dos principais componentes da placa ateromatosa, considerando-se a aterosclerose um importante problema patológico, não só pelas suas conseqüências, como pela incidência em grande número de indivíduos e causa de óbito em diversas partes do mundo. É encontrado nos tecidos animais em altas concentrações, como no fígado onde é sintetizado e armazenado sob forma livre e esterificada, sendo a manutenção de seu nível normal no sangue de grande importância fisiológica (FRANCO, 2001).

O nível de colesterol total é essencialmente, a soma de dois tipos de colesterol: HDL (high-density cholesterol), e o LDL (low-density cholesterol). Os níveis de HDL devem ser os mais altos possíveis e os de LDL os mais baixos possíveis. Por isso, o que importa não é o colesterol total, mas sim a proporção entre os dois tipos de colesterol. O colesterol é uma gordura necessária para a realização de muitas funções cruciais do organismo, e entre elas produção de hormônios, das paredes das células e das bainhas dos nervos. Cerca de 85% do colesterol é

produzido pelo fígado e nas células do intestino delgado, o restante vem da alimentação. Sendo ceroso, não é solúvel em água. Para transportar o colesterol na corrente sanguínea, o organismo o reveste de proteína, denominado então, lipoproteína. Quanto mais proteína uma partícula de colesterol transporta, mais densa ela é. Cerca de 65% das lipoproteínas em circulação são de baixa densidade. A lipoproteína de baixa densidade, ou LDL, transporta colesterol até as células. Cerca de 20% das lipoproteínas em circulação são de alta densidade, ou HDL. Estas partículas de colesterol, menores e mais densas, são úteis porque recolhem o colesterol das células e o transportam de volta ao fígado, onde é novamente processado (ATIKNS, 2000).

Vários estudos têm demonstrado associações entre o consumo de gordura saturada, nível de colesterol e de doenças coronárias (CIORLIA, 1997), no entanto, medidas dietéticas isoladas têm-se mostrado, freqüentemente, insuficientes, tornado-se necessária à associação com drogas hipolipidêmicas, capazes de reduzir a síntese endógena de colesterol ou melhorar a eficiência de sua remoção no plasma (LIMA, 2001).

O ovo de alimento nobre, passou a alimento proibido, em razão de declarações de inúmeros cientistas que emitiram premissas apressadas e muitas vezes equivocadas. Na Rússia, em 1912, o pesquisador Nikolai Anitschkov induziu aterosclerose em coelhos alimentados com gemas de ovos misturadas com óleo de girassol. No ano seguinte, o próprio Anitschkov publicou o que veio a ser considerado o primeiro experimento de reprodução de aterosclerose em animais na história da medicina. Esses trabalhos, praticamente esquecidos, voltaram com toda força por volta de 1954, quando também da Rússia, David Kritchevsky confirmou que coelhos alimentados com gordura e colesterol apresentavam lesões ateromatosas. Afirmou também que a administração de gorduras poliinsaturadas (óleos vegetais) tinham proporcionado diminuição dos níveis de colesterol dos animais pesquisados; o grande erro dos pesquisadores russos foi utilizar coelhos em suas experiências, que como se sabe são vegetarianos e portanto incapazes de metabolizar adequadamente gorduras ou o colesterol ligado a elas. Por esse motivo, as taxas de colesterol dos coelhos do experimento chegaram a ficar de 10 a 20 vezes superiores aos valores normais e, ainda assim, não se reproduziu a doença aterosclerótica tal como se manifesta em seres humanos. O ovo passou a ser banido da dieta por apresentar uma concentração de colesterol maior do que os outros alimentos, e médicos, nutrólogos e nutricionistas passaram a controlar energicamente o nível de colesterol da dietas de seus pacientes (PUPPIN, 2004)

Muitos fármacos encontram-se disponíveis com este propósito, no entanto, além do elevado custo, efeitos colaterais indesejáveis no uso de tais medicamentos, têm motivado a procura de novas estratégias nutricionais e, ou, farmacológicas para a prevenção da arteriosclerose, baseados sobre tudo, no controle das concentrações plasmáticas de colesterol. A hipótese de que a peroxidação lipídica desempenhe importante papel na patogênese da arteriosclerose, vem despertando crescente entusiasmo sobre o uso de antioxidantes com agentes antiaterogênicos (BATTOUNI, 1997).

Sendo a gema do ovo uma importante fonte de colesterol, Franco (2001) apresenta valor de 15,0 mg de colesterol para 1 g de gema crua e, Mendonça Jr et al. (1999) constatou o valor de 12,35 mg de colesterol para cada grama de gema crua. Puppín (2004) cita que, um ovo inteiro contém entre 213 a 220 mg de colesterol e, como existe uma recomendação da Associação Americana de Cardiologia para limitar a ingestão de colesterol a 300 mg diários, no máximo, o ovo acabou sendo considerado perigoso.

A tendência atual é relacionar aterosclerose e outros fatores de risco a um subtipo do LDL-colesterol, ou colesterol de baixa densidade (molécula pequena), que é determinado principalmente pela genética e oxida-se facilmente. E, é preciso, acima de tudo, transformar o LDL-colesterol em HDL-colesterol, ou colesterol de alta densidade (molécula grande), utilizando-se fibratos e vitamina B<sub>3</sub>. A finalidade é de transformar o LDL em uma molécula menos oxidável (PUPPIN, 2004).

Schonohr et al. (1994), avaliaram 24 adultos, que acrescentaram 2 ovos por dia à alimentação normal durante 6 semanas. Concluíram ao final do período, que seus níveis de colesterol total haviam aumentado 4%. Os níveis do HDL, entretanto, aumentou 10%, o que é bastante desejável.

Martins et al. (2004), em estudos, com pintos de 1 dia, para redução de colesterol de frangos de corte, constataram que, a adição de urucum na proporção de 20 mg/ave/dia (coletando material aos 7, 21, 35 e 42 dias) não altera o desempenho e pigmentação da carcaça, porém seu uso associado a dietas de sorgo e milho pode diminuir os níveis de colesterol e triglicérides desses animais.

Lima et al. (2001) concluíram que as substâncias presentes no urucum apresentaram ação farmacológica bastante acentuada no metabolismo lipídico de coelhos hiperlipidêmicos, sem sobretudo causar efeitos de toxicidade aguda.

## 2.6 Vitamina A

A vitamina A exerce numerosas funções importantes no organismo, como ação protetora na pele e mucosas e papel essencial na função da retina e da capacidade funcional dos órgãos de reprodução. A vitamina A faz parte da púrpura visual, pois o retinol vai combinar-se com a proteína opsina para formar a rodopsina ou púrpura visual nos bastonetes da retina do olho, que tem por função a visão na luz fraca (FRANCO, 2001).

É um nutriente essencial ao organismo, desempenha, também, papel importante em diversos processos vitais, atuando na integridade do sistema imunológico (vitamina anti-infecciosa), na formação e manutenção do tecido epitelial e das estruturas ósseas, na diferenciação e proliferação celular, na reprodução e no crescimento (FOOD AND NUTRITION BOARD – NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1989; LAYRISSE ET AL., 1997; GERMANO, 2002; BRASIL, 2005).

Os sinais e sintomas de deficiência de vitamina A caracterizam-se por alterações em órgãos e tecidos de origem ectodérmica. As reservas tissulares no adulto normal são amplamente suficientes para atender às necessidades normais do organismo. No Brasil, em regiões do Nordeste, as afecções oculares atingem certa frequência, o que tem levado as autoridades ao emprego de meios visando o fornecimento de vitamina A em forma medicamentosa, sendo eficaz, desde que não haja nenhuma afecção secundária causada por deficiência nutricional. Estima-se que cerca de 4 milhões de crianças na infância sofrem de deficiência de vitamina A, podendo ser fatal em crianças sofrendo de Kwashiorkor. Entre adultos a deficiência é comumente encontrada nas doenças crônicas que afetam a absorção, como as afecções dos tratos hepático e biliar, *sprue*, colite ou em regimes dietéticos inadequados. Um sintoma precoce é a hemeralopia com elevada sensibilidade à luminosidade, sendo frequente que ela apareça antes do aparecimento das alterações anatomopatológicas como a queratose conjuntival e a queratomalacia, como também a queratinização da pele e das mucosas, porém a manifestação mais reconhecível é a cegueira noturna, que somente aparece quando a deficiência é grave. A queratomalacia, caracterizada por dessecação, úlcera e xerose da córnea e conjuntivite, é ocasionalmente vista como um sintoma em crianças muito pequenas, recebendo dietas deficientes da vitamina A. Em animais, a deficiência de vitamina A acha-se associada com defeitos do desenvolvimento e modelação dos ossos (FRANCO, 2001).

O termo vitamina A abrange tanto o retinol (vitamina pré-formada) e seus análogos sintéticos e naturais, denominados retinóides, como certos carotenóides (pró-vitamina A), que podem ser metabolizados à retinol (FAUSTO, 1991; GERMANO; 2002). Os carotenóides são um grupo de pigmentos de cores que vão desde o amarelo até o vermelho escuro, largamente distribuídos no reino animal e vegetal. Quimicamente os carotenóides são substâncias tetrapênicas, formadas por oito unidades de isopropeno; a ligação isopropênica é invertida na parte central da molécula de forma que os dois grupos metílicos ficam separados por três carbonos (BOBBIO; BOBBIO, 1995; GERMANO, 2002; De PAULA et al., 2004)). São polisopropenóides, possuindo quarenta átomos de carbono e um sistema de duplas ligações conjugadas, que contém uma ou duas estrutura cíclicas no final da cadeia, com exceção do licopeno que contém duas estruturas acíclicas (De PAULA et al., 2004).



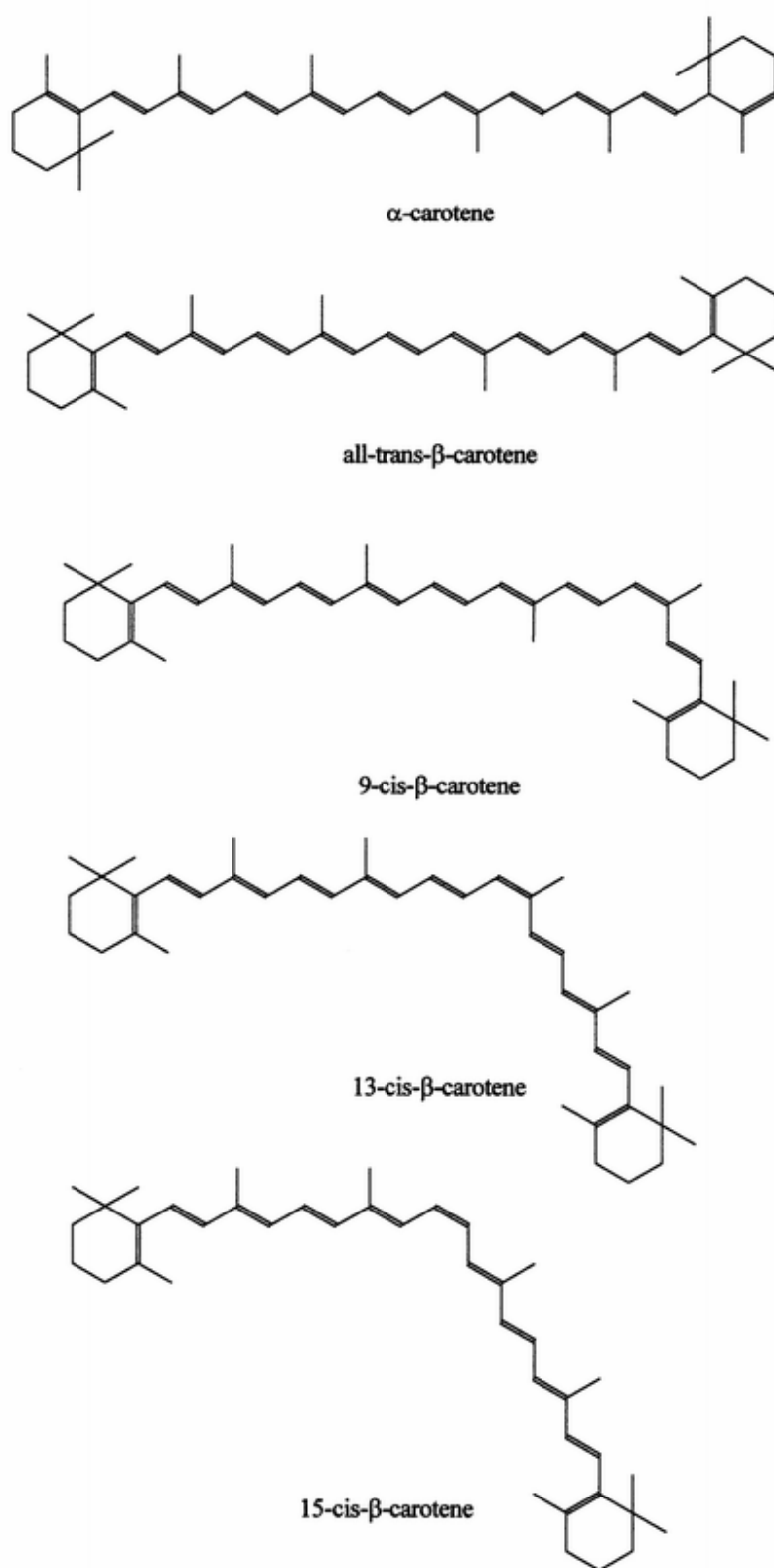


Figura 2 - Estruturas de alguns carotenóides

O retinol é encontrado somente em alimentos de origem animal (fígado, gema de ovos, leite e derivados, carnes e peixes). Nos vegetais se apresentam nas formas precursoras ( $\alpha$  e  $\beta$  caroteno), em geral nas frutas e legumes amarelos e alaranjados e vegetais verde escuros (FRANCO, 2001; GERMANO, 2002; BRASIL, 2005). O retinol tem absorção quase integral no aparelho gastrointestinal, pela formação de ésteres de retinil no intestino, que sofre rápida absorção. Já os carotenóides apresentam absorção somente de um terço de  $\beta$ -caroteno e outros carotenóides, sendo que sua absorção é menor, dependente da bile. A conversão do caroteno em retinol é realizada na parede do intestino delgado, sendo sua conversão influenciada pela ingestão de gorduras e proteínas da dieta. Parte do retinol sofre oxidação em ácido retinóico. O caroteno só é biologicamente ativo quando transformado em retinol, sendo seu teor no sangue de 300mcg/dl. Sendo 1 UI de vitamina A igual a: 0,3 mcg de retinol; 0,344 mcg de retinil (acetato); 0,6 mcg de  $\beta$  caroteno e 1,2 mcg de outros carotenos que possuem atividade vitamínica A (FRANCO, 2001).

Segundo Franco (2001), as interações entre medicamentos e entre medicamento e alimento, constitui um dos capítulos mais importantes não só em terapêutica, como em nutrição. As interações entre medicamentos e a vitamina A são: a colestiramina pode induzir a deficiência de vitamina A; a isotretinoína é uma substância estreitamente relacionada com a vitamina A e pacientes em que a droga é administrada podem exibir manifestações de toxicidade da vitamina A, como diarreia, anorexia, irritabilidade, cefaléia, fraqueza muscular, perda de peso, pele escamosa e queda de cabelo; a Kanamicina pode alterar a absorção das gorduras e acarretar malabsorção das vitaminas A e K; óleos minerais apresentam certa deficiência de vitaminas A, D e K; a vitamina A mantém equilíbrio fisiológico com as vitaminas E e D e doses elevadas podem romper o equilíbrio com as outras e acarretar o aparecimento de manifestações antagônicas.

Martini (2002), em trabalho realizado com feijão comum, fígado bovino, cenoura e medicamentos (Fer-in-Sol e Arovit) e suas misturas para verificação da disponibilidade de ferro, concluiu que, a vitamina A influencia a diálise do ferro e, as amostras contendo fígado foram as que obtiveram maior quantidade de ferro dialisável.

O ovo inteiro cru, possui 530 mcg de equivalente de retinol por 100g do alimento, enquanto que, somente a gema crua possui 816 mcg de equivalente de retinol por 100g do alimento (FRANCO, 2001).

### 2.6.1 $\beta$ -caroteno e $\alpha$ -caroteno

O  $\beta$ -caroteno, junto do licopeno, luteína, beta-criptoxantina e  $\alpha$ -caroteno, são os carotenóides mais abundantes, contribuindo em cerca de 90% dos carotenóides circulantes em humanos (De PAULA et al., 2004). O  $\beta$ -caroteno é a fonte mais abundante de pró-vitamina A presente nos alimentos. Cerca de 10 a 50% do total de  $\beta$ -caroteno consumido é absorvido pelo trato gastrointestinal, e, dentro da parede do intestino, é parcialmente convertido em vitamina A (GARCIA-CASAL et al., 1998; FRANCO, 2001; GERMANO, 2002; MARTINI, 2002).

Os efeitos benéficos de alguns carotenóides são em parte devido a sua conversão para vitamina A, mas muitos carotenóides atuam como antioxidantes protegendo aos danos dos radicais livres. Estes danos podem conduzir a diversos problemas médicos, tais como inflamações do tecido após trauma e condições crônicas, tais como doenças cardiovasculares, catarata, doenças auto-imunes e câncer. Os carotenóides podem assim, proteger a expressão genética (De ANGELIS, 2001). Os níveis elevados de carotenóides dietéticos foram ligados às diminuições nos riscos de diversos tipos de câncer (STEINMETZ; POTTER, 1996; De ANGELIS, 2001).

Não existe recomendação dietética específica para o  $\beta$ -caroteno, sabe-se apenas que a ingestão de no mínimo 6 mg é necessária para manter as recomendações para vitamina A (De ANGELIS, 2001).

A ingestão de carotenóides parece reduzir o risco de formação de placas ateroscleróticas. Kritchevsky et al. (1998) examinaram a ligação entre o consumo de carotenóides com atividade pró-vitamina A e a formação de placas na artéria carótida em 12.773 participantes com idade entre 45-64 anos e livres de problemas cardíacos. Foi também avaliada a ingestão dietética de um modo geral. Os resultados indicaram que tanto homens como mulheres, que consumiam quantidade elevada de carotenóides, tinham prevalência menor de placas; comparado com aqueles que tiveram baixa ingestão de carotenóides. Os homens tiveram risco reduzido em 15% e as mulheres em 18%. Porém, elas apresentaram uma associação inversa com o fumo, pois houve indícios de que em mulheres que fazem uso de  $\beta$ -caroteno associada ao fumo, apresentaram maiores riscos de câncer pulmonar e aumento de placas na artéria do que os homens.

A eficiência de absorção do  $\beta$ -caroteno é inversamente proporcional à ingestão, e a conversão em vitamina A é regulada pela quantidade de vitamina A do organismo do indivíduo.

Portanto, somente são convertidos a vitamina A, quando requisitados pelo organismo, evitando possível toxicidade (MARTINI, 2002).

Os únicos carotenóides que tem ação confirmada em humanos são, o beta-caroteno, o alfa-caroteno, o gama-caroteno e a beta-criptoxantina. Para sua atividade, é necessário que metade da molécula contenha a estrutura beta-ionona 5. Existem fortes evidências, em estudos epidemiológicos, da associação entre o consumo ou concentração sérica de carotenóides e a redução da incidência de câncer. Os carotenóides possuem uma ação antioxidante. As espécies reativas de oxigênio (EROs) são subprodutos do metabolismo aeróbio e sob condições normais em torno de 2% a 5% do oxigênio consumido pela mitocôndria é convertido em EROs, sendo os principais o ânion superóxido, peróxido de hidrogênio, radical hidroxila e radical peróxido. O efeito deletério das EROs é controlado por enzimas endógenas (catalases, superóxido desmutases e glutatona peroxidase) e por antioxidantes dietéticos (ácido ascórbico, alfa-tocoferol, beta-caroteno e isoflavonas). As EROs são necessárias para várias reações do organismo, tais como: fagocitose, apoptose e reações de detoxificação promovida pelo sistema citocromo P-450. Logo, a despeito de complexo sistema de antioxidantes celulares, parece que eles removem somente o excesso de EROs, mantendo os níveis necessários para as funções acima citadas. O equilíbrio entre EROs e antioxidantes é necessário para o funcionamento adequado das células. O excesso de antioxidantes pode ao contrário do que se pensava, ser maléfico, uma vez que diminui os níveis de EROs, inibindo a apoptose e suprimindo a ação de drogas utilizadas no tratamento do câncer, que agem induzindo a apoptose. Vários mecanismos de ação têm sido propostos para explicar a relação entre carotenóides e quimioprevenção do câncer. Não se sabe ainda qual deles é mais prevalente ou se a conjugação entre eles é responsável por este efeito. A associação entre alguns carotenóides e a redução do risco de câncer parece ser por mecanismo independente da sua conversão a retinol. A não toxicidade normalmente atribuída aos carotenóides não deve ser o único critério que justifique a sua suplementação. Deve-se ter cautela, pois nem todos podem beneficiar-se desta suplementação, uma vez que doses farmacológicas, em alguns grupos, podem levar a efeitos adversos (De PAULA et al., 2004).

## **2.7 Ferro**

É o microelemento mais abundante na crosta terrestre, existindo largamente em sua forma trivalente como óxido férrico ou hidróxido ou como polímero. Nesses estados sua atuação é

limitada, exceto solubilizados por ácidos ou quelatos. É essencial à formação da hemoglobina e seu corante, assim como em diversos processos biológicos. O organismo humano contém pequena quantidade de ferro, menos que 5g, teor este que não corresponde à sua importância vital, representando o sangue 7% do corpo e contendo 70% desse metal. Sua concentração sanguínea é 10 vezes maior do que a de todo o corpo e 30 vezes mais que a média de outras partes do organismo. Depósitos de ferro no fígado, baço e medula óssea também contribuem para a concentração férrica, sendo encontradas pequenas quantidades na mioglobina do músculo; na forma de transporte, ligado à transferina no sangue; em todas as células, como constituinte de certas enzimas, notadamente a citocromo-oxidase e catalases, assim como desidrogenases do músculo esquelético; metaloenzimas teciduais de funções respiratórias, oxidativas e de fosforilação, exercendo ação importante para o metabolismo aeróbico (transporte de elétrons para os citocromos) (FRANCO, 2001).

Existem evidências consideráveis de que o ferro pode desempenhar um papel na conversão de  $\beta$ -caroteno em vitamina A, na síntese de purinas e na detoxificação de drogas no fígado (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 1998; GERMANO, 2002).

No homem, o ferro é encontrado em inúmeras proteínas como as flavoproteínas, heme proteínas, participando como um componente essencial destas ou como co-fator, principalmente em enzimas, como os citocromos (BEARD et al., 1996; GERMANO, 2002).

A absorção de ferro pelo organismo é controlada, a fim de evitar o seu excesso, pois tanto excesso nos tecidos quanto no organismo conduzem à morbidade (SILVA, 1994; MARTINI, 2002).

O ferro do organismo tem dupla origem: ferro exógeno, ingerido com os alimentos, e ferro endógeno, proveniente da destruição de hemáceas, que libera cerca de 25 mg do metal, que é em seguida reutilizado. O ferro dos alimentos não é inteiramente aproveitado pelo organismo, dependendo da forma sob a qual é ingerido interfere em sua absorção. As combinações químicas, que são feitas no alimento, influencia sua absorção. Deve ser solúvel, ionizável e ultrafiltrável, para que seja absorvido, que são as formas inorgânicas (cloreto ferroso, carbonato ferroso, entre outras e, secundariamente, os sais férricos: ferro reduzido e citrato de ferro amoniacal que, em pequena proporção, são convertidos em ferro ferroso no tubo gastrointestinal). O ovo inteiro cru apresenta teores de ferro que variam de 2,41 a 3,20 mg/100g amostra (FIBGE, 1981; ENGLERT,

1998; FRANCO, 2001; GERMANO, 2002) e a gema crua apresenta 5,87 mg/100g de (FRANCO, 2001).

Existem dois mecanismos de absorção do ferro que ocorrem simultaneamente. O primeiro é um processo de difusão passiva, na qual a quantidade de ferro absorvida é proporcional à concentração de ferro no lúmen intestinal. Essa via de absorção é predominante somente em indivíduos com reservas normais de ferro. O segundo processo de absorção é limitado, medido por um transportador dependente de energia, passível de saturação cinética e inibição competitiva. Esse processo predomina quando os estoques de ferro orgânico estão depletados (CARPENTER; MAHONEY, 1992). Assim como os componentes da dieta, o estado nutricional do indivíduo também tem significativa influência sobre a absorção de ferro da dieta (MARTINEZ et al., 1999; MARTINI, 2002).

Em condições normais, uma dieta contém de 10 a 20 mg de ferro, dos quais o indivíduo absorve cerca de 5 a 10%. Essa absorção compensa perdas de ferro através da descamação das células da pele, vias digestivas, urinárias e respiratórias (SILVA, 1994; MARTINI, 2002). O ferro da alimentação que contém frutas e vegetais, que são ricos em ácido ascórbico, normalmente, é altamente disponível. A absorção de ferro aumenta de 3,7 para 10,4% em refeições que contenham pão, ovo e chá depois da adição de 40 a 50 mg de ácido ascórbico (BIANCHI et al., 1992; GERMANO, 2002).

### **2.7.1 Formas: Ferro heme e Ferro não heme**

O ferro dietético é classificado em 2 formas que variam, de acordo com o seu mecanismo de absorção: ferro heme e ferro não heme. O ferro heme encontra-se na estrutura do anel protoporfirina das hemeproteínas. Ele é encontrado em carnes e vísceras, sob a forma de hemoglobina e mioglobina, representando cerca de 40% do ferro do tecido animal. Esta forma tem elevada absorção e não é influenciada pelos fatores que interferem na absorção do ferro não heme, como a ionização e a capacidade de se ligar a outras substâncias. Este último é encontrado em alimentos de origem vegetal e animal (CARPENTER; MAHONEY, 1992; BIANCHI et al., 1992; MARTINI, 2002).

O ferro heme é solúvel no meio alcalino da luz intestinal, sendo facilmente absorvido, como um complexo de ferro-porfirina intacto, diretamente para as paredes da mucosa, por vias diferentes do não heme. O ferro é liberado pela ação da enzima heme-oxigenase, seguindo a

partir daí, os mesmos caminhos do ferro não heme. Por causa desse mecanismo de absorção único e de sua solubilidade elevada no pH intestinal, o ferro heme não é afetado por fatores químicos ou alimentares que podem alterar a disponibilidade do ferro não heme. Por essa razão, a absorção do ferro heme é alta, cerca de 15 a 30% em indivíduos normais e 35 a 50% naqueles com baixa reserva de ferro (COOK, 1983; MARTINI, 2002; CARPENTER; MAHONEY, 1992).

Já a absorção do ferro não heme é muito menor que a do heme, cerca de 0 a 10%, dependendo muito de fatores químicos, como o estado de oxidação, a solubilidade, o pH do meio e, ainda, dos componentes dietéticos. O ferro heme pode ser absorvido tanto ligado com a proteína transferrina na mucosa ou pode atravessar a membrana por difusão. Para o ferro não heme, existem três proteínas envolvidas na transferência do ferro não heme da luz do intestino para o citossol. Inicialmente, as mucinas ligam-se ao ferro no pH do estômago para garantir condições de solubilidade. Na superfície da mucosa intestinal, o ferro se liga à integrina que facilita a passagem através da membrana celular. A proteína mobilferrina aceita o ferro no seu interior e o libera para a ferritina ou para a transferrina. Normalmente, uma parcela do ferro que penetra é liberado para a transferrina, a maior parte é perdida na descamação das células da mucosa (BIANCHI et al., 1992; COTRAN et al., 1996; ELPO et al., 1998; GERMANO, 2002; MARTINI, 2002).

## 2.8 Material e Métodos

### 2.8.1 Material

O trabalho foi realizado na Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ, da Universidade de São Paulo - USP, no campo experimental Sertãozinho, do setor de aves do Departamento de Genética, onde se localiza a granja de aves. Foram utilizadas 125 aves poedeiras da raça Hy-Line brown, em idade de postura (por volta de 20 semanas), alimentadas diariamente com ração comercial, urucum inteiro (*in natura*) e amido de milho (como inerte), nas concentrações de 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0% (de urucum em relação ao peso da ração e, sendo chamados de T2, T3, T4 e T5, respectivamente) e, grupo controle (chamado T1) recebendo somente ração comercial, balanceadas adequadamente para atingir o objetivo deste. Durante as primeiras 8 semanas foi administrada ração para aves de postura em crescimento, que contém os seguintes ingredientes: farelo de soja, farelo de trigo, milho integral moído (62%), óleo vegetal e premix mineral vitamínico aminoácido (ácido fólico 0,25 mg; antioxidante 125 mg; promotor de crescimento 12,5 mg; cobre 7,5 mg; ferro 62,5 mg; iodo 1,56 mg; manganês 100 mg; metionina 800 mg; selênio 0,19 mg; sódio 1,24 g; vitamina A 10000 UI; vitamina B<sub>1</sub> 1,80 mg; vitamina B<sub>12</sub> 13,5 mcg; vitamina B<sub>2</sub> 4,5 mg; vitamina B<sub>6</sub> 2,5 mg; vitamina D<sub>3</sub> 2000 UI; vitamina E 12 mg; vitamina K<sub>3</sub> 2 mg; zinco 75 mg; pantotenato de cálcio 9 mg; niacina 20 mg; cloreto de colina 460 mg; biotina 0,05 mg), sendo fornecida de 50 a 70 g de ração por ave ao dia, acompanhando sempre as recomendações de consumo para a linhagem. Contém também, níveis garantidos de cálcio (1,5% - máx); extrato etéreo (2,5% - mín); fósforo (0,60% - mín); matéria fibrosa (5% - máx); matéria mineral (7% - máx); proteína bruta (17,5% - mín); umidade (12% - máx). Eventualmente no caso de falta de algum ingrediente da ração, este pode ser substituído por farelo de arroz desengordurado, farelo de soja extrusado, sorgo integral moído, protenose e trigo integral. A partir da 19ª semana de vida dos animais começou a ser fornecida ração para aves de postura em produção, cuja composição é a seguinte: calcário calcítico, farelo de soja, farelo de trigo, milho integral moído (61,98%), óleo vegetal, premix mineral vitamínico aminoácido (ácido fólico 0,4 mg; antioxidante 100 mg; promotor de crescimento 10 mg; cobre 6 mg; ferro 50 mg; iodo 1,25 mg; manganês 80 mg; metionina 800 mg; selênio 0,15 mg; sódio 1,04 g; vitamina A 10000 UI; vitamina B<sub>1</sub> 1,5 mg; vitamina B<sub>12</sub> 15,5 mcg; vitamina B<sub>2</sub> 5 mg; vitamina B<sub>6</sub> 2 mg; vitamina D<sub>3</sub> 2000 UI; vitamina E 6 mg; vitamina K<sub>3</sub> 2 mg; zinco 60 mg; pantotenato de cálcio 10



mg; niacina 15 mg; cloreto de colina 400 mg; biotina 0,03 mg) e protenose. Contém também níveis garantidos de cálcio (4,5% - máx); estrato etéreo (2,5% - mín); fósforo (0,6% - mín); matéria fibrosa (5% - máx); matéria mineral (15% - máx); proteína bruta (16% - mín); umidade (12% - máx). Na falta de algum dos ingredientes, os eventuais substitutos são: farelo de arroz desengordurado, farelo de soja extrusado, sorgo integral moído, trigo integral e fosfato bicálcico. Foi fornecida de 80 a 120 g de ração por ave ao dia, seguindo sempre as recomendações de consumo da linhagem. O urucum começou a ser administrado no início da 20<sup>a</sup> semana, sendo que as amostras começaram a serem colhidas a partir da 23<sup>a</sup> semana. Os animais foram divididos em 5 repetições e cada repetição com 5 animais. Foram alojadas em instalações adequadas e individuais, para o conforto dos animais e, foi fornecida água em abundância. A ração foi fornecida na totalidade, pela manhã, ao redor das 7:00 hs, para padronização da postura. A coleta dos ovos foi feita logo após o fornecimento da ração.

O intervalo de coleta foi estabelecido da seguinte forma: foram coletados todos os ovos da 23<sup>a</sup>, 25<sup>a</sup>, 27<sup>a</sup>, 29<sup>a</sup> e 30<sup>a</sup> semana. Os ovos da 26<sup>a</sup> semana foram utilizados para fazer as análises colorimétricas. Os da 28<sup>a</sup> semana foram utilizados para fazer as análises de qualidade física.

### ***2.8.2 Preparo das amostras***

Com exceção da análise no ovoscópio e da densidade, que exigem a integridade do ovo, para as demais análises, os ovos foram quebrados e utilizados de acordo com cada metodologia.

### ***2.8.3 Análises de qualidade física***

#### ***2.8.3.1 Peso***

Para as análises de qualidade física, foram coletados 70 ovos de cada tratamento. Foram separados por repetição e pesados em uma balança digital semi-analítica com graduação de 0,01 g.

Esta análise foi realizada durante a 28<sup>a</sup> semana, sendo considerado o peso dos ovos inteiros com casca.

#### ***2.8.3.2 Ovoscopia***

A ovoscopia consiste em colocar o ovo contra um foco de luz em ambiente escuro podendo ser observados os seguintes aspectos: defeitos na casca, condições da gema e da clara,

presença de corpo estranho, desenvolvimento de embrião e o natural aumento do tamanho da câmara de ar. O ovo em boas condições deve apresentar a casca de cor uniforme, ser limpa, espessa, pouco porosa e possuir forma normal; seu conteúdo deve apresentar câmara de ar pequena e imóvel, clara homogênea e transparente, gema com aspecto de uma sombra rosada quase transparente e com movimento lento no centro do ovo, tendo contorno pouco visível e embrião. Para essa determinação, o ovo foi colocado na frente da abertura da luz, segurando o mesmo com o dedo polegar na parte mais fina e com os dedos indicador e médio na parte mais larga. A seguir, foram dadas duas voltas rápidas no ovo a fim de fazer o conteúdo (clara e gema) se mover. Isso permite que a gema se aproxime da casca para melhor visualização (Oliveira et al, 2001).

Foi utilizado ovoscópio caseiro, nos ovos inteiros sendo a análise realizada na 28ª semana.

### 2.8.3.3 Gravimetria

Os ovos inteiros, depois de realizada a pesagem e análise em ovoscópio, foram submetidos à análise gravimétrica. O valor foi obtido pela imersão dos ovos em baldes plásticos, que continham diferentes soluções salinas, com densidades que variam de 1,0650 a 1,0950 com intervalo de 0,0025. As concentrações das soluções salinas foram ajustadas periodicamente com a utilização de um decímetro de petróleo para líquidos. Os ovos foram submersos em cestas plásticas nos baldes da menor para maior concentração salina, e foram retirados ao flutuarem até a superfície, sendo então anotado o valor da densidade. Os ovos passaram por balde que continha água pura, a qual recebe o nome de solução prévia, antes de seguirem para soluções salinas. A gravidade específica foi realizada em ovos frescos, para que não houvesse erro de cálculo. As soluções salinas foram preparadas conforme recomendação feita por Hamilton (1982).

SAL (g)	Água (l)	Densidade
276	3	1,060
298	3	1,065
320	3	1,070
342	3	1,075
365	3	1,080
390	3	1,085
414	3	1,090
438	3	1,095

Fonte: Silva (2004).

Quadro 2 – Quantidades de sal colocadas nas diferentes soluções salinas com 3 litros d'água.

#### **2.8.3.4 *Altura de albúmen e gema***

Tanto a altura do albúmen quanto a altura da gema foram mensurados através de micrômetro em intervalo de medida de 1 mm.

Estes valores são utilizados, respectivamente, para fins de cálculo da unidade Haugh e índice de gema.

#### **2.8.3.5 *Unidade Haugh***

Após a gravidade específica, os ovos foram quebrados em cima de uma placa plana de vidro para mensuração de valores para cálculo dos métodos a seguir.

A Unidade Haugh (UH) relaciona diretamente o peso dos ovos (g) com a altura de albúmem (mm). É um método utilizado para verificar a qualidade dos ovos pois, à medida que o ovo se deteriora, a clara se espalha, resultando num menor valor para este índice. Para a unidade Haugh, o logarítmo de altura da albumina espessa é ajustado cem vezes para ser equivalente àquela de um ovo de 56g (Griswold, 1972). Foi utilizado tripé medidor de altura de albúmem (micrômetro), com intervalo de medida de 1 mm. O procedimento para a determinação da altura do albúmem consiste em medir o albúmem com o uso de um micrômetro na região mediana, entre a borda externa e a gema do ovo e, que esta região esteja perpendicular à chalaça (Board et al., 1994; Sechinato, 2003). Quando utiliza-se o micrômetro, devemos substituir os valores na seguinte equação:  $UH = 100 \log (h + 7,57 - 1,7W^{0,37})$ , onde h = altura de albúmem (mm) e W = peso do ovo (g). Quanto maior o valor da UH, melhor será a qualidade dos ovos, que são classificados segundo o United States Department of Agriculture - USDA em ovos tipo AA (100 até 72), A (71 até 60), B (59 até 30), C (29 até 0) (Silva, 2004).

#### **2.8.3.6 *Espessura da casca***

De acordo com a espessura da casca, há um indicativo da fragilidade da mesma, pois quanto mais fina, maior a propensão à quebra e, o inverso, quanto mais espessa, maior é a dificuldade à quebra.

Para esta determinação utilizou-se cascas de ovos quebradas ao meio incluindo a membrana interna, lavadas em água corrente, secas ao meio ambiente. Sua leitura foi realizada com um micrometro, em dois pontos na área centro-transversal da casca do ovo, obtendo-se a média. Essa característica é expressa em milímetros (mm).

### **2.8.3.7 Índice de gema**

Para se calcular o índice de gema, foi determinado o diâmetro da gema através de paquímetro e expressa em centímetros (cm).

O índice de gema (IG) é dado por:  $IG = \text{altura da gema (mm)} / \text{diâmetro da gema (mm)}$ . A altura da gema foi mensurada na região central. O diâmetro da gema é obtido em cm, através de paquímetro e, deve ser convertido para mm, multiplicando-se por 10.

Exemplo:

Altura gema: 18,2 mm

Diâmetro da gema: 4,49 cm x 10 = 44,90 mm

$IG = 18,2 / 44,9 = 0,4053$

Valores normais = 0,3 a 0,5

### **2.8.4 Colesterol**

O colesterol da gema dos ovos foi determinado quantitativamente, por método colorimétrico, proposto por Bohac et al. (1988), sendo procedido da seguinte maneira:

Os ovos foram quebrados e utilizou-se 1 g de amostra, retirada de 2 gemas, de cada tratamento e de cada período.

A partir daí, fez-se a extração dos lipídeos totais foi realizada pelo método de Folch (1975), utilizando a proporção de 10 g de amostra para 200 ml de clorofórmio.

Retirou-se 1 alíquota de 3ml do extrato lipídico total. O resíduo lipídico foi saponificado a 80°C usando Banho-maria com agitação) por também 15 minutos, com 10 ml de KOH 12% em etanol 90% o qual é preparado (novo) cada dia. 5ml de água destilada foi adicionada à mistura depois de retirada do BM, e a solução foi resfriada e quantificado para colesterol usando um reagente de cor, ácido acético glacial  $FeSO_4-H_2SO_4$ . a absorbância do resfriado, a mistura colorida foi lida a 490nm comparado a um reagente em branco. Para construir a curva padrão, 0-200µg de colesterol purificado e aos passos de desenvolvimento de cor. A concentração resultante de colesterol na coloração final dos tubos de ensaio poderá ser de 0-40µg (ZAPATA et al., 2001).

### **2.8.5 Medida de cor**

Foi utilizado colorímetro Minolta CR-200 b, previamente calibrado em superfície branca de acordo com padrões pré-estabelecidos segundo Bible; Singha (1993).

Foram avaliados 3 valores do cromatograma:  $a^*$ ,  $b^*$  e  $L$ . O valor de  $a^*$  caracteriza coloração na região do vermelho ( $+a^*$ ) ao verde ( $-a^*$ ), o valor  $b^*$  indica coloração no intervalo do amarelo ( $+b^*$ ) ao azul ( $-b^*$ ). O valor  $L$  nos fornece a luminosidade, variando do branco ( $L=100$ ) ao preto ( $L=0$ ).

O Cromatograma é a relação entre os valores de  $a^*$  e  $b^*$ , onde se obtém a cor real do objeto analisado. Hue-Angle é o ângulo formado entre  $a^*$  e  $b^*$ , indicando a saturação da cor do objeto.

Para cálculo do Cromatograma foi utilizada a fórmula matemática (1) e, para se calcular Hue-Angle, utiliza-se a fórmula (2) (ESTEVEZ; CAVA, 2004).

$$C = \sqrt{a^2 + b^2} \quad (1)$$

$$H^\circ = \arctg b^*/a^* \quad (2)$$

### 2.8.6 Vitamina A

As determinações de  $\beta$  e  $\alpha$  caroteno forma baseadas no procedimento de Rodriguez et al. (1976). Este procedimento constituiu-se basicamente de uma extração, seguida de saponificação e cromatografia em coluna para separação dos pigmentos e posteriormente leitura em espectrofotômetro Beckman modelo DU 640. Os resultados foram expressos em mg de  $\beta$  e  $\alpha$  caroteno por 100g de amostra.

### 2.8.7 Diálise de ferro “in vitro”

A análise da diálise de ferro foi realizada segundo método proposto por Whittaker et al. (1989), onde as amostras foram homogenizadas em água deionizada. Em seguida, adicionou-se HCl 6N até que o pH atingisse o valor 2, na sequência, adicionou-se HCl 0,01N até que se completasse o volume à 100ml. Então, foi realizada digestão com adição de solução HCl-pepsina e incubação a 37°C agitação por 2h. Foi medida a acidez titulável, mais solução de pancreatina e titulado com KOH 0,5N até pH 7,5. A partir do volume de KOH titulável, fez-se uma diluição do mesmo volume de  $\text{NaHCO}_3$  0,5N.

A diálise foi realizada colocando o digerido em sacos de diálise, sendo acrescentado 3 vezes o volume de  $\text{NaHCO}_3$  0,5N de modo que o digerido ficasse submerso. Os frascos foram então cobertos e agitados durante 30 minutos a 37°C mais suspensão de bile-pancreatina, seguindo ainda a incubação por mais 2h. O conteúdo do dialisável foi completado a 25ml, com água deionizada. Foram pipetados 5ml do dialisado para tubo de centrífuga e mais sal

precipitante de proteína. Ao sobrenadante, mais sal cromogênica, sendo misturado vigorosamente. Após 10 minutos, foi realizada a leitura a 533 nm em espectrofotômetro Beckman DU 640. A quantidade de ferro dialisado foi obtido através da utilização de uma curva padrão previamente preparada.

### ***2.8.8 Delineamento Estatístico***

O delineamento experimental empregado foi conduzido em blocos completos casualizados, considerando cada 5 animais um bloco. Foram 5 tratamentos e feitas 5 repetições por tratamento. Os resultados foram submetidos à análise de variância, com teste F. obtendo-se significância no teste F ao nível de 5%, prosseguiu-se a análise estatística dos dados com a aplicação do teste de Tukey. Estas análises foram realizadas pelo programa estatístico computacional SAS (Statistical Analysis System, 1996).

## **2.9 Resultados e Discussão**

Os valores dos resultados obtidos são apresentados da tabela 1 a 5.

### **2.9.1 Análises de qualidade física**

As características de qualidade avaliadas, não apresentaram diferença ( $P \leq 0,05$ ) entre os tratamentos, para a maior parte delas, indicando portanto que a adição de urucum na alimentação das poedeiras não interfere na qualidade dos ovos. As exceções foram a Unidade Haugh e o Índice de gema, os quais apresentaram diferença significativa entre os tratamentos ( $P \leq 0,05$ ), porém sem estarem ligadas a adição do urucum.

#### **2.9.1.1 Peso**

A análise estatística das médias dos pesos dos ovos revelou não existir diferença significativa deste parâmetro de qualidade com relação à adição do urucum à ração dos animais. O peso que as amostras apresentaram ficou entre 59,61g e 59,12g, tendo como média 59,41g. Conforme mostra a tabela 1, as amostras não apresentaram diferença significativa entre si ( $P \leq 0,05$ ) no peso dos ovos quando as aves tiveram adicionado à sua ração urucum. Em trabalho realizado por Mendonça Jr. et al (1999) que alimentaram galinhas com ração comercial, foi encontrado para o grupo controle peso dos ovos de 66,5g. Já Sechinato (2003), que utilizou aves da linhagem Babcock com 48 semanas de idades, encontrou, no 1º ciclo (de 28 dias) o peso médio de 62,88g; no 2º ciclo, 63,57g e no 3º ciclo, 64,30; sendo a média final 63,59g. Estas diferenças apresentadas são explicadas pela diferença de raças poedeiras utilizadas, pois a raça utilizada (Hy-Line brown) é semi-pesada, bem como a idade das mesma, que se encontravam por volta de 20 semanas.

Tabela 1 – Parâmetro de qualidade física

Tratamento <sup>3</sup>	Peso (g)	Gravimetria	Altura de Albúmem (mm)	Unidade Haugh	Espessura de Casca (mm)	Altura de Gema (mm)	Diâmetro de Gema (cm)	Índice de gema
T1	59,61±4,51 <sup>1 a2</sup>	1,092±0,002 <sup>a</sup>	8,62±1,35 <sup>a</sup>	92,29±6,68 <sup>b</sup>	0,579±0,025 <sup>a</sup>	16,38±0,75 <sup>a</sup>	3,80±0,141 <sup>a</sup>	0,431± 0,260 <sup>ab</sup>
T2	59,12±3,42 <sup>a</sup>	1,093±0,096 <sup>a</sup>	9,29±1,37 <sup>a</sup>	95,86±7,62 <sup>a</sup>	0,585±0,028 <sup>a</sup>	16,46±0,83 <sup>a</sup>	3,75±0,178 <sup>a</sup>	0,439±0,315 <sup>a</sup>
T3	59,55±4,57 <sup>a</sup>	1,105±0,096 <sup>a</sup>	8,77±1,82 <sup>a</sup>	92,72±8,86 <sup>ab</sup>	0,587±0,031 <sup>a</sup>	16,46±1,08 <sup>a</sup>	3,79±0,139 <sup>a</sup>	0,434±0,322 <sup>ab</sup>
T4	59,53±3,74 <sup>a</sup>	1,104±0,003 <sup>a</sup>	8,77±1,31 <sup>a</sup>	92,99±5,90 <sup>ab</sup>	0,585±0,031 <sup>a</sup>	16,07±0,71 <sup>a</sup>	3,80±0,149 <sup>a</sup>	0,424±0,226 <sup>b</sup>
T5	59,25±4,17 <sup>a</sup>	1,092±0,003 <sup>a</sup>	8,87±1,32 <sup>a</sup>	93,99±6,86 <sup>ab</sup>	0,581±0,029 <sup>a</sup>	16,27±1,01 <sup>a</sup>	3,77±0,131 <sup>a</sup>	0,432±0,294 <sup>ab</sup>

<sup>1</sup>Médias± Desvio padrão

<sup>2</sup>Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P≤0,05).

<sup>3</sup>T1 – Controle, T2 – 0,5% de urucum, T3 – 1,0% de urucum, T4 – 1,5% de urucum, T5 – 2,0% de urucum.



Barbosa Filho (2004) encontrou variação entre os pesos de 3,2g e 2,4g para linhagem Hy-Line brown, respectivamente para os sistema de criação em cama e para o sistema de criação em gaiola. Os ovos tiveram pesos médios entre 58g para o sistema de criação em cama e 56g para o sistema de criação em gaiola, confirmando assim, a diferença apresentada a cima com relação à raça e estando próximos dos apresentados na tabela 1.

### **2.9.1.2 *Qualidade visual dos ovos (Ovoscoopia)***

A qualidade visual dos ovos, determinada externamente por análises visuais e interna e externamente pelo ovoscópio, em nenhuma das amostras avaliadas, não apresentou problemas em nenhuma das amostras, indicando que todas estavam dentro das condições normais e dentro dos padrões de consumo, concordando com as outras análises.

Barbosa Filho (2004) observou que o sistema de criação em gaiolas, sendo este o mesmo sistema adotado para a realização deste trabalho, apresentou uma quantidade maior de ovos sujos e ocorrência de ovos quebrados, indicando assim um pior desempenho desse sistema de criação sob o ponto de vista da qualidade visual externa dos ovos, diferindo dos resultados obtidos, pois este sistema não apresentou este tipo de problema e, concordando com os trabalhos de Appleby (1998) e Abrahamson & Tauson (1995), em que os trabalhos realizados em gaiolas não apresentaram problemas e, confirmando que um dos grandes inconvenientes do sistema de criação em cama é a qualidade dos ovos.

Por meio da ovoscoopia pode-se ter uma idéia da qualidade interna dos ovos, observando principalmente pontos de sangue na gema e também a qualidade externa destes, pela observação dos ovos que apresentam trincas e rachaduras (Barbosa Filho, 2004). Porém não foram detectados estes parâmetros, diferindo das observações de Jacob et al. (2000), que observaram em seu trabalho que as linhagens vermelhas (marrom), em geral, apresentara, um maior número de ovos com pontos de sangue, que são resultantes de hemorragias internas em pequenos vasos sanguíneos situados ou no ovário ou no oviduto das aves. Quando ocorrem na gema são geralmente ocasionados por hemorragias no ovário.

### **2.9.1.3 *Gravimetria***

A gravidade específica é uma estimativa da quantidade de casca depositada, e está relacionada com a porcentagem de casca. Quando a gravidade específica aumenta a resistência à

quebra da casca também aumenta (OLSSON, 1934). Segundo Hamilton (1982), a gravidade específica aumenta a medida que a espessura da casca aumenta.

Peebles; McDaniel (2004) consideraram em seu trabalho o valor da gravidade específica 1,0800 com um valor limite entre baixa e alta qualidade da casca dos ovos. Mendonça Jr. et al. (1999) apresentaram um valor inferior de gravidade específica (1,0777).

Com relação ao parâmetro de qualidade gravidade específica dos ovos, observa-se pela tabela 1, que as amostras não diferiram entre si ( $P \leq 0,05$ ) das médias dos valores avaliados, com relação aos ovos tratados, demonstrando que o urucum não interfere negativamente na densidade dos ovos, uma vez que, já segundo Silva (2004), a densidade dos ovos não pode ser inferior a 1,080. Todos os tratamentos apresentaram valores superiores aos apresentados pelos diversos autores, indicando que os ovos produzidos são de boa qualidade quando for considerado o parâmetro densidade.

Quanto à importância do parâmetro de qualidade gravidade específica, para o produtor de ovos, e que este está diretamente ligado à qualidade da casca dos ovos, que por sua vez é mais difícil de ser medida do que quando comparado com a medida da gravidade específica, pois além de ser um método rápido e fácil, não destrutivo e que fornece uma melhor caracterização da qualidade (HAMILTON, 1982; SECHINATO, 2003; BARBOSA FILHO, 2004)

#### **2.9.1.4 Unidade Haugh**

A altura do albumen é utilizada para relacionar com o peso dos ovos na unidade Haugh e o diâmetro do albúmen na verificação do índice de albúmen.

Entre os tratamentos não houve diferença significativa ( $P \leq 0,05$ ) para este quesito, demonstrando que não houve influência da adição de urucum na ração, conforme observado na tabela 1.

A unidade Haug, que é uma metodologia de avaliação de qualidade de albúmem foi introduzida por Haugh em 1937 (OVERFIELD, 1987; SECHINATO, 2003).

O parâmetro de qualidade Unidade Haugh apresentou diferença estatística significativa não linear com relação o tratamento que recebeu 0,5% de urucum na ração e o controle.

Barbosa Filho (2004), observou que há influência neste parâmetro quanto ao sistema de criação, houve queda para os ovos postos no sistema de criação em gaiolas.

É interessante observar que, mesmo com a adição de urucum os ovos foram classificados como do tipo AA , cuja unidade Haugh está entre 100 a 72 (SILVA, 2004).

Os ovos de qualidade AA são os melhores para cocção. Possuem a casca limpa, intacta e praticamente normal; câmara de ar com 0,3 cm ou menos de profundidade e em formato regular; clara límpida e firme; gema bem centralizada, contorno ligeiramente definido e sem defeitos. Quando quebrados em superfície plana, este ovos devem se apresentar cobrindo uma pequena área; com clara abundante e a clara espessa cercado a gema; há pequena quantidade de clara fina; gema é redonda e proeminente (GRISWOLD, 1972).

Mendonça Jr. et al. (1999) apresentaram valor de 86,7 para unidade Haugh, estando os ovos classificados em tipo AA.

Pode ser observado também a diferença estatística que foi apresentada ( $P \leq 0,05$ ) não é linear, portanto não pode ser devida ao urucum mas a algum outro fator não quantificado no trabalho. Mesmo apresentando esta discrepância, não houve diferença significativa de tipos na classificação dos ovos.

Um fator importante que deve ser levado em conta é a idade dos animais, que por estarem em início de postura, contribuem para os excelentes valores encontrados para essa classificação, como pôde ser explicado por Souza et al. (1994). Outro ponto é a idade do ovo, que quanto mais novo, mais firme e abundante é a clara (GRISWOLD, 1972) e esta avaliação foi realizada logo após a postura. As medidas apresentadas na tabela 1 foram obtidas de poedeiras com 28 semanas de idade.

#### **2.9.1.5 Espessura Casca**

A adição de urucum na ração das poedeiras não teve nenhuma influência ( $P \leq 0,05$ ) sobre a espessura das cascas das amostras analisadas. O mesmo ocorreu com a altura do albúmen, peso, unidade Haugh e gravimetria.

Os valores da espessura da casca foram maiores do que o encontrado por Mendonça Jr. et al. (1999), 0,362mm. Barbosa Filho (2004), encontrou valores médios de 0,410mm para animais da raça Hy-Line brown no sistema de criação em gaiolas.

Emery et al. (1984), confirmado por Mahmoud (1996) e Barbosa Filho (2004), verificaram que há uma queda acentuada na espessura da casca quando o animal passa por estresse térmico, decorrente da diminuição do balanço de cálcio no sangue, uma vez que se sabe

que este balanço é afetado quando a ave se encontra em condições de alta temperatura, diminuindo a quantidade de plasma cálcico e comprometendo a formação da casca do ovo.

Barbosa Filho (2004) também observou que, quanto às condições de criação, de modo geral o sistema de criação em gaiolas foi o que apresentou maiores quedas nos valores médios da espessura da casca, tanto em condições normais quanto de estresse, porém em condições normais (sem estresse térmico), a linhagem Hy-Line W36 (branca) apresentou valores superiores de espessura de casca (média de 0,460mm), diferindo dos valores encontrados neste trabalho, onde os valores médios ficaram em torno de 0,580mm.

O parâmetro espessura da casca também é de grande interesse para os produtores de ovos, uma vez que problemas como, perda de ovos por quebra ou rachaduras poderão trazer prejuízos, além de indicar também que, provavelmente, a causa do problema esteja ocorrendo devido a falhas de ambiência dentro das instalações onde as aves se encontram (BARBOSA FILHO, 2004), fato este, que pela observação da tabela 1, pode-se concluir a não interferência do urucum neste parâmetro.

Segundo Jacob et al. (2000), problemas na casca poderão também resultam em uma baixa classificação dos ovos, o que poderá causar uma desvalorização do produto no mercado.

#### **2.9.1.6 Índice de Gema**

A altura da gema é utilizada para relacionar com o diâmetro da gema no índice de gema. Não houve diferença significativa ( $P \leq 0,05$ ) entre os tratamentos, indicando que a adição de urucum não exerce influência neste quesito, conforme observado na tabela 1.

Relaciona-se o diâmetro de gema com a altura de gema para se obter o valor do índice de gema. A adição de urucum não apresentou influência ( $P \leq 0,05$ ) sobre os diferentes tratamentos.

Utilizando a altura da gema e o seu diâmetro foi calculado o índice de gema. Verificou-se que não houve interferência ( $P \leq 0,05$ ) da adição de urucum no índice de gema, estando dentro da normalidade (0,3 a 0,5) e também estão dentro dos valores encontrados por Barbosa Filho (2004), que encontrou valores de 0,44 a 0,41 para a linhagem Hy-Line Brown .

Barbosa Filho (2004) também observou que, quanto a linhagem Hy-Line brown, não houve diferença para este parâmetro de qualidade entre as condições ambientais avaliadas, no entanto, quando analisou o valor médio de IG para os sistemas de criação (cama ou gaiola),

verificou que ocorreu uma redução significativa nos valores de IG para a linhagem Hy-Line brown e para o sistema de criação em gaiola.

### **2.9.2 Colesterol**

Foi verificada a eficiência da adição de urucum entre os tratamentos ( $P \leq 0,05$ ), todos os tratamentos apresentaram diferença do controle (T1). Entre os tratamentos que receberam urucum somente T2 e T3 não diferiram entre si ( $P \leq 0,05$ ). Com o aumento da porcentagem de urucum na ração, nas doses utilizadas no experimento, diminuiu o teor de colesterol das gemas.

Franco (1999) apresenta valor de 15,0 mg de colesterol por g de gema crua, Mendonça Jr. et al. (1999) constatou o valor de 12,35mg de colesterol por g de gema crua e Mourthé; Martins (2002) que analisaram ovos comercializados em Belo Horizonte (MG), sem e com adição de Omega-3 varia de 16,55 a 18,54mg/g.

Os tratamentos T3, T4, e T5 (1,0%; 1,5% e 2,0% de urucum respectivamente) apresentaram resultados menores, quando comparados com a literatura.

Pode ser observado na tabela 2 que, mesmo com a adição de urucum que diminuiu os níveis de colesterol, houve um aumento deste nível ao longo do tempo para todos os tratamentos inclusive para T1. O que era esperado, já que esta situação depende da fisiologia do animal. Mesmo com este aumento, os resultados obtidos com a adição de urucum demonstraram diminuição em relação a média de colesterol em gemas de ovos, sendo que T5 apresentou valor inferior a de gema dos ovos não tratados.

Enfim, os ovos tratados com urucum, mesmo com o passar do tempo apresentaram valores menores de colesterol quando comparados com a literatura.

### **2.9.3 Cor**

As análises de cor de gema normalmente são efetuadas através do leque colorimétrico ROCHE, numa escala de valores de 1 a 15. Pedroso (1999) encontrou valores ao redor de 7, no leque ROCHE, para gema de ovos encontrados no mercado.

Porém, sendo esta metodologia muito subjetiva, encontrou-se no colorímetro Minolta uma forma de verificação mais precisa.

Tabela 2 – Valores médios de colesterol em gema crua (mg/g) dos ovos de cada tratamento e ao longo do tempo.

Tratamento <sup>3</sup>	Valor de colesterol médio das amostras (mg/g)	23 <sup>a</sup> semana	25 <sup>a</sup> semana	27 <sup>a</sup> semana	29 <sup>a</sup> semana	30 <sup>a</sup> semana
T1	16,95± 1,18 <sup>1 a2</sup>	14,57± 0,1 <sup>a</sup>	16,72± 0,1 <sup>a</sup>	17,50± 0,0 <sup>a</sup>	17,79± 0,1 <sup>ab</sup>	18,18± 0,3 <sup>b</sup>
T2	15,29± 1,43 <sup>b</sup>	13,73± 0,4 <sup>a</sup>	14,49± 0,1 <sup>a</sup>	15,56± 0,1 <sup>b</sup>	16,00± 0,0 <sup>bc</sup>	16,65± 0,0 <sup>c</sup>
T3	14,56± 1,13 <sup>b</sup>	13,04± 0,4 <sup>a</sup>	13,82± 0,2 <sup>b</sup>	14,65± 0,1 <sup>c</sup>	15,14± 0,2 <sup>c</sup>	16,12± 0,2 <sup>d</sup>
T4	12,99± 1,13 <sup>c</sup>	10,43± 0,2 <sup>a</sup>	12,72± 0,1 <sup>b</sup>	13,72± 0,3 <sup>c</sup>	13,98± 0,5 <sup>c</sup>	14,11± 0,3 <sup>c</sup>
T5	10,41± 1,36 <sup>d</sup>	8,48± 0,5 <sup>a</sup>	9,80± 0,2 <sup>b</sup>	10,91± 0,2 <sup>c</sup>	11,33± 0,2 <sup>cd</sup>	11,49± 0,2 <sup>d</sup>

<sup>1</sup>Médias± Desvio padrão

<sup>2</sup>Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

<sup>3</sup>T1 – Controle, T2 – 0,5% de urucum, T3 – 1,0% de urucum, T4 – 1,5% de urucum, T5 – 2,0% de urucum.

O valor de  $a^*$  caracteriza coloração na região do vermelho ( $+a^*$ ) ao verde ( $-a^*$ ), o valor  $b^*$  indica coloração no intervalo do amarelo ( $+b^*$ ) ao azul ( $-b^*$ ). O valor L nos fornece a luminosidade, variando do branco ( $L=100$ ) ao preto ( $L=0$ ). Como pode ser verificado no prisma de cor (Anexo 1).

Para o quesito luminosidade (L), houve diferença ( $P \leq 0,05$ ) entre os tratamentos, sendo o mais expressivo o tratamento T5 (2,0% de urucum). Para  $a^*$  (do vermelho ( $+a^*$ ) ao verde ( $-a^*$ )), houve uma tendência ao vermelho (valores +), sendo que os tratamentos T4 e T5 (1,5% e 2,0% de urucum respectivamente) apresentaram os melhores resultados (mais vermelho). Para  $b^*$  (do amarelo ( $+b$ ) ao azul (-)), houve uma tendência ao amarelo (valores +), sendo que os tratamentos T3, T4 e T5 (1,0%; 1,5% e 2,0% de urucum respectivamente) obtiveram melhores resultados, pois apresentando valores decrescentes, que ainda pertencem ao espectro amarelo, nota-se que as cores obtidas têm uma tendência avermelhada (em função de  $a^*$ ). Portanto, apesar de todos os tratamentos se diferenciaram do controle (T1) os tratamentos T4 e T5 (1,5% e 2,0% de urucum respectivamente) apresentaram melhores resultados, pois como se observa na tabela 2, há maior quantidade de vermelho e menor de amarelo, o que significa que teriam melhor aceitação dos consumidores que aceitam ovos com gema que tenham coloração mais acentuada (tendência ao avermelhado).

Existe uma relação matemática que envolve os valores de  $a^*$  e  $b^*$  e que chamamos de Cromo. Outro ponto que também deve ser levado em consideração é a angulação que é formada pela relação entre  $a^*$  e  $b^*$  (croma) o qual chamamos de saturação de cor (Hue-Angle). Esteves; Cava (2004), encontraram para patê de fígado valores para o Cromo de 14,79 a 19,11 e para Hue-Angle, valores entre 50,01 a 55,29. Os valores do Cromo encontrados para a gema dos ovos ficaram entre 50,08 a 53,47. Para Hue-Angle, foram encontrados valores de 0,19 a 0,04.

Foi observado também que, com o tempo de armazenamento, principalmente sem refrigeração, os pigmentos migram para algumas regiões, formando manchas diminuindo a intensidade da cor das gemas.

Portanto o urucum possui substâncias, provavelmente xantofilas e carotenóides, que passam para a gema do ovo. Estes pigmentos não são sintetizados pelas aves e devem ser incorporados às rações (ARAYA et al., 1977). Além disso, as substâncias que conferem cor

Tabela 3 – Valores médios de L, a\*, b\*, Cromo e Hue-Angle dos ovos de cada tratamento

Tratamento <sup>3</sup>	L	a*	b*	Croma	Hue-Angle
T1	63,23± 5,46 <sup>1 a2</sup>	2,23± 3,25 <sup>a</sup>	53,42± 7,02 <sup>a</sup>	50,08	0,19
T2	61,12± 4,25 <sup>ab</sup>	5,14± 2,58 <sup>b</sup>	51,74± 5,82 <sup>ab</sup>	50,83	0,16
T3	60,01± 3,89 <sup>b</sup>	7,02± 2,33 <sup>c</sup>	50,13± 5,69 <sup>b</sup>	50,45	0,13
T4	59,58± 3,94 <sup>bc</sup>	8,45± 2,55 <sup>d</sup>	49,97± 4,68 <sup>b</sup>	51,99	0,09
T5	57,48± 3,66 <sup>c</sup>	9,61± 1,69 <sup>d</sup>	49,15± 4,29 <sup>b</sup>	53,46	0,04

<sup>1</sup>Médias± Desvio padrão

<sup>2</sup>Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P≤0,05).

<sup>3</sup>T1 – Controle, T2 – 0,5% de urucum, T3 – 1,0% de urucum, T4 – 1,5% de urucum, T5 – 2,0% de urucum.



utilizadas no experimento se apresentaram eficientes pois promoveram boa pigmentação e foram biologicamente aproveitáveis, apesar de provavelmente serem instáveis e sensíveis à oxidação.

#### **2.9.4 Vitamina A**

Os valores de vitamina A ( $\alpha$  e  $\beta$  caroteno) foram expressos em  $\mu\text{g/g}$  de amostra e convertidos em equivalente de retinol (RE  $\mu\text{g/g}$ ), de acordo com a National Academy of Science-National Council Research – NAS-NCR (NAS-NCR, 1980), onde 6  $\mu\text{g}$  de  $\beta$  caroteno e 12  $\mu\text{g}$  de  $\alpha$  caroteno equivalem a 1  $\mu\text{g}$  de equivalente de retinol (RE) e, por sua vez equivale a 3,33 UI de vitamina A.

A tabela 4 apresenta o conteúdo de  $\beta$  e  $\alpha$  caroteno das amostras em  $\mu\text{g/g}$  de amostra, o valor de equivalente de retinol (RE) em  $\mu\text{g/g}$  de amostra (somatória de carotenóides) e o valor de vitamina A (somatória de carotenóides transformados em retinol) em UI.

Os valores encontrados de  $\beta$  e  $\alpha$  caroteno não apresentaram diferença significativa, com exceção do tratamento com 0,5% de urucum (T2), que teve uma ligeira redução e do tratamento com 2,0% de urucum (T5), que apresentou diferença significativa ( $P < 0,05$ ).

Com relação ao equivalente de retinol (RE), Fonseca (1985) apresentou valor de 1,4229  $\mu\text{g/g}$  para o ovo inteiro, sendo que apresenta valor para a gema (1,755  $\mu\text{g/g}$ ), e este está próximo dos valores obtidos, que ficaram entre 0,78 a 0,84  $\mu\text{g/g}$ . Já os valores apresentados por Franco (2001), discordam dos valores encontrados, 5,30  $\mu\text{g/g}$  para o ovo inteiro e 8,16  $\mu\text{g/g}$  para a gema. Apesar de ser próximo dos valores encontrados em literatura, o tratamento 2,0% de urucum apresentou diferença significativa em relação aos demais tratamentos ( $P < 0,05$ ).

Já para UI de vitamina A, os resultados encontrados de 2,62 a 2,64 UI, concordam com os resultados demonstrados por Oliveira et al. (2001), que apresentou para ovo inteiro e gema, os valores de 2,60 e 2,64 UI respectivamente, não apresentando diferença significativa entre si. Sendo que o tratamento de 2,0% de urucum (T5), mostrou diferença significativa ( $P < 0,05$ ) com relação aos demais tratamentos, apresentando valor de 2,81 UI, próximo dos valores apresentados por Franco (1968), que é de 3,23 UI. Anderson et al. (1988); Torres; Machado (2001) e Mahan; Escott-Stump (1998) discordam dos valores apresentados, pois obtiveram valores de 11,8; 6,46 e 29  $\mu\text{g/g}$  respectivamente.

Tabela 4 – Valores médios de  $\beta$  e  $\alpha$  caroteno, equivalente de retinol ( $\mu\text{g/g}$ ) e UI de vitamina A dos ovos de cada tratamento

Tratamento <sup>3</sup>	$\beta$ caroteno ( $\mu\text{g/g}$ )	$\alpha$ caroteno ( $\mu\text{g/g}$ )	RE <sup>4</sup> ( $\mu\text{g/g}$ )	UI <sup>5</sup> de vitamina A
T1	3,26 $\pm$ 0,044 <sup>b</sup>	3,02 $\pm$ 0,041 <sup>b</sup>	0,79	2,65
T2	3,20 $\pm$ 0,029 <sup>c</sup>	2,97 $\pm$ 0,027 <sup>c</sup>	0,78	2,60
T3	3,23 $\pm$ 0,034 <sup>bc</sup>	2,99 $\pm$ 0,031 <sup>bc</sup>	0,79	2,62
T4	3,24 $\pm$ 0,026 <sup>bc</sup>	3,00 $\pm$ 0,024 <sup>bc</sup>	0,79	2,63
T5	3,46 $\pm$ 0,060 <sup>a</sup>	3,20 $\pm$ 0,055 <sup>a</sup>	0,84	2,89

<sup>1</sup>Médias  $\pm$  Desvio padrão

<sup>2</sup>Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

<sup>3</sup>T1 – Controle, T2 – 0,5% de urucum, T3 – 1,0% de urucum, T4 – 1,5% de urucum, T5 – 2,0% de urucum.

<sup>4</sup>RE – equivalente de retinol

<sup>5</sup>UI – Unidade Internacional

Tabela 4.1 – Valores médios da evolução de  $\beta$  caroteno ( $\mu\text{g/g}$ ) dos ovos de cada tratamento

Tratamento <sup>3</sup>	23 <sup>a</sup> semana	25 <sup>a</sup> semana	27 <sup>a</sup> semana	29 <sup>a</sup> semana	30 <sup>a</sup> semana
T1	3,06 $\pm$ 0,047 <sup>1 ab2</sup>	2,94 $\pm$ 0,018 <sup>c</sup>	3,08 $\pm$ 0,018 <sup>a</sup>	3,02 $\pm$ 0,039 <sup>b</sup>	3,00 $\pm$ 0,021 <sup>bc</sup>
T2	2,95 $\pm$ 0,026 <sup>a</sup>	2,98 $\pm$ 0,017 <sup>a</sup>	2,96 $\pm$ 0,017 <sup>a</sup>	2,94 $\pm$ 0,001 <sup>a</sup>	3,00 $\pm$ 0,021 <sup>a</sup>
T3	2,98 $\pm$ 0,018 <sup>ab</sup>	2,98 $\pm$ 0,016 <sup>ab</sup>	2,95 $\pm$ 0,024 <sup>b</sup>	2,99 $\pm$ 0,021 <sup>ab</sup>	3,03 $\pm$ 0,022 <sup>a</sup>
T4	3,00 $\pm$ 0,004 <sup>ab</sup>	2,99 $\pm$ 0,020 <sup>b</sup>	3,04 $\pm$ 0,027 <sup>a</sup>	2,98 $\pm$ 0,002 <sup>b</sup>	2,99 $\pm$ 0,021 <sup>b</sup>
T5	3,23 $\pm$ 0,029 <sup>a</sup>	3,20 $\pm$ 0,001 <sup>ab</sup>	3,18 $\pm$ 0,020 <sup>ab</sup>	3,23 $\pm$ 0,029 <sup>a</sup>	3,15 $\pm$ 0,023 <sup>b</sup>

<sup>1</sup>Médias  $\pm$  Desvio Padrão

<sup>2</sup>Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

<sup>3</sup>T1 – Controle, T2 – 0,5% de urucum, T3 – 1,0% de urucum, T4 – 1,5% de urucum, T5 – 2,0% de urucum.

Tabela 4.2 – Valores médios da evolução de  $\alpha$  caroteno ( $\mu\text{g/g}$ ) dos ovos de cada tratamento

Tratamento	23 <sup>a</sup> semana	25 <sup>a</sup> semana	27 <sup>a</sup> semana	29 <sup>a</sup> semana	30 <sup>a</sup> semana
T1	3,30 $\pm$ 0,044 <sup>ab</sup>	3,17 $\pm$ 0,017 <sup>c</sup>	3,32 $\pm$ 0,017 <sup>a</sup>	3,26 $\pm$ 0,036 <sup>b</sup>	3,23 $\pm$ 0,019 <sup>bc</sup>
T2	3,18 $\pm$ 0,023 <sup>a</sup>	3,21 $\pm$ 0,016 <sup>a</sup>	3,19 $\pm$ 0,016 <sup>a</sup>	3,17 $\pm$ 0,001 <sup>a</sup>	3,23 $\pm$ 0,020 <sup>a</sup>
T3	3,21 $\pm$ 0,016 <sup>ab</sup>	3,21 $\pm$ 0,014 <sup>ab</sup>	3,19 $\pm$ 0,023 <sup>b</sup>	3,22 $\pm$ 0,020 <sup>ab</sup>	3,27 $\pm$ 0,021 <sup>a</sup>
T4	3,23 $\pm$ 0,004 <sup>ab</sup>	3,22 $\pm$ 0,019 <sup>b</sup>	3,28 $\pm$ 0,025 <sup>a</sup>	3,22 $\pm$ 0,002 <sup>b</sup>	3,22 $\pm$ 0,019 <sup>b</sup>
T5	3,49 $\pm$ 0,027 <sup>a</sup>	3,45 $\pm$ 0,001 <sup>ab</sup>	3,43 $\pm$ 0,018 <sup>ab</sup>	3,50 $\pm$ 0,027 <sup>a</sup>	3,39 $\pm$ 0,022 <sup>b</sup>

<sup>1</sup>Médias  $\pm$  Desvio Padrão

<sup>2</sup>Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

<sup>3</sup>T1 – Controle, T2 – 0,5% de urucum, T3 – 1,0% de urucum, T4 – 1,5% de urucum, T5 – 2,0% de urucum.

Sendo que o tratamento de 2,0% de urucum (T5), mostrou diferença significativa ( $P < 0,05$ ) com relação aos demais tratamentos, apresentando valor de 2,81 UI, próximo dos valores apresentados por Franco (1968), que é de 3,23 UI. Anderson et al. (1988); Torres; Machado (2001) e Mahan; Escott-Stump (1998) discordam dos valores apresentados, pois obtiveram valores de 11,8; 6,46 e 29  $\mu\text{g/g}$  respectivamente.

Pode-se observar, nas tabelas 4.1 e 4.2, que houve uma alteração não linear nos tratamentos com relação ao tempo, ou seja, para se manter os níveis de vitamina A presentes, deve-se manter a administração do urucum por todo período desejado.

### **2.9.5 Ferro e Ferro dialisável**

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 5, os valores obtidos foram semelhantes aos encontrados em literatura, que foram de 17,74 a 24,20 mg/Kg de amostra. Anderson (1988); Mahan; Escott-Stump (1998); Torres; Machado (2001); apresentaram valores de 7,2 a 15,5 mg/Kg de amostra, levando-se em consideração que utilizam o ovo inteiro. Levando-se em conta a proporção de que o ovo integral tem seu peso aproximadamente 3 vezes maior (Barbosa Filho, 2004) que o da gema. Os valores apresentados por Franco (2001) foram superiores, 31,0 mg/Kg para ovo inteiro e 58,7 mg/Kg de gema, aproximando-se dos valores encontrados para T5 (2,0% de urucum), que é de 47,12 mg/Kg.

Segundo Heath; Fairweather-Tail (2002), a avidina é um componente do ovo responsável pela inibição de ferro não heme pelo organismo, então pode-se observar que, com a adição de urucum este efeito é minimizado.

Kana Sop et al. (2004) em pesquisa com alimentação tradicional de camarões, concluíram que a batata inglesa é a melhor fonte de ferro, pois a apresentou a maior porcentagem de ferro dialisável. Em mistura com peixe, obteve valores entre 18,68 % de ferro dialisável. Porém em misturas que continham outros legumes (feijões, soja e amendoim) e ovos apresentaram valores inferiores a 0,89%. O tratamento T1, que apresentou valor ao redor de 0,62%, mas os demais tratamentos (T2, T3, T4 e T5) apresentaram quantidades superiores, pois diferiram estatisticamente, apresentando valores entre 1,2 a 1,4%.

O ponto interessante é que, com relação ao tratamento com 2,0% de urucum (T5), tanto na questão de ferro total quanto ao ferro dialisável, apresentou valores superiores, sendo esta

diferença significativa e, que provavelmente se deva à quantidade significativa de proteína do ovo e ao aumento de  $\beta$  caroteno presente nos tratamentos.

Tabela 5 – Valores médios de Ferro total (mg/Kg) e Ferro dialisável (%) dos ovos de cada tratamento

Tratamento	Ferro total (mg/Kg)	Ferro dialisável (%)
T1	19,62 $\pm$ 5,46 <sup>b</sup>	0,61 $\pm$ 0,300 <sup>b</sup>
T2	17,74 $\pm$ 4,72 <sup>b</sup>	1,29 $\pm$ 0,420 <sup>a</sup>
T3	24,198 $\pm$ 8,82 <sup>b</sup>	1,18 $\pm$ 0,332 <sup>a</sup>
T4	19,81 $\pm$ 9,13 <sup>b</sup>	1,37 $\pm$ 0,191 <sup>a</sup>
T5	47,11 $\pm$ 28,87 <sup>a</sup>	1,44 $\pm$ 0,287 <sup>a</sup>

<sup>1</sup>Médias  $\pm$  Desvio padrão

<sup>2</sup>Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

<sup>3</sup>T1 – Controle, T2 – 0,5% de urucum, T3 – 1,0% de urucum, T4 – 1,5% de urucum, T5 – 2,0% de urucum.

diferença significativa e, que provavelmente se deva à quantidade significativa de proteína do ovo e ao aumento de  $\beta$  caroteno presente nos tratamentos.

Com relação aos teores de ferro e ferro dialisável, provavelmente pela dependência da presença de  $\beta$  caroteno, apresentou-se não linear com relação ao tempo, demonstrando mais uma vez a necessidade de se manter a administração de urucum durante todo o período, como pode ser observado nas tabelas 5.1 e 5.2.

Tabela 5.1 – Valores médios da evolução de ferro total (mg/Kg) dos ovos de cada tratamento

Tratamento	23ª semana	25ª semana	27ª semana	29ª semana	30ª semana
T1	18,60 ± 0,518 <sup>a</sup>	18,87 ± 0,987 <sup>a</sup>	14,16 ± 0,836 <sup>a</sup>	18,04 ± 3,103 <sup>a</sup>	28,41 ± 5,533 <sup>a</sup>
T2	14,13 ± 1,071 <sup>a</sup>	11,72 ± 0,395 <sup>a</sup>	23,01 ± 0,793 <sup>a</sup>	21,41 ± 0,578 <sup>a</sup>	18,42 ± 1,753 <sup>a</sup>
T3	27,59 ± 6,158 <sup>a</sup>	17,51 ± 0,456 <sup>a</sup>	37,84 ± 7,368 <sup>a</sup>	17,69 ± 0,948 <sup>a</sup>	20,33 ± 1,476 <sup>a</sup>
T4	24,33 ± 10,021 <sup>a</sup>	17,39 ± 3,805 <sup>a</sup>	23,16 ± 18,616 <sup>a</sup>	17,67 ± 1,270 <sup>a</sup>	16,52 ± 6,427 <sup>a</sup>
T5	23,64 ± 1,402 <sup>b</sup>	34,81 ± 18,871 <sup>b</sup>	45,25 ± 28,000 <sup>ab</sup>	73,76 ± 39,532 <sup>a</sup>	58,11 ± 25,686 <sup>ab</sup>

<sup>1</sup>Médias ± Desvio Padrão

<sup>2</sup>Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (P≤0,05).

<sup>3</sup>T1 – Controle, T2 – 0,5% de urucum, T3 – 1,0% de urucum, T4 – 1,5% de urucum, T5 – 2,0% de urucum.



Tabela 5.2 – Valores médios da evolução de ferro dialisável (mg/Kg) dos ovos de cada tratamento

Tratamento	23 <sup>a</sup> semana	25 <sup>a</sup> semana	27 <sup>a</sup> semana	29 <sup>a</sup> semana	30 <sup>a</sup> semana
T1	1,50 ± 0,027 <sup>b</sup>	1,39 ± 0,015 <sup>c</sup>	1,81 ± 0,037 <sup>a</sup>	1,42 ± 0,008 <sup>bc</sup>	0,91 ± 0,022 <sup>d</sup>
T2	1,83 ± 0,038 <sup>a</sup>	1,88 ± 0,049 <sup>a</sup>	0,95 ± 0,019 <sup>c</sup>	0,99 ± 0,027 <sup>c</sup>	1,20 ± 0,022 <sup>b</sup>
T3	0,96 ± 0,008 <sup>c</sup>	1,49 ± 0,018 <sup>a</sup>	0,69 ± 0,006 <sup>d</sup>	1,48 ± 0,025 <sup>a</sup>	1,29 ± 0,007 <sup>b</sup>
T4	1,10 ± 0,007 <sup>c</sup>	1,50 ± 0,021 <sup>a</sup>	1,04 ± 0,025 <sup>c</sup>	1,37 ± 0,044 <sup>b</sup>	1,41 ± 0,009 <sup>b</sup>
T5	1,08 ± 0,010 <sup>a</sup>	0,74 ± 0,017 <sup>b</sup>	0,54 ± 0,004 <sup>c</sup>	0,31 ± 0,005 <sup>d</sup>	0,38 ± 0,008 <sup>c</sup>

<sup>1</sup>Médias ± Desvio Padrão

<sup>2</sup>Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (P≤0,05).

<sup>3</sup>T1 – Controle, T2 – 0,5% de urucum, T3 – 1,0% de urucum, T4 – 1,5% de urucum, T5 – 2,0% de urucum.

### 3 Conclusão

De acordo com condições em que foi realizado o experimento pode-se concluir:

- Os tratamentos contendo urucum não interferiram na qualidade física dos ovos.

- O tratamento com 2,0% de urucum na ração é mais eficiente nos aspectos diminuição do nível de colesterol, aumento da cor, teor de  $\alpha$  e  $\beta$  carotenos e disponibilidade de ferro. O tratamento contendo 1,5% também apresentou resultados promissores, principalmente no quesito cor e disponibilidade de ferro, portanto, por fatores econômicos, esta também seja uma opção interessante.

- A presença de urucum na ração aumentou os níveis de carotenóides, se tornando uma importante forma de suprir de forma barata uma avitaminose. Além de aumentar significativamente a disponibilidade de ferro, sendo também importante fonte no combate à anemia.

- É importante que se mantenha a administração de urucum durante todo o período que seja desejável a presença de vitamina A e, conseqüentemente, de ferro, pois apresentou-se de forma não linear com relação ao tempo, então, para que se tenha a presença desses elementos se faz necessária a ingestão de urucum.

Portanto é interessante a utilização de urucum para a alimentação de poedeiras, já que torna o ovo mais saudável sem outros tipos de prejuízos e torna o produto final mais atrativo; além de incentivar o cultivo do urucum, uma espécie nativa do nosso país, a fim de proporcionar uma alternativa de fonte de renda para quem vive da agricultura, ou seja, é uma forma interessante de trazer renda à agricultura familiar; torna o ovo, um produto barato e de fácil acesso, um alimento interessante, devido á diminuição do nível de colesterol, aumento de carotenóides e aumento da disponibilidade de ferro; além de torná-lo mais atrativo ao consumidor que prefere o alimento mais colorido.

Outro fator interessante com relação ao urucum é que, ele se tornou um marcador de tempo, pois conforme o tempo de estocagem, houve uma migração dos pigmentos, formando manchas e indicando maior tempo de armazenamento pela característica das manchas formadas.

## Referências

- ABRAHAMSSON, P. **Furnished cages and aviaries for laying hens: effects on production, health and use of facilities.** Upsala: Swedish University of Agricultural Science. Department of Animal Nutrition and Management, 1996. (Report 234).
- AGRODATA. **Manual técnico: como criar galinhas semi-confinadas – produção de ovos e carne, raças puras e caipiras.** Curitiba, 1990. 41 p.
- ANDERSON, L.; DIBBLE, M.V.; TURKKI, P.R.; MITCHELL, H.S.; RYNBERGEN, H.J. **Nutrição.** 17. ed. Rio de Janeiro: Ed. Guanabara, 1988. 737 p.
- APPLEBY, M.C. Modification of laying hen cages to improve behaviour. **Poultry Science**, Ithaca, v. 77, p. 1828-1832, 1998.
- ARAYA, H.H.; MURILLO, M.R.; VARGAS, E.G.; DELGADO, J.M. Composición y empleo del achiote (*Bixa orellana L.*) en raciones para gallinas ponedoras, para la pigmentación de la yema del huevo. **Agronomía Costarricense**, San Jose, v. 1, n. 2, p. 143-150, 1977.
- ATKINS, R.C. **Dr. Atkins, a revolucionária dieta antienvhecimento: como uma alimentação adequada pode ajudar a manter a juventude.** 5. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2000. 277p.
- BARBOSA FILHO, J.A.D. **Avaliação do bem-estar de aves poedeiras em diferentes sistemas de produção e condições ambientais, utilizando análise de imagem.** 2004. 123 p. (Dissertação de Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”; Universidade de São Paulo; Piracicaba, 2004.
- BATISTA, C.L.L.C. **Produção e avaliação da estabilidade de corante hidrossolúvel de urucum.** Viçosa: UFV, 1994. 71p.
- BATTOUNI, M. Hipótese oxidativa da arteriosclerose e emprego dos antioxidantes na doença arterial coronária. **Arquivo Brasileiro de Cardiologia**, São Paulo, v. 68, n. 1, p. 55-63, 1997.
- BEARD, J.L.; DAWSON, H.; PIÑERO, D.J. Iron metabolism: a comprehensive review. **Nutrition Reviews**, New York, v. 54, n. 10, p. 295-317, 1996.
- BIANCHI, M.L.P.; SILVA H.C.; OLIVEIRA, J.E.D. Considerações sobre disponibilidade de ferro dos alimentos. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Caracas, v. 42, n. 2, p. 94-100, 1992.
- BIBLE, B.B.; SINGHA, S. Canopy position influences cielab coordinates of peach color. **Hortscience**, St. Joseph, v. 28, n. 10, p. 992-993, 1997.
- BOACH, C.E.; RHEE, K.S.; CROSS, H.R.; ONO, K. Assessment of methodologies for colorimetric cholesterol assay of meats. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 53, n. 6, p. 1642-1644, 1988.

BOARD, R.G.; LOCK, J.; DOLMAN, J. The egg: a compartmentalized, aseptically package food. In: BOARD, R. G.; FULLER, R. **Microbiology of the avian egg**. London: Chapman & Hall, 1994. p.95-99.

BOBBIO, F.O.; BOBBIO, P.A. **Introdução à química de alimentos**. 2. ed. São Paulo: Varela, 1995, 223p.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Área técnica de alimentação e nutrição**.

<<http://www.saude.gov.br/sps/areastecnicas/carencias/index/html>>. Acesso em: 07 abr. 2005.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Legislação agrícola federal**.

<<http://oc4j.agricultura.gov.br/agrolegis/do/consultaLei>>. Acesso em: 01 jun. 2005.

CÁCERES, A.; LÓPEZ, B.; GONZALEZ, S.; BERGER, I.; TADA, I.; MAKI, J. Plants used in Guatemala for treatment of protozoal infections. I. Sreening of activity to bacteria, fungi and american trypanossomes of 13 natives plants. **Journal of Ethnopharmacology**, Lausanne, v. 62, p. 195-202, 1998.

CARPENTER, C.E.; MAHONEY, A.W. Contributions of heme and nonheme iron to human nutrition. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 31, n. 4, p. 333-367, 1992.

CATÁLOGO RURAL: <<http://www.agrov.com/vegetais/fru/urucum.htm>>. Acesso em: 31 mar. 2005.

CIOCCA, M.L; CARDOSO, S; FRANZOSI, R. **Criação de galinhas em sistemas semi-intensivos**. Porto Alegre: Pallotti, 1995. 112 p.

CIORLIA, L.A.S. Intervenção dietética e níveis de colesterol plasmático em grupo de eletricitários. **Arquivo Brasileiro de Cardiologia**, São Paulo, v. 68, n. 1, p. 21-25, 1997.

COOK, J.D. Determinants of nonheme iron absorption in man. **Food Tecnology**, Champaing, v. 37, n. 10, p. 124-126, 1983.

COTRAN, R.S.; KUMAR, V.; ROBBINS, S.L. **Patologia estrutural e funcional**. 5. ed. Rio de Janeiro: Guanabara, 1996. 1277 p.

DE ANGELIS, R.C. **Importância de alimentos vegetais na proteção da saúde**: fisiologia da nutrição protetora e preventiva de enfermidades degenerativas. São Paulo: Atheneu, 2001, 295 p.

DE PAULA, T.P.; PERES, W.A.F.; DO CARMO, M.G.T. Os carotenóides no tratamento e prevenção de câncer. **Revista Brasileira de Nutrição Clínica**, São Paulo, v. 19, n. 2, p. 100-108, 2004.

EGG PRODUCTS. <[http://www.aeb.org.br/proc/egg\\_products.html](http://www.aeb.org.br/proc/egg_products.html)>. Acesso em: 30 mar. 2005.

ELPO, E.R.S.; FREITAS, R.J.S.; GOMES, E.C. Avaliação dos teores de ferro nos alimentos da cesta básica. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Caracas, v. 48, n. 1, p. 63-67, 1998.

EMERY, D.A.; VOHRA, P.; ERNEST, R.A.; MORRISON, S.R. The effect of cyclic and constant ambient temperatures on feed consumption, egg production, egg weight, and shell thickness of heat. **Poultry Science**, Ithaca, v. 63, p. 2027-2035, 1984.

ENGLERT, S.I. **Avicultura**. Porto Alegre: Ed. Agropecuária, 1987. 288 p.

ENGLERT, S.I. **Avicultura**: tudo sobre raças, manejo e alimentação. 7. ed. Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária, 1998. 238 p.

ESTEVEZ, M.; CAVA, R. Lipid and protein oxidation, release of iron from heme molecule and colour deterioration during refrigerated storage of liver pate. **Meat Science**, Barking, v. 68, p. 551-558, 2004.

FACULDADE DE CIÊNCIAS FARMACEUTICAS. **Tabela brasileira de composição de alimentos**: projeto integrado de composição de alimentos.  
<[www.fcf.usp.br/tabela/tbcamenu.php](http://www.fcf.usp.br/tabela/tbcamenu.php)>. Acesso em: 31 mar. 2005.

FAO. **Necesidades de vitamina A, hierro, folato y vitamina B<sub>12</sub>**: informe de uma consulta mista FAO/OMS de expertos. Roma, 1991. 121 p. (Serie Estudios FAO Alimentación y Nutrición).

FAUSTO, M.A. Vitamina A e câncer. **Revista de Nutrição da PUCCAMP**, Campinas, v. 4, n. ½, p. 154-165, jan/dez 1991.

FIGUEIREDO, A. N. **O ovo em pó na alimentação de leitões recém-desmamados**. 2001. 61 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”; Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

FOOD AND NUTRITION BOARD/NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Recommended dietary allowances**. 10 ed. Washington: NAS, 1989. 286 p.

FOLCH, J.; LEES, M.; STANLEY, G.H.S. A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. **Journal of Biological Chemistry**, Baltimore, v. 226, n. 1, p. 497-509, 1975.

FONSECA, W. **Carne de aves e ovos**: vademecum. 2. ed. São Paulo: Ícone, 1985.

FRANCO, G. **Teor vitamínico dos alimentos**. Rio de Janeiro: José Olympio, 1968.

FRANCO, G. **Tabela de composição química dos alimentos**. 9. ed. Rio de Janeiro: Atheneu, 2001. 303 p.

FRANCO, C.F.O.; SILVA, F.C.P; CAZÉ FILHO, J.; BARREIRO NETO, M.; SÃO JOSÉ, A.R.; REBOUÇAS, T.N.H; FONTINÉLLI, I.S.C. **Urucuzeiro**: agronegócio de corantes naturais. João Pessoa: Emepa, SAIA, 2002.120 p.

FUNDAÇÃO APINCO. **Fisiologia da digestão e absorção das aves**. Campinas, 1994. 288 p.

- FUNDAÇÃO DO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Estudo nacional de desempenho familiar**: tabela de composição de alimentos. 2. ed. Rio de Janeiro, 1981. 213 p.
- GARCIA-CASAL, M.N., LAYRISSE, M.; SOLANO, L. Vitamin A and  $\beta$ -carotene can improve nonheme iron absorption from rice, wheat and corn by humans. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 128, n. 3, p. 646-650, 1998.
- GERMANO, R.M.A. **Disponibilidade de ferro na presença do  $\beta$ -caroteno e o efeito dos interesses em combinações de alimentos**. 2002. 95 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”; Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.
- GESSULLI, O.P. **Avicultura alternativa**: sistema “ecologicamente correto” que busca o bem estar animal e a qualidade do produto final. Porto Feliz: OPG Editores, 1999. 217 p.
- GRISWOLD, R.M. **Estudo experimental dos alimentos**. São Paulo: Edgard Blucher, 1972. 469 p.
- HAMILTON, R. M. G. Methods and factors that affect the measurement of egg shell quality. **Poultry Science**, Ithaca, v. 61. p. 2022-2039, 1982.
- HEATH, A.L.M.; FAIRWEATHER-TAIT, S.J. Clinical implications of changes in the modern diet: iron intake, absorption and status. **Best Practice & Research Clinical Haematology**, Haifa, v.15, n.2, p.225-241, 2002.
- HELLMEISTER FILHO, P. **Efeitos de fatores genéticos e do sistema de criação sobre o desempenho e o rendimento de carcaça de frangos tipo caipira**. 2003. 77 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”; Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.
- JACOB, J.P.; MILES, R.D.; MATHER, F.B. **Egg quality**. Gainesville: Institute of Food and Agricultural Science (IFAS). 2000. 11 p. (Bulletin, PS24).
- JOLY, A. B. **Botânica**: introdução à taxonomia vegetal. São Paulo: Ed. Nacional, 1993. 777 p.
- KATO, Y.; MATSUDA, T. Glycation of proteinous inhibitors: loss in trypsin inhibitory activity by the blocking of arginine and lysine residues at their reactive sites. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Easton, v. 45, p. 3826-3831, 1997.
- KRATZER, F. H.; KNOLLMAN, K.; EARL, L. Availability to chicks of biotin from dried egg products. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 118, p. 604-608, 1988.
- KRITCHEVSKY, S.B.; TELL, G.S.; SHIMAKAWA, T.; DENNIS, B.; LI, R.; KOLHMAEIER, L.; STEEP, E.; HEISS, G.; Provitamin A carotenoid intake and carotid artery plaques: the Atherosclerosis Risk in Communities Study. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 68, n. 3, p. 726-733, 1998.

LAYRISSE, M.; GARCIA-CASAL, M. N.; SOLANO, L. et al. The role of vitamin A on the inhibitors of nonheme iron absorption: preliminary results. **The Journal of Nutritional Biochemistry**, Stoneham, v. 8, n. 2, p. 61-67, Feb. 1997.

LEHNINGER, A.L. Nutrição humana. In: \_\_\_\_\_: **Princípios de bioquímica**. São Paulo: Sarvier, 1985, cap 24, p. 537-564.

LIMA, L.R.P. **Efeitos farmacológico, toxicológico e mecanismo de ação dos flavonóides e corantes naturais extraídos do urucum (*Bixa orellana*) no metabolismo lipídico de coelhos**. Viçosa: UFV, 2001. 122 p.

LIMA, L.R.P.; OLIVEIRA, T.T.; OLIVEIRA, M.G.A.; NAGEM, T.J.; PINTO, A.S.; STRINGHETA, P.C.; TINOCO, A.L.A.; SILVA, J.F. Bixina, norbixina e quercetina e seus efeitos no metabolismo lipídico de coelhos. **Brazilian Journal of Veterinary Research Animal Science**, São Paulo, v.38, n.4., 2001.

MAHAN, L.K.; ESCOTT-STUMP, S. **Krause: alimentos, nutrição e dietoterapia**. 9. ed. São Paulo: Roca, 1998. 1179 p.

MAHMOUD, K.Z.; BECK, M.M.; SCHEIDELER, S.E.; FORMAN, M.F.; ANDERSON, K.P.; KACHMAN, S.D. Acute high environmental temperature and calcium—estrogen relationships in the hens. **Poultry Science**, Ithaca, v. 75, p. 1555-1562, 1996.

MARTINI, F.C.C. **Comparação entre a disponibilidade de ferro na presença de vitamina A e beta-caroteno em alimentos e medicamentos**. 2002. 98 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”; Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

MARTINEZ, C.; ROS, G.; PERIAGO, M.J.; LÓPEZ, G. Biodisponibilidad de hierro de los alimentos. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Caracas, v. 49, n. 2, p. 106-113, 1999.

MARTINEZ, T.L.R.; LOURENÇO, P.M. **Avaliação e conduta nos riscos trombo e aterogênico**. São Paulo: Art Plus, 1996. 164 p.

MARTINS, L.L.; CÂNDIDO, M.V.; SILVA JR., A.; SILVA, M.R.R.; LEMA, A.C.F.; LIMA, A.C.F. Efeito do uso de *Bixa orellana* (urucum) sobre o desempenho e características sanguíneas de frangos de corte. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, Campinas, v.6, p.51, 2004.

MENDONÇA JR., C.X.; WATANABE, C.; MORI, A.V.; SANTOS, C.O.F.; ALMEIDA, C.R.M. Efeitos de níveis de cobre suplementar na dieta sobre o desempenho produtivo, colesterol na gema e lípidos no plasma sanguíneo de poedeiras comerciais. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, São Paulo, v.36, n.6, p.0-0, 1999.

MERCADANTE, A.Z.; PFANDER, H. Carotenoids from annatto: a review. **Recent Research Developments in Agriculture & Food Chemistry**, Trivandrum, v. 2, p. 79-91, 1998.

- MIZUMOTO, F.M.; MARQUES, P.V. A cadeia produtiva de ovos: estratégias, ameaças e oportunidades. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA USP, 9.; Piracicaba, 2001: **Anais**. Piracicaba, 2001, p. 121.
- MORRISON, F.B. **Alimentos e alimentação dos animais**. Rio de Janeiro: USAID, 1996. 892 p.
- MOURTHÉ, K.; MARTINS, R.T. Perfil de colesterol de ovos comerciais e ovos enriquecidos com ácidos graxos polinsaturados omega-3. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.54, n.4, p. 429-431, 2002.
- NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES / NATIONAL COUNCIL RESEARCH. **Recommended Dietary Allowances**. 9 ed. Washington, 1980. p. 51-71.
- OLIVEIRA, B.L.; VALLE, R.H.P.; BRESSAN, M.C.; CARVALHO, E.P. **Tecnologia de ovos**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. 75 p.
- OLSSON, N. **Studies on specific gravity of hen's eggs**. Leipzig: Otto Harrassowitz, 1934. 89 p.
- OVERFIELD, N.D. Evaluation of egg quality in comercial practice. In: WELLS, R.G.; BELYAVIN, C.G. **Egg quality: current problems and recent advances**. London: Butterworths, 1987. 302 p.
- PEDROSO, A.A. **Efeito de probiótico dietético sobre o desempenho, qualidade dos ovos e alguns aspectos morfológicos do trato intestinal e tecido ósseo de galinhas poedeiras**. Jaboticabal: UNESP, 1999. 75 p.
- PEEBLES, E.D.; McDANIEL, C.D. **A practical manual for understanding the shell structure of broiler hatching eggs and measurements of their quality**. Mississippi: State University, 2004. 16 p. (Bulletin, 1139).
- PRESTON, H.O.; RICKARD, M.O. Extraction and chemistry of annatto. **Food Chemistry**, Barking, v. 5, p. 47-56, 1998.
- PUPPIN, S. **Ovo, o mito do colesterol**. Rio de Janeiro: Ed. Rio, 2004. 216 p.
- RODRIGUEZ, D.B.; RAYMUNDO, L.C.; LEE, T.C.; SIMPSON, K.L.; CHICHESTER, C.D. Carotenoids pigments changes in ripening Momordia charanta fruits. **Annals of Botany**, Oxford, v. 40, p. 614-624, 1976.
- SCHONOHR P.; THOMSEN, O.O.; RIIS HANSEN, P. Egg consumption and high-density-lipoprotein cholesterol. **Journal of Internal Medicine**, Oxford, v. 235, p. 249-251, 1994.
- SECHINATO, A.S. **Efeito da suplementação dietética com micro minerais orgânicos na produção e qualidade de ovos de galinhas poedeiras**. São Paulo: USP, 2003. 59 p.
- SILVA, F.H.A. **Curso teórico-prático sobre técnicas básicas de avaliação de qualidade do ovo**. Piracicaba: s. ed., 2004, 32 p.



SILVA, J.H.V.; ALBINO, L.F.T.; GODÓI, M.J.S. Efeito do extrato de urucum na pigmentação da gema dos ovos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 5, p. 1435-1439, 2000.

SILVA, P. **Farmacologia**. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara, 1994. 1450 p.

SOUZA, H.B.A.; SOUZA, P.A.; BROGNONI, E.; ROCHA, O.E. Influência da idade sobre a qualidade dos ovos. **Científica**, São Paulo, v. 22, n. 2, p. 217-226, 1994.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE. **Sas/Qc** Software: usage and reference. 2. ed. NC: Cary, 1996. 2 v. (version 6).

STEINMETZ, K. A.; POTTER, J. D. Vegetables, fruits and cancer prevention: a review. **Journal of the American Dietetic Association**, Baltimore, v. 96, p. 1027-1039, 1996.

TOCCHINI, L.; MERCADANTE, A. Z. Extração e determinação, por CLAE, de bixina e norbixina em coloríficos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 21, n. 3, p. 310-313, set/dez 2001.

TORRES, E.A.F.S.; MACHADO, F.M.S. **Alimentos em questão**: uma abordagem técnica para as dúvidas mais comuns. São Paulo: Ponto Crítico, 2001. 160 p.

UTIYAMA, C.E. **Utilização do resíduo de sementes processadas de urucum (*Bixa orellana*) na alimentação de suínos em crescimento**. Piracicaba: ESALQ, 2001. 43 p.

VIEIRA, E.C. Os valores do ovo. **Avicultura Industrial**, São Paulo, v. 90, p. 17-19, mar. 2000.

WITTAKER, P.; FOX, M.R.S.; FORBES, A.L.; In vitro prediction of iron bioavailability for food fortification. **Nutrition Reports International**, Stoneham, v. 39, n. 6, p. 1025-1215, 1989.

**ANEXOS**

Anexo A - Ábaco de cores - Valores de  $a^*$ ,  $b^*$  e L

Fig. 7:  $L^*a^*b^*$  color chart (hue and chroma)

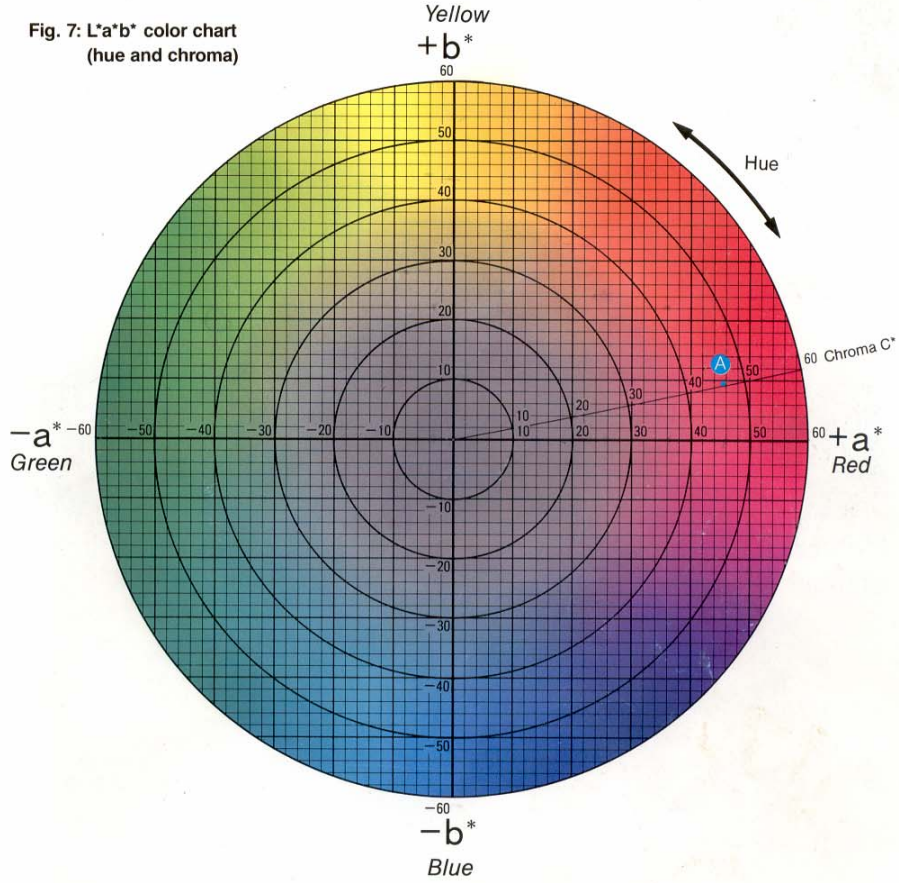
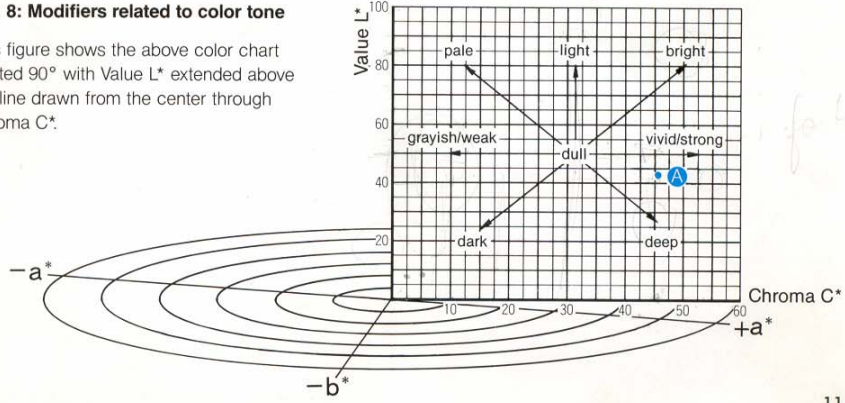


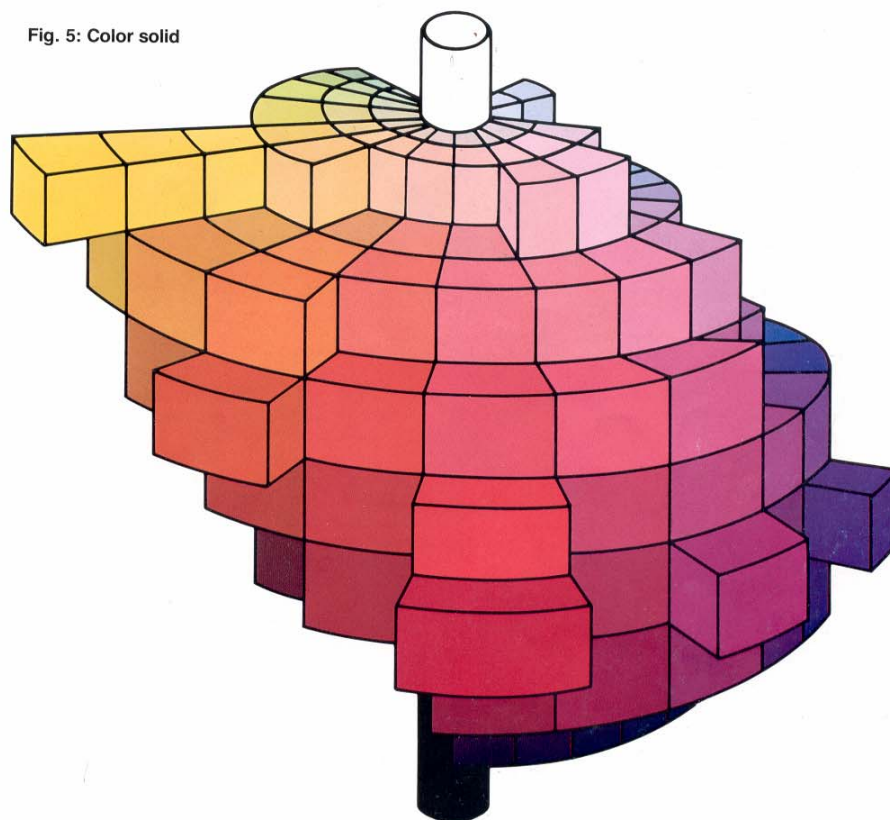
Fig. 8: Modifiers related to color tone

This figure shows the above color chart rotated 90° with Value  $L^*$  extended above the line drawn from the center through Chroma  $C^*$ .



**Anexo B – Sólido de cores**

Fig. 5: Color solid



# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)