

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

PIGMENTANTES NA DIETA DE CODORNAS DE POSTURA
CONTENDO SORGO

Autora: Débora Rodrigues de Aquino
Orientadora: Prof.^a Dr.^a Simara Márcia Marcato
Coorientadora: Prof.^a Dr.^a Daiane de Oliveira Grieser

MARINGÁ
Estado do Paraná
Fevereiro – 2019

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

PIGMENTANTES NA DIETA DE CODORNAS DE POSTURA
CONTENDO SORGO

Autora: Débora Rodrigues de Aquino
Orientadora: Prof.^a Dr.^a Simara Márcia Marcato
Coorientadora: Prof.^a Dr.^a Daiane de Oliveira Grieser

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

MARINGÁ
Estado do Paraná
Fevereiro – 2019

Aquino, Débora Rodrigues de

A657p Pigmentantes na dieta de codornas de postura contendo sorgo / Débora Rodrigues de Aquino. - Maringá, 2019.

60 f. : il., figs., tabs.

Orientador (a): Prof.a Dr.a Simara Márcia Marcato.

Co-orientador (a): Prof.a Dr.a Daiane de Oliveira Grieser.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Agrárias, 2019.

1. Cantaxantina. 2. Carotenoides. 3. *Coturnix coturnix japonica*. 4. Gema. 5. Luteína. 6. Qualidade de ovos. I. Marcato, Simara Márcia, orient. II. Grieser, Daiane de Oliveira, co-orient. III. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências Agrárias. IV. Título.

CDD 21.ed. 636.6

MAS-CRB 9/1094



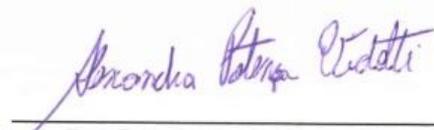
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

PIGMENTANTES EM DIETAS DE CODORNAS
DE POSTURA CONTENDO SORGO

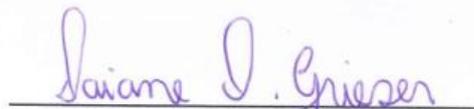
Autora: Débora Rodrigues de Aquino
Orientadora: Profª Drª Simara Márcia Marcato

TITULAÇÃO: Mestre em Zootecnia - Área de Concentração Produção
Animal

APROVADA em 28 de fevereiro de 2019.



Profª Drª Alexandra Potenza
Vidotti



Profª Drª Daiane de Oliveira
Grieser



Profª Drª Simara Márcia Marcato
Orientadora

“Eu continuo lutando contra vozes em minha cabeça que dizem que eu não sou o suficiente

Cada mentira que me diz que nunca vou me equiparar
Eu sou mais do que apenas uma canção de todos os altos e baixos
Lembre-me mais uma vez quem eu sou porque preciso saber
Você diz que sou amado quando não consigo sentir nada
Você diz que eu sou forte quando penso que sou fraco
E você diz estou seguro quando sinto que estou caindo
E quando eu não pertenço, Senhor, você diz que eu sou teu
E eu acredito, sim, eu acredito no que dizes de mim”

Jason Ingram; Paul Mabury e Lauren Daigle

Canção: “You say”

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida e salvação, por me dar uma identidade e permitir que eu continue por causa de sua graça e infinita misericórdia.

Aos meus pais, Iran Nazaré de Aquino e Regina Eloisa Rodrigues de Aquino, e avós Ciro Mendes Rodrigues e Lindalva da Silva Rodrigues, por serem meus maiores incentivadores e investirem em meu futuro, sempre os amarei com todo meu coração.

Aos meus irmãos Diego, Cárita, Lindalva e cunhados Joan, Paulo Junior e Juliana, meus sobrinhos Vitor, Maria e Marina, por serem minha alegria, meus tios Dallyda e Emanuel, e toda minha família por serem minha base e nunca permitirem que eu andasse só.

A minha orientadora, Prof.^a Dr.^a Simara Márcia Marcato, por acreditar em mim quando nem mesmo eu acreditava, com um caráter exemplar que levarei em minha memória para o resto da vida.

A todos os professores que fizeram parte da minha formação, Prof.^a Dr.^a Daiane de Oliveira Grieser, por se dispor ao papel de coorientadora, Prof.^a Dr.^a Alexandra Potença por me incentivar e acompanhar desde os primeiros anos da graduação, e todos os mestres que passaram em minha vida deixando acesa a chama do conhecimento.

A Universidade Estadual de Maringá, Fazenda Experimental de Iguatemi e Programa de Pós-graduação em Zootecnia, pelo suporte a realização desse trabalho.

A CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Grupo de Estudos em Nutrição de Codornas (GENCO), Rosileide Rohod, Mariani Benites, Diogo Pinaffi, Karina Maia, Marcos Barbosa, Luana Freitas, João Paulo Rossato, Andressa Carvalho, Felipe Augusto, Maria Tereza, por dedicar tempo e esforços nesse trabalho que não seria realizado sem vocês.

Aos amigos que ganhei nesse período, Flávia Kleszcz, Naemi Kaneko, Jailton Bezerra, Evandro Menezes, Natalia Sitanaka, Gher Aleixo, Lenilson Fonseca, Eline Finco, Rosileide Rohod, Bruna Higashi, e todas da célula 4G, e tantos outros que me apoiaram nessa caminhada.

A todos que de alguma maneira contribuíram, minha sincera gratidão, e que sejam recompensados por Deus.

BIOGRAFIA

Débora Rodrigues de Aquino, filha de Iran Nazaré de Aquino e Regina Eloisa Rodrigues de Aquino, nascida em Cuiabá-MT em 3 de agosto de 1993. Em 2011, ingressou no curso de graduação em Zootecnia pela Universidade Federal de Mato Grosso, sendo bolsista Permanência (PBP-MEC) e voluntária no Programa de Iniciação Científica durante todo o curso. Em março de 2017, entrou no curso de Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da UEM, Maringá-PR, tendo como orientadora a Professora Doutora Simara Márcia Marcato. Submeteu-se a banca examinadora em fevereiro de 2019.

ÍNDICE

	Página
LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE FIGURAS.....	ix
RESUMO	xi
ABSTRACT	xiii
I – INTRODUÇÃO.....	1
1.2 Revisão de literatura.....	2
1.2.1 Coturnicultura de postura.....	2
1.2.2 Sorgo na alimentação de codornas japonesas	3
1.2.3 Carotenoides: utilização e deposição no ovo	5
1.2.4 Qualidade e tempo de armazenamento	13
1.3 Referências	16
II – OBJETIVOS GERAIS	21
2.1 Objetivos específicos	21
III – Pigmentantes em dieta à base de sorgo para codornas japonesas em postura	22
Resumo	22
Abstract	23
3.1 Introdução.....	24
3.2 Material e Métodos	25
3.3 Resultados	31

3.4 Discussão.....	38
3.5 Conclusão	40
3.6 Referências	41
IV – Temperatura e período de armazenamento de ovos de codornas alimentadas com dietas à base de sorgo contendo pigmentantes	43
Resumo	43
Abstract	44
4.1 Introdução.....	45
4.2 Material e Métodos	47
4.3 Resultados	52
4.4 Discussão.....	55
4.5 Conclusão	57
4.6 Referências	58
V – CONSIDERAÇÕES FINAIS	60

LISTA DE TABELAS

	Página
III – Pigmentantes em dieta à base de sorgo para codornas japonesas em postura	22
Tabela 1 Composição da ração referência.....	26
Tabela 2 Valores médios de desempenho de codornas de postura em função dos níveis de luteína e cantaxantina em rações à base de sorgo.....	31
Tabela 3 Valores médios de qualidade de ovos de codornas de postura em função dos níveis de luteína e cantaxantina em rações à base de sorgo.....	32
Tabela 4 Valores médios de coloração de gema de ovos de codornas de postura em função dos níveis de luteína e cantaxantina em rações à base de sorgo	33
Tabela 5 Equações de regressão dos parâmetros de qualidade dos ovos	34
IV – Temperatura e período de armazenamento de ovos de codornas alimentadas com dietas à base de sorgo contendo pigmentantes	43
Tabela 1 Composição da ração referência	48
Tabela 2 Equações de regressão dos parâmetros de qualidade dos ovos	52

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1 Comprimento de onda de vários carotenoides.....	7
Figura 2 Leque de cor.....	11
Figura 3 Colorímetro digital.....	11
III – Pigmentantes em dieta à base de sorgo para codornas japonesas em postura	22
Figura 1 Cor da gema em função dos níveis de cantaxantina ao longo do tempo de consumo (intensidade de verde/vermelho) em função dos níveis de cantaxantina	35
Figura 2 Cor da gema (intensidade de azul/amarelo) em função dos níveis de luteína ao longo do tempo de consumo	35
Figura 3 Cor da gema em função dos níveis de luteína e cantaxantina ao longo do tempo de consumo de rações sem pigmentantes (luminosidade)	36
Figura 4 Cor da gema (intensidade de verde/vermelho) em função dos níveis de luteína e cantaxantina ao longo do tempo de consumo de rações em pigmentantes	37
Figura 5 Cor da gema (intensidade de azul/amarelo) em função dos níveis de luteína e cantaxantina ao longo do tempo de consumo de rações sem pigmentantes	37
IV – Temperatura e período de armazenamento de ovos de codornas alimentadas com dietas à base de sorgo contendo pigmentantes	
Figura 1 Índice de gema sob diferentes tempos e condições de armazenamento	52
Figura 2 pH de gema (A); pH de albúmen (B) sob diferentes períodos e condições de armazenamento	53
Figura 3 Unidade Haugh dos ovos em função dos diferentes níveis de luteína (Lut), períodos e condições de armazenamento	53

Figura 4 Porcentagem de gema dos ovos em função dos diferentes níveis de luteína (Lut), período e condição de armazenamento	54
---	----

RESUMO

Objetivou-se determinar o melhor nível de inclusão dos pigmentantes Luteína a partir de uma fonte natural, extrato de Flor de Marigold (*Tagetes erecta*), pigmento amarelo e uma fonte sintética, Cantaxantina (pigmento vermelho), em rações para codornas japonesas (*Coturnix coturnix japônica*) à base de sorgo. Foram utilizadas um total de 680 aves, com 64 semanas de idade, e peso corporal médio de $179,93 \pm 5,58\text{g}$, distribuídas em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4×4 mais 1, sendo quatro níveis de luteína (LUT) (5,4; 5,7; 6,0 e 6,3 ppm) e quatro níveis de cantaxantina (CTX) (0,4; 0,7; 1 e 1,3 ppm), e um grupo controle sem adição de pigmentantes, totalizando 17 tratamentos, com 5 repetições de 8 aves/unidade experimental, somando um total de 85 unidades experimentais. As aves foram alojadas em gaiolas, criadas em um sistema convencional, recebendo ração e água *ad libitum*. Foram realizados três ciclos de 21 dias para avaliação do desempenho produtivo (consumo de ração, taxa de postura, conversão alimentar por dúzia e massa de ovos, peso e massa de ovos). Nos últimos três dias de cada período foram avaliados parâmetros de qualidade dos ovos (peso médio dos ovos, gravidade específica, índice da gema, unidade haugh, coloração da gema pelo método subjetivo e objetivo e peso dos componentes dos ovos). Os dados obtidos foram analisados utilizando o programa estatístico R (R Studio). Para os parâmetros de desempenho e qualidade de ovos, não foi verificado efeito ($P > 0,05$) em função níveis de luteína ou cantaxantina de maneira independente, exceto para cor da gema, com efeito linear, proporcionais ao consumo de luteína e cantaxantina mostrando-se diferentes do grupo controle que receberam dietas sem adição de pigmentantes, com maiores valores correspondentes as cores amarelo a vermelho e a classificação no leque de cores. Conclui-se que, em dietas a base de sorgo,

os parâmetros de desempenho e qualidade de ovos não foram afetados e esse uso pode ser feito desde que sejam utilizados pigmentantes como complemento, sendo o melhor nível de inclusão de 5,4 e 1,3 ppm de luteína e cantaxantina respectivamente para manutenção da cor da gema.

Palavras-chave: cantaxantina, carotenoides, *coturnix coturnix japonica*, gema, luteína, qualidade de ovos

ABSTRACT

The objective was to determine the best level of inclusion of Lutein pigments from Marigold Flower extract (*Tagetes erecta*), yellow pigment and Canthaxanthin (red pigment) in Japanese quail diets with sorghum. A total of 680 birds with 64 weeks of age, and mean body weight of $179.93 \pm 5.58\text{g}$ were used, in a completely randomized design, in a 4 x 4 factorial scheme, with four levels of lutein (LUT) (5, 4, 5.7, 6.0 and 6.3 ppm) and four levels of canthaxanthin (CTX) (0.4, 0.7, 1 and 1.3 ppm), totaling 16 treatments and one control group without addition of pigments, with 5 replicates of 8 birds / experimental unit, totaling 85 experimental units. The birds were housed in cages, raised in a conventional system, receiving feed and water ad libitum. Three cycles of 21 days were performed to evaluate the productive performance (feed intake, posture rate, feed conversion per dozen and egg mass, egg weight and egg mass). In the last three days of each period egg quality parameters (average egg weight, specific gravity,

yolk unit haugh index, yolk color by subjective method and objective and egg component weight) were evaluated. The data obtained were analyzed using the statistical software R (R Studio). No significant effect ($P > 5\%$) was observed for the parameters of egg quality and performance as a function of pigment levels, except for yolk color, with linear effects proportional to the lutein and cataxanthin intake showing different from the control group that received ration without addition of pigmentants with higher values corresponding to the yellow and red colors and the classification in the range of colors. It is concluded that the use of sorghum in does not affect parameters of performance and quality of eggs and can be done provided that pigmentants are used as complement, and the best inclusion is the levels of 5.4 and 1.3 ppm of lutein and cataxanthin respectively to keep the yolk color.

Key words: cataxantin, carotenoids, *coturnix coturnix japonica*, lutein, quality of eggs, yolk

I - INTRODUÇÃO

Os principais fatores que afetam a produção animal de maneira geral são a alimentação e nutrição. Considerando a coturnicultura, deve-se ainda levar em conta o fato de apresentarem uma maior exigência nutricional e menor eficiência de utilização de nutrientes quando comparado a frangos e poedeiras e, conseqüentemente, o custo de alimentação das codornas por unidade de produto carne ou ovos é, maior (Marques, 2007).

O milho e o farelo de soja são à base da alimentação das aves. O milho é o principal alimento energético utilizado, contudo sua quantidade e qualidade decaem com a variação do clima durante o ano, acarretando um aumento do preço deste produto no mercado, elevando os custos de produção do setor avícola (Sandeski, 2016). Por outro lado, o uso de produtos alternativos, substitutos ao milho, têm avançado com o intuito de reduzir os custos da ração mantendo os níveis nutricionais exigidos pelo animal e que sejam mais viáveis economicamente (Silva et al., 2012; Sandeski, 2016).

Entre os possíveis substitutos para o milho está o sorgo, que é um alimento energético de preço mais acessível. Porém, sua quantidade de carotenoides é baixa, diminuindo a intensidade da coloração da gema, que é crucial para atender as exigências dos consumidores, que associam a sua pigmentação com um alimento saudável e com maior quantidade de nutrientes, principalmente vitaminas. Para evitar a insatisfação do

consumidor, devido a esse problema, podem ser adicionados aditivos pigmentantes naturais ou sintéticos nas dietas das aves (Garcia et al., 2002).

A cantaxantina é um carotenoide responsável pela coloração vermelha em algumas espécies de aves, como por exemplo, os flamingos, e vem sendo utilizada na alimentação de frangos de corte e poedeiras com o objetivo de pigmentar a pele e a gema dos ovos, respectivamente. Geralmente é produzida e comercializada de forma sintética (Garcia et al., 2002).

Já o extrato da flor de marigold, também muito utilizado nas dietas das aves, é um pigmentante natural responsável pela coloração amarela. Essa flor tem como principais pigmentos os flavonoides e os carotenoides, sendo que seu extrato possui aproximadamente 27% de luteína e pode ser utilizado na alimentação de poedeiras para aumentar a coloração amarela da gema dos ovos (Volp et al. 2009).

Diante disso, a utilização de pigmentantes naturais é uma alternativa para uso de alimentos substituintes ao milho, permitindo a redução nos custos da dieta e manutenção das características do produto que atenda as exigências do consumidor. Portanto, o objetivo deste trabalho foi determinar o melhor nível de inclusão de pigmentante natural (extrato da flor de marigold (*Tagetes erecta* (pigmento amarelo)) como fonte de luteína e sintético (Cantaxantina (pigmento vermelho)) em dietas de codornas de postura à base de sorgo, no período de 25 a 36 semanas de idade.

1.2 Revisão de literatura

1.2.1 Coturnicultura de postura

A criação de codorna mostra-se uma atividade econômica crescente no Brasil. O efetivo de codornas no Brasil, pelos Dados do IBGE de 2017, foi de 15,5 milhões de aves, independente do objetivo da produção (carne ou ovos) e a produção de ovos de codorna foi de 290,8 milhões de dúzias no mesmo ano, comparados a um rebanho de 13,8 milhões de cabeças e produção de 273,4 milhões de dúzias e, em 2016, esses dados apresentaram aumento de aproximadamente 12,31% e 5,9% em relação ao ano anterior, respectivamente.

Esse aumento do número de codornas se justifica a vários fatores, dentre esses, destacam-se a precocidade na produção e maturidade sexual, rápido crescimento, boa conversão alimentar, alta produtividade, utilizando pequeno espaço para grandes populações, grande longevidade em alta produção e baixo investimento, os quais contribuem para o interesse de novos coturnicultores pelo país (Pastore et al., 2012).

Juntamente com esse avanço na produção está o aumento do consumo de ovos e carne de codorna nos últimos anos. A redução do preço devido ao aumento da produção torna o produto mais acessível às diferentes classes sociais bem como o melhor conhecimento de sua qualidade (Almeida, 2013). Além disso, é um produto muito consumido por crianças e também em restaurantes ou bares como aperitivos. Esse aumento acompanha a industrialização e beneficiamento do produto, tornando-o mais atrativo ao consumidor.

1.2.2 Sorgo na alimentação de codornas japonesas

Muitos alimentos se destacam no setor da agroindústria na formulação de rações animais, para aves e suínos. Dentre os principais, estão o milho e a soja, como fonte de carboidratos e proteínas respectivamente. No entanto, os custos de produção podem ser onerados com o uso desses alimentos, a exemplo do milho que tem sua produção limitada em determinadas épocas do ano e um alto custo no mercado internacional, levando os produtores a buscarem alternativas mais viáveis em substituição a esse produto (Assuena, 2008).

O sorgo (*Sorghum bicolor*) é uma gramínea originária da África, pertencente à família *Gramineae*, consiste em um componente básico na alimentação na África, Sul da Ásia e América Central. Ademais, é um importante componente na alimentação animal nos Estados Unidos, Austrália e América do Sul, sendo o quinto cereal mais produzido do mundo, ficando atrás apenas do trigo, arroz, milho e cevada (Conab, 2013).

Esse ingrediente pode ser usado em substituição total ou parcial ao milho, isso porque possui valores nutricionais muito parecidos com o milho e por isso permite que as rações sejam formuladas sem grandes alterações em relações as exigências. O seu cultivo é interessante, pois é mais resistente ao estresse hídrico e menos exigente em

fertilidade do solo que o milho (Marques et al., 2007). O custo de produção do sorgo é cerca de 20% inferior e seu valor biológico alcança 95% do milho (Fialho et al., 2002).

A diferença nutricional do sorgo em comparação ao milho está em seu valor energético e no conteúdo de proteína bruta, sendo inferior em 5% de energia metabolizável e superior em aproximadamente 15% de proteína bruta, tem, no entanto, digestibilidade inferior a existente no milho (Buso et al., 2011). Rostagno et al. (2017), determinaram para o sorgo um valor de 3204 kcal/kg de energia metabolizável para aves, além de uma composição de 7,61% de proteína digestível, 3,35% de extrato etéreo, 66,6% de amido, 2,89% de fibra bruta e 1,38% de matéria mineral.

Avaliações quanto ao desempenho e a qualidade dos ovos de poedeiras alimentadas com dietas contendo sorgo em substituição parcial ou total ao milho, não mostraram comprometimento no desempenho das aves (Pinto et al., 2005). Para parâmetros de qualidade de ovos, Moura e colaboradores (2011), utilizando rações à base de sorgo com adição de pigmentantes, não observaram diferenças significativas quanto a qualidade, exceto pela cor da gema, variando de acordo com os níveis de pigmentantes utilizados.

Devido ao fato de o sorgo não apresentar uma proteção para as sementes, como o milho e outros grãos, este produz vários compostos fenólicos que servem de defesa contra pássaros, patógenos e outros competidores. Dentre os principais, está o tanino que pode afetar negativamente a digestibilidade das dietas. Do ponto de vista químico, no trato digestório, os taninos se combinam com proteínas reduzindo a digestibilidade. No entanto, a utilização de sorgo de baixo tanino não compromete significativamente o desempenho animal e a utilização digestiva dos componentes da dieta (Bueno et al., 2015).

O grão de sorgo possui três estruturas anatômicas distintas denominadas pericarpo, endosperma e germe. Algumas variedades possuem uma quarta estrutura chamada testa, localizada entre o pericarpo e o endosperma. A proporção e composição química dessas estruturas podem variar de acordo com a variedade da planta (Arroyo et al., 2012).

Geralmente, o pericarpo e a testa são compostos por polissacarídeos, compostos fenólicos e carotenoides. As proteínas, vitaminas do complexo B e minerais estão localizados no endosperma (tecido de reserva). O germe é constituído por lipídeos,

vitaminas lipossolúveis e minerais. O conteúdo de carotenoides, é menor que o contido no milho, o que torna a utilização em rações para poedeiras limitada ao uso de corantes naturais ou sintéticos para garantir a coloração da gema do ovo (Moura et al., 2011).

O conteúdo de carotenoides no sorgo é um dos fatores que o diferencia do milho, pois essas quantidades apresentam alta variação de acordo com o genótipo e tipo de deposição na estrutura da planta. Cardoso et al., (2015), avaliaram mais de cem genótipos de sorgo quanto ao conteúdo de luteína e zeaxantina, e observaram que, apesar da ocorrência ser alta, a concentração variou entre 0,44 a 58,5 mg/100 g. Isso se deve ao fato de a síntese deposição desses compostos no sorgo estarem ligadas a ação de mais de nove genes diferentes.

Em estudo com poedeiras comerciais, avaliando o efeito da substituição parcial e total do milho pelo sorgo sobre o desempenho e qualidade de ovos, (Assuena et al., 2008), observaram que o milho pode ser substituído em até 100% pelo sorgo sem que haja comprometimento do desempenho e qualidade dos ovos produzidos, mas, ressalta a importância do uso de corantes naturais ou artificiais como complemento para que a coloração da gema do ovo não seja comprometida.

1.2.3 Carotenoides: utilização e deposição no ovo

As cores estão amplamente presentes no reino animal, desempenhando importante papel biológico. Por exemplo, nos pássaros, a atração e seleção é favorecida por cores brilhantes que sinalizam indivíduos saudáveis. Estas cores vêm da dieta animal e estão ligadas à presença de carotenoides (Amaya et al., 2014).

Os carotenoides constituem o maior grupo de pigmentos naturais, mostrando muita diversidade na distribuição natural, estrutura e função. Sintetizados na natureza por organismos fotossintéticos, algas, bactérias e alguns fungos, são em grande parte responsáveis pela variedade de cores amarelas e vermelhas em frutas, legumes, fungos, penas de aves, carne de peixe, ovos, cutícula de crustáceos ou insetos, bem como plantas e algas (Shen et al., 2014).

Dentro do grupo carotenoides, existem dois principais subgrupos de classificação, os carotenos e xantofilas. Os carotenos não possuem molécula de oxigênio em sua estrutura, sendo assim, puros hidrocarbonetos usualmente caracterizados pela cor laranja. O representante mais conhecido desse grupo é o β -caroteno. Por outro lado, os

carotenoides que vão do amarelo ao vermelho, classificados como xantofilas possuem oxigênio em sua estrutura (oxicarotenoides) (Granado-Lorencio et al., 2008).

A cadeia principal da molécula de carotenoides naturais consiste em oito unidades de terpenoides de 5 carbonos, de modo que a sequência é invertida no centro. Isto resulta num esqueleto de hidrocarboneto $C_{40}H_{56}$ parental com ligações duplas e simples alternadas. A estrutura de ligação dupla constitui a pigmentação marcante e característica (Kopsell & Kopsell, 2006).

O isomerismo pode ocorrer no caso de rotação de ligações duplas ($C = C$) através da molécula, obtendo-se os chamados isômeros trans e cis. Todos os carotenoides coloridos mostram que a configuração trans, mais comuns na natureza, são mais termoestáveis que os isômeros cis. A estrutura molecular dos carotenoides e a presença das duplas ligações conjugadas estendidas causam a presença de elétrons altamente deslocalizados. Como resultado, a estrutura central da ligação dupla nas moléculas de carotenoides atua como o cromóforo absorvedor de luz e é responsável pelas intensas cores amarelo a vermelho (Shen et al., 2014).

Pelo menos sete ligações duplas conjugadas são necessárias para que os carotenoides transmitam cor. A cor, por sua vez, se aprofunda à medida que o número de ligações duplas conjugadas aumenta. A estrutura da cadeia de carbono de ligação dupla conjugada também é responsável pela capacidade dos carotenoides de extinguir os radicais livres que causam a oxidação do tecido. Assim, os carotenoides também foram reconhecidos por possuírem propriedades antioxidantes potentes (Surai et al., 2012).

A classificação em grupos de carotenos e xantofilas consiste principalmente na configuração de sua estrutura.

- Carotenos: sua estrutura molecular é exclusivamente feita de carbono e hidrogênio formando uma cadeia poli-insaturada com a fórmula química $C_{40}H_{56}$. Existe uma grande variedade de carotenos que ocorrem na natureza, no entanto, os mais relevantes na nutrição animal são o licopeno e β -caroteno, sendo este último uma referência de atividade pró vitamina A dentre os carotenoides (Amaya et al., 2013).
- Xantofilas: também conhecido como oxicarotenoides, este grupo é essencialmente derivado a partir da estrutura parental de hidrocarboneto de caroteno, nos quais são

adicionados 1 a 4 grupos funcionais contendo oxigênio, tais como hidroxilas (-OH), cetonas (=O) ou carboxilas (-COOH). Estes grupos funcionais são adicionados a uma ou ambas as extremidades da molécula. A fórmula química geral da xantofila é $C_{40}H_{56}O_{1-4}$. A presença dos grupos oxigenados torna estes compostos mais solúveis em água do que os carotenos. Alguns representantes deste grupo são a luteína, astaxantina, cantaxantina, capsantina, apoester e citranaxantina (Bhosale & Bernstein, 2005).

Outra característica dos carotenoides é sua capacidade de absorver luz em regiões do espectro visível, onde a clorofila não é um absorvedor muito eficiente. Eles absorvem a luz e transferem parte da energia da luz que absorvem para a clorofila, que então usa essa energia para impulsionar a fotossíntese, por isso são essenciais para a sobrevivência de organismos fotossintéticos (Wang et al., 2016).

Também podem proteger as plantas que estão superexpostas à luz solar contra a foto destruição irreversível do aparelho fotossintético, além de agir como antioxidantes lipofílicos que protegem as membranas celulares contra danos oxidativos. Eles fazem isso dissipando inofensivamente a energia da luz em excesso que absorvem como calor. Na ausência de carotenoides, esse excesso de energia luminosa tem o potencial de destruir proteínas, membranas e outras moléculas (Surai et al., 2012).

A função mais óbvia dos carotenoides nos animais é dar cor. A tonalidade e a eficiência de coloração relativa dependem de suas estruturas químicas individuais. Os comprimentos de onda das cores dos carotenoides usados para gema de ovo e pigmentação de frangos ficam entre 400nm e 600nm dentro da faixa visível do espectro de cores. Para o olho humano, esses compostos são de cor amarela a vermelha (Figura 1) (Wang et al., 2016).

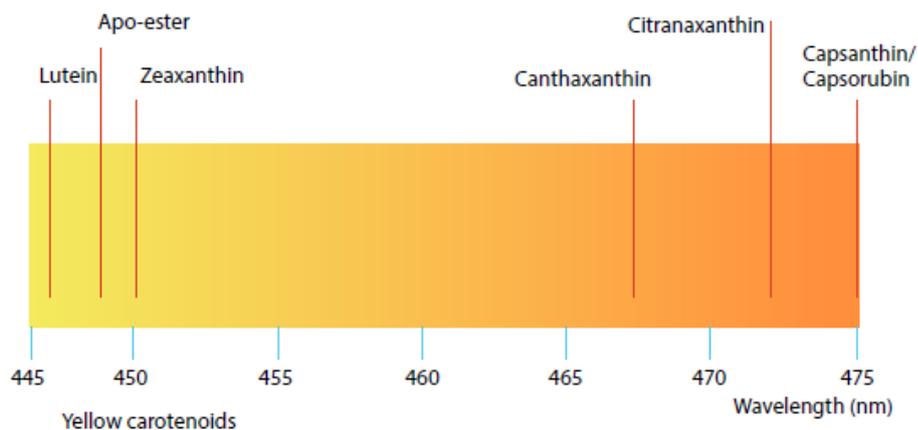


Figura 1 – Comprimento de onda de vários carotenoides (Fonte: Wang et al., 2016).

Os altos níveis relativos de carotenoides armazenados na gema do ovo podem ser benéficos ao desenvolvimento embrionário, principalmente nas primeiras fases de incubação. Isso pode ser atribuído às propriedades antioxidantes de certos carotenoides. A alta atividade metabólica do embrião pode acarretar a uma alta produção de radicais livres, resultando em efeitos negativos. Portanto, a ação protetora antioxidante desses compostos pode permitir o bom desenvolvimento do embrião e aumentar as taxas de sobrevivência durante as fases críticas que antecedem a eclosão (Rosa et al., 2012).

As origens da pigmentação da gema do ovo e aves são diversas, mas, estão principalmente relacionadas a aspectos de saúde e fundamentadas nos sistemas tradicionais de agricultura familiar. Estes sistemas envolvem a criação semiextensiva, onde os animais têm acesso a dietas com capim, milho e outras fontes de carotenoides que são responsáveis pela pigmentação da gema do ovo, pele (e gordura), bem como pernas, bico e penas (Shen et al., 2014).

Quando o consumo desses carotenoides é baixo as cores da gema e pele ficam mais pálidas. Algumas doenças das aves afetam negativamente a pigmentação da gema e da pele, como a coccidiose, a doença respiratória crônica (CRD), a enterite ou a doença de Newcastle. Portanto, uma pigmentação uniforme geralmente significa boa saúde e boas condições higiênicas práticas. Para a comercialização de produtos avícolas, em muitos países, uma cor amarela brilhante ou amarela alaranjada na gema do ovo e na pele do frango é frequentemente associada a frescor, saúde e se tornou um indicador de alta qualidade de produtos (Hargitai et al., 2016).

Os carotenoides também podem ser produzidos por síntese total quando estão presentes na natureza, mas não eficientemente obtidos de fontes naturais e / ou onde uma via de síntese relativamente curta é necessária (por exemplo, cantaxantina, astaxantina, β -caroteno) que os torna tecnologicamente viáveis (Bauernfeind 1981).

A síntese de carotenoides, similarmente a outras substâncias, é caracterizada por uma via geral onde alguns carotenoides são os principais precursores de outros, que ao mesmo tempo podem atuar como intermediários ou precursores para carotenoides com maior complexidade molecular. A tarefa essencial nessa síntese é a construção da cadeia de polieno característica, isto é, o esqueleto de hidrocarboneto conjugado por ligações duplas e simples alternadas. Diferentes reações foram desenvolvidas para construir esta cadeia básica com ligações duplas e simples especificamente localizadas (Nelis & Leenheer, 1990).

A síntese baseia-se em algumas vias gerais de múltiplos passos, nas quais vários grupos terminais são obtidos por meio de moléculas de partida chave prontamente disponíveis. Portanto, embora uma grande diversidade de carotenoides possa ser sintetizada em condições laboratoriais, na prática, menos de dez deles estão disponíveis em escala comercial como, por exemplo, astaxantina, astaxantina-dimetildissuccinato, β -caroteno, cantaxantina, β -apo-8'-carotenal, citranaxantina e o éster etílico do ácido β -apo-8-carotenoico (Ötles & Çagindi, 2008).

O primeiro carotenoide sintetizado foi o β -caroteno, principalmente pela sua relativa simplicidade molecular e pelo fato de ser frequentemente um precursor de outros carotenoides. Posteriormente, a síntese de diferentes grupos funcionais levou à formação de uma importante variedade desses compostos. Os carotenoides são secos por pulverização em materiais de matriz estabilizada (antioxidantes) e revestido, são geralmente formulados com 10% de produtos concentrados e apresentados como pó para uso comercial em nutrição animal (Dufossé, 2008).

Outro procedimento comum é a extração de substâncias derivadas de plantas também conhecidas como fitogênicas ou fitobióticas. Esses procedimentos liberam os carotenoides da matriz da planta e os trazem para a solução. Embora a maioria dos carotenoides na natureza sejam encontrados nas plantas, as mais usadas na prática para a nutrição animal, são as sementes de Flor de Marigold (*Tagetes erecta*), pimenta vermelha (*Capsicum annuum* - páprica) e urucum (*Bixa orellana*). A Flor de Marigold é

uma das mais ricas fontes naturais de luteína e zeaxantina, enquanto pimentas vermelhas e sementes de urucum são as fontes mais importantes de capsantina e bixina, respectivamente (Cazzonelli, 2011).

Existem duas fases referentes a pigmentação da gema e pele de frango. O primeiro (referido como a fase de saturação) envolve a deposição de carotenoides amarelos para criar uma base amarela, qual é muito importante para uma boa saturação da cor final. Uma vez que a base amarela é estabelecida, a adição do carotenoide vermelho muda a tonalidade da cor para uma cor mais laranja-avermelhada (o segundo componente referido como a fase da cor). A resposta de cor relacionada à dose para carotenoides vermelhos é maior do que a resposta para amarelos, e a combinação de cores amarelas e vermelhas é, portanto, mais interessante para a pigmentação (Fletcher & Halloran, 1983).

Apesar de relacionados, os conceitos de pigmentação e coloração são diferentes e é importante fazer uma distinção. Ambos os conceitos têm uma interpretação diferente e são avaliados de diferentes formas. A pigmentação é avaliada por química analítica, normalmente usando HPLC para quantificar a concentração de carotenoides retidos nos tecidos (por exemplo, gema de ovo, pele, carne) e é expressa em mg de carotenoides por kg de tecido (mg / kg ou partes por milhão (ppm)). Espectroscopia de Refletância no Infravermelho Próximo (NIRS) também pode ser usada para estimar o nível de carotenoides nos tecidos (Rosa, 2012).

A coloração é comumente medida usando Leques de Cor (Figura 4), ou por um colorímetro que é um método instrumental de medir a vermelhidão, o tom amarelado e o brilho dos tecidos (Figura 5). Embora sejam mais subjetivos que os métodos colorimétricos, os leques de cor são o método mais prático e econômico, além de serem amplamente utilizados para a avaliação de cores de produtos alimentícios (por exemplo, gema de ovo, tecidos de frango de corte e carne salmonada) (Bauernfeind, 1981).

A deposição desses compostos na gema é possível por sua característica lipossolúvel, tendo em vista que a gema possui um conteúdo lipídico de em média 26,5% de sua composição total. O vitelo, chamado de gema, é o acúmulo de substâncias de reserva com função de nutrir o embrião no processo de reprodução. Dessa forma, por este motivo, sua composição é rica em nutrientes e energia para garantir o desenvolvimento embrionário da ave (Speake et al., 1998).

O vitelo, que se acumula nos folículos, é produzido no fígado pela ação do estradiol. Lipoproteínas de baixa densidade (VLDL) e vitelogenina são produzidas no fígado em resposta ao estrogênio. Após a síntese no fígado, as lipoproteínas são transportadas no sangue para o ovário onde são incorporadas ao folículo em crescimento por um processo mediado por receptor. Os folículos em crescimento são muito vascularizados, o que provavelmente facilita a deposição de grandes quantidades de vitelo (Rutz et al., 2007).

A deposição do vitelo no folículo em crescimento é feita em camadas concêntricas, isso pode ser demonstrado pela deposição de uma cor diferente de corante lipossolúvel e, em uma sequência de dias após isto, o vitelo apresenta anéis concêntricos em diferentes tonalidades como resultado do padrão de acúmulo (Blount et al., 2004).



Figura 2: Leque de cor (Fonte: Amaya, 2004)



Figura 3: Colorímetro digital (Fonte: Arquivo pessoal)

Um folículo em desenvolvimento é rodeado por células foliculares da granulosa que tem sua proliferação proporcional ao desenvolvimento do folículo, regulado pelo FSH. No desenvolvimento folicular, as células têm vesículas relacionadas à absorção de precursores de gema sintetizada pelo fígado e são transportados pelo epitélio folicular em direção ao ovócito por transcitose. Os núcleos das células foliculares tendem a se

voltar para o centro do ovócito, onde se deposita o vitelo. Além do mais, essa característica se desenvolve de acordo a deposição de vitelo (Flamini, 2014).

A zona radiada é a região entre a membrana pré vitelínica e membrana plasmática do ovócito, e região mais periférica com estruturas de microvilosidades na membrana ovocitária e os processos estendidos das células foliculares, com importância nas trocas metabólicas pelo aumento da superfície de contato. Esta zona está delimitada externamente pela membrana plasmática e a membrana perivitelínica interna (Johnson, 1993).

A área do estroma do ovário, em que o folículo tem contato com a superfície ovárica, é o estigma, que possui uma grande rede de irrigação sanguínea onde ocorrem o transporte e deposição de compostos. A ruptura dessa membrana ocorre dando sequência ao processo de ovulação, liberando o óvulo no canal do oviduto, para posterior formação do ovo (Rutz et al., 2007).

A permanência da deposição desses carotenoides na gema do ovo está relacionada a frequência de consumo desses compostos através da dieta, podendo variar em cor e intensidade, de acordo não só com a quantidade consumida mas o tempo de consumo até serem incorporados integralmente desde o início do fornecimento da dieta ou deixar de se manifestar conforme o consumo do produto diminuir (Blount et al., 2004).

No geral, a pigmentação e a coloração ideais dependem muito da quantidade de carotenoides adicionados à ração. A quantidade de aditivo depende do teor básico de pigmentos nas matérias-primas e da pigmentação desejada. Uma vez que uma determinada utilização de pigmento é dependente de muitos fatores variáveis e, portanto, não pode ser prevista com precisão, a utilização acontece sem seguir uma regra ou padrão específico, baseando-se em pesquisas ou experiências práticas (Amaya *et al.*, 2013).

A luteína e cantaxantina são consideradas aditivos tecnológicos isentos de registro, de acordo com a Instrução Normativa N° 38, de 27 de Outubro de 2015 do MAPA, e estão entre os pigmentantes comumente utilizados como fonte de carotenoides na alimentação de aves com objetivo de fornecer a cor desejável da gema, sendo um complemento na utilização de alimentos alternativos em substituição ao milho (Silva et al., 2016).

Além do efeito de coloração de tecidos, os carotenoides desempenham um papel importante na proteção de células e organismos contra os efeitos nocivos da luz ou ar em processos de oxidação. Isso já foi demonstrado em bactérias, algas, plantas, animais, e mesmo em seres humanos no tratamento de doenças fotossensíveis e tratamentos de pele. Isso ocorre devido a capacidade dos carotenoides em se associar a moléculas reativas, suprimindo as reações de oxidação nos tecidos (Krinsky, 1989).

Cho et al., (2018), relataram a aplicabilidade da luteína e outros carotenoides em tratamentos de doenças neurodegenerativas, sua função antioxidante e antineuroinflamatória, além de regular processos de autofagia em modelos celulares.

A qualidade de ovos não se resume necessariamente a suas características sensoriais e parâmetros de conservação, tendo em vista que para o consumidor, aspectos visuais, de maneira geral, influenciam na escolha e consumo de alimentos, e essas características geralmente são associadas a viabilidade do alimento para consumo, bem como sua qualidade, frescor ou o fato de estarem livres de contaminação. Por isso, garantir que a dieta proporcione ao ovo ou demais produtos a cor esperada pelo consumidor não é apenas uma questão visual, mas sim de qualidade de uma maneira geral (Bauernfeind, 1981).

Em outros estudos (Moura et al, 2009; Moura et al ,2011) analisaram o uso de pigmentantes artificiais como a cantaxantina e luteína em rações para codornas de postura com substituição total do milho pelo sorgo. Estes autores observaram que a cor da gema de ovos de codornas, as quais receberam ração à base de sorgo contendo cantaxantina, tiveram uma diferença visual de acordo com os avaliadores, e rações contendo extrato de Flor de Marigold como fonte de luteína apresentaram maior escore colorimétrico em menor tempo de fornecimento, concluindo que existe uma eficácia da utilização desses pigmentantes em rações à base de sorgo.

2.4 Qualidade de ovo e tempo de armazenamento

Desde o momento da postura, à medida que o ovo envelhece, sua qualidade também decresce ao longo do tempo. O albúmen denso torna-se líquido devido a inúmeras reações químicas que ocorrem em seu interior, que possivelmente envolvem ácido carbônico (H_2CO_3) e o aumento do pH do albúmen. O ácido carbônico, um dos

componentes do sistema tampão do albúmen, dissocia-se formando água e gás carbônico (Moura et al., 2008).

Sob condições naturais, esse gás se difunde através da casca e se perde no ambiente. Devido a essa liberação, o pH do albúmen aumenta, diminuindo sua acidez e provocando a dissociação química do complexo proteico. Observa-se também a perda do peso do ovo e o movimento de líquido do albúmen para a gema. Dessa forma, a qualidade interna do ovo é intensamente afetada pelo tempo de estocagem (Figueiredo, 2008).

A legislação brasileira não obriga a refrigeração dos ovos no ambiente de comercialização. Nesse sentido, a estocagem acontece em temperatura ambiente ou apenas acondicionada à climatização do estabelecimento, sendo refrigerados na casa do consumidor. A normativa (Brasil, 2007), determina condições mínimas internas para comercialização em consumo, como câmara de ar de quatro a 10mm de altura, gema translúcida e consistente, albúmen transparente, consistente e sem manchas. Na prática, no entanto, apenas o peso e características aparentes da casca (sujidades, trincas, e defeitos de casca), são geralmente considerados.

Parâmetros para avaliar a qualidade interna de ovos são indicadores das condições de armazenamento e o quanto isso pode afetar a vida de prateleira e condições de consumo do produto. Dentre as variáveis analisadas estão:

- Peso absoluto e relativo

Avalia a perda de peso do ovo durante o período de armazenamento, pela diferença de peso no início e ao final do período, geralmente causado pelas perdas por trocas gasosas que ocorrem naturalmente entre o ovo e o ambiente. Os pesos individuais de gema e albúmen também indicam as perdas gasosas e liquefação do conteúdo interno ao longo do tempo (França et al., 2007).

- Unidade Haugh.

Fator de correção para o peso do ovo, que multiplicado pelo logaritmo da altura da clara espessa, corrigida por 100, resulta na unidade “Haugh”. A unidade Haugh é uma expressão matemática que correlaciona o peso do ovo com a altura da clara espessa. De modo geral, quanto maior o valor da unidade Haugh, melhor a qualidade do ovo. (Alleoni, 2001). Os ovos considerados de qualidade excelente (AA) devem

apresentar valores de UH superiores a 72; ovos de qualidade alta (A), entre 60 e 72 UH e ovos de qualidade inferior (B), com valores de UH inferiores a 60 são considerados de qualidade ruim (USDA, 2000).

- Índice de albúmen e gema.

A medição da altura do albúmen, quando o ovo é quebrado em uma superfície lisa, permite determinar a qualidade deste, pois à medida que envelhece, a proporção de albumina líquida aumenta em detrimento da albumina densa. A água da albumina atravessa a membrana vitelínica por osmose e é retida na gema. O excesso de água na gema determina o aumento do seu volume, levando ao enfraquecimento da membrana vitelínica. Isto faz com que a gema pareça maior em seu diâmetro quando o ovo é observado em uma superfície plana após a sua quebra (França et al., 2007).

- PH do albúmen e gema.

O pH é verificado por meio de pHmetro após a separação do albúmen e gema com imersão direta do eletrodo no conteúdo. (Alcântara 2012). O ovo fresco apresenta pH da gema de 6,0 e clara de 6,6. Ao longo do tempo de armazenamento, este pH é alterado, aumentando consideravelmente. Isso ocorre devido ao teor de CO₂, encontrado no interior do ovo (Sarcinelli et al., 2007).

- Gravidade específica.

Esse teste avalia a resistência da casca, sendo que, quanto maior o valor do resultado do teste, maior a espessura da casca. Para isso, pode se utilizar o método da flutuação salina que é um teste realizado por imersão dos ovos em recipientes com soluções salinas com densidades de 1.050 a 1.100, com intervalos mínimos de 0.005. Os ovos, ao flutuarem, são classificados conforme sua gravidade específica (Freitas et al., 2004; Hamiltom, 1982).

Alguns trabalhos (Lana et al., 2017; Nepomuceno et al., 2014; Ono et al., 2015) foram realizados para avaliar a qualidade interna de ovos armazenados em períodos de até 30 dias, em temperatura ambiente e refrigerados, observando a influência desses fatores sobre o peso absoluto do ovo, gema e albúmen, altura de albúmen, gravidade específica, Unidade Haugh, diâmetro e índices de albúmen e de gema e porcentagem de casca, com efeitos evidenciados a partir do sexto dia de estocagem de ovos em temperatura ambiente.. Portanto, conclui-se que a qualidade do ovo de fato é afetada pelo tempo e condições de armazenamento.

1.3 Referências

- AMAYA E; BECQUET P; CARNÉ S; PERIS S; MIRALLES P. Carotenoids in Animal Nutrition. **Fefana**, 2014.
- ALLEONI, A. C. C.; ANTUNES, A. J. Unidade Haugh como medida da qualidade de ovos de galinha armazenados sob refrigeração. FEA/UNICAMP. Campinas – SP, 2001.
- ARROYO, J; AUVERGNE, A; DUBOIS, J. P; LAVIGNE, F; BIJJA, M; BANNELIER, C; FORTUN-LAMOTHE L. Effects of presentation and type of cereals (corn or sorghum) on performance of geese. **Poultry Science**, n. 91 :2063–2071, 2012.
- ASSUENA, V; FILARDI, R. S; JUNQUEIRA, E.M. CASARTELLI, O. M; LAURENTIZ A. C; DUARTE, K. F. Substituição do milho pelo sorgo em rações para poedeiras comerciais formuladas com diferentes critérios de atendimento das exigências em aminoácidos. **Ciência Animal Brasileira**, v. 9, n. 1, p. 93-99, 2008.
- BAUERNFEIND, J. C. Carotenoids as Colorants and Vitamin A Precursors Technological and Nutritional Applications. **Academic Press**. London: 1981.
- BHOSALE P; BERNSTEIN, P. S. Microbial xanthophylls. **Microbiol Biotechnol** n. 68, p. 445-455, 2005.
- BLOUNT, J. D., C. H. DAVID, P. F. SURAI, AND P. M. ANDERS. 2004. Egg-laying capacity is limited by carotenoid pigment availability in wild gulls *Larus fuscus*. *Proc. R. Soc. Lond. B (Suppl.)* 271:S79–S81.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Legislação: RIISPOA - Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal. Secretaria de Defesa Agropecuária. Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal – Brasília: MAPA/SDA/DIPOA, 2007. 252p.

- BUENO, J.P. R; NASCIMENTO, M.R. B; CARVALHO, C. M. C; FERNANDES, E. A.; SILVA, M.C. A; MARTINS, J.M. S; LITZI F. H. Milheto e óleo de milho em dietas à base de sorgo para frangos de corte. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.45, n.12, p.2233-2238, 2015.
- BUSO, W. H. D; MORGADO, H. S; SILVA, L. B; FRANÇA A. F. S. Utilização do sorgo forrageiro na alimentação animal. **PUBVET**, Londrina, v. 5, n. 23, Ed. 170, Art. 1145, 2011.
- CAZZONELLI, C. I. Carotenoids in nature: insights from plants and beyond. **Functional Plant Biology**, n.38, p.833–847. 2011.
- CHO, K.S; SHIN, M; KIM, S; LEE, S. B. Recent Advances in Studies on the Therapeutic Potential of Dietary Carotenoids in Neurodegenerative Diseases. **Oxidative Medicine and Cellular Longevity**. Volume 2018, p. 13. 2018.
- CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos. v.1, n. 1. Brasília, 2013.
- DUFOSSE, L. Pigments from Microalgae and Microorganisms: Sources of Food Colorants. In.: Food colorants : chemical and functional properties. **CRC Press**, Taylor & Francis Group. 2008.
- FIALHO, E. T; LIMA, J. A. F; OLIVEIRA, V; SILVA, H. O. Substituição do milho pelo sorgo sem tanino em rações de leitões: digestibilidade dos nutrientes e desempenho animal. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.1, n.1, p.105-111, 2002.
- FIGUEIREDO, T. C. Características físico-química e microbiológica e aminas bioativas em ovos de consumo. 2008. 91 f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte – MG. 2008.
- FLAMINI, M. A. Sistema reproductor de la hembra. In.: Histología De Las Aves. La Plata : **Universidad Nacional de La Plata**, 1ª ed. 2014.
- FLETCHER, D. L; HALLO RAN, H. R. Egg Yolk Pigmenting Properties of a Marigold Extract and Paprika Oleoresin in a Practical Type Diet. **Poultry Science**. n. 62. p. 1205-1210. 1983.
- FRANÇA, L. M. G.; MARTINEZ, K. L. A.; ROCHA, F. R. T.; FAUSTO, D. A.; TOSTA, F. L.; FRANCO, O. M.; PERIS, P. R.; CORTEZ, R. A. Avaliação da qualidade externa e interna de ovos vermelhos de poedeiras em estabelecimento comercial varejista. Unidade Universitária de São Luís de Montes Belos, UEG. 2007.
- FREITAS, E. R.; SAKOMURA, N. K.; GONZALES, M. M.; BARBOSA, N. N. A. Comparação de métodos de determinação da gravidade específica de ovos de poedeiras comerciais. **Pesq. agropec. bras., Brasília**, v.39, n.5, p.509-512. 2004.

- GARCIA, E.A; MENDES, A.A; PIZZOLANTE, C.C; GONÇALVES, H.C; OLIVEIRA, R.P; SILVA, M.A; Efeito dos níveis de Cantaxantina na dieta sobre o desempenho e qualidade dos ovos de poedeiras comerciais. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v 4, n. 1, 2002.
- GRANADO-LORENCIO, F; HERRERO-BARBUDO, C; ACIÉN-FERNÁNDEZ G; MOLINA-GRIMA E; FERNÁNDEZ-SEVILLA, J.M; PÉREZ-SACRISTÁN, B; BLANCO-NAVARRO. I. In vitro bioaccessibility of lutein and zeaxanthin from the microalgae *Scenedesmus almeriensis*. **Food Chemistry** n. 114, p. 747–752, 2009.
- HAMILTON, R. M. G. Methods and factors that affect the measurement of egg shell quality. **Poultry Science**, Champaign, v. 61, p. 2022-2039, 1982.
- HARGITAI, R; NYIRI, Z; EKE, Z; TÖRÖK J. Effects of Temperature and Duration of Storage on the Stability of Antioxidant Compounds in Egg Yolk and Plasma. **Physiological and Biochemical Zoology** n. 89(2), p. 161–167. 2016.
- IBGE. Pesquisa da Pecuária Municipal 2017. **Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Agropecuária**. Rio de Janeiro, v. 45, p.1-8, 2017.
- JOHNSON, A. L. Regulation of Follicle Differentiation by Gonadotropins and Growth Factors. **Poultry Science** n. 72, p.867-873. 1993.
- KOPSELL, D. A; KOPSELL, D. E. Accumulation and bioavailability of dietary carotenoids in vegetable crops. **TRENDS in Plant Science**, v.11 n.10, 2006.
- KRINSKY, N. I. Antioxidant functions of carotenoids. **Free Radical Biology & Medicine**, v. 7, p. 617-635, 1989.
- LANA S. R. V; LANA G. R. Q; SALVADOR E. L; LANA A. M. Q; CUNHA F. S. A; MARINHO A. L. Qualidade de ovos de poedeiras comerciais armazenados em diferentes temperaturas e períodos de estocagem. *Revista Brasileira Saúde Produção Animal*, Salvador, v.18, n.1, p.140-151, 2017.
- LUCOTTE, G. La codorniz cría y explotación. Madrid: **Mundi-Prensa**, 1976.
- MARQUES, B.M.F.P.P; ROSA G.B; HAUSCHILD L; CARVALHO A.D'A; LOVATTO P.A. Substituição de milho por sorgo baixo tanino em dietas para suínos: digestibilidade e metabolismo. **Arquivo Brasileiro Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.59, n.3, p.767-772, 2007.
- MARQUES, B.M.F.P.P; ROSA, G.B; HAUSCHILD, L; CARVALHO, A.D'A; LOVATTO, P.A. Substituição de milho por sorgo baixo tanino em dietas para suínos: digestibilidade e metabolismo. **Arquivo Brasileiro Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.59, n.3, p.767-772, 2007.
- MOURA, A. M. A.; OLIVEIRA, N. T. E.; THIEBAUT, J. T. L.; MELO, T. V. Efeito da temperatura de estocagem e do tipo de embalagem sobre a qualidade interna de

ovos de codornas japonesas (*coturnix japonica*). **Ciênc. agrotec., Lavras**, v. 32, n. 2, p. 578-583, mar./abr., 2008.

MOURA, A. M. A; FONSECA, J. B; MELO, E. A; LIMA, V. L. A. G; SANTOS, P.A; SILVA Q. J. Características sensoriais de ovos de codornas japonesas (*Coturnix japonica* Temminck e Schlegel, 1849) suplementadas com pigmentantes sintéticos e selenometionina. **Ciência agrotecnica**, Lavras, v. 33, n. 6, p. 1594-1600, 2009.

MOURA, A. M. A; TAKATA, F. N; NASCIMENTO G. R; SILVA, A. F; MELO, T. V; CECON, P. R. Pigmentantes naturais em rações à base de sorgo para codornas japonesas em postura. **R. Bras. Zootec.**, v.40, n.11, p.2443-2449, 2011.

MURAKAMI, A.E.; ARIKI, J. Produção de codornas japonesas. Jaboticabal: Funep, 1998. 79 p: il. Jaboticabal- SP, 1998.

NELIS H.J; DE LEENHEER A.P. Microbial sources of carotenoid pigments used in foods and feeds. **Journal of Applied Bacteriology**. n. **70**. p.181-191. 1991.

NEPOMUCENO R. C; WATANABE P. H; FREITAS E. R; CRUZ C. E. B; PEIXOTO M. S. M; SOUZA M. L. Quality of quail eggs at different times of storage. **Ciência Animal Brasileira**, V. 15, N. 4, 2014.

ÖTLES S; ÇAGINDI Ö. Carotenoids as Natural Colorants. In.: Food Colorants Chemical and Functional Properties. **CRC Press**, Taylor & Francis Group. 2008.

ONO, F. B.; MARCATO, S. M.; ZANCANELA, V.; GRIESER, D. O.; STANQUEVES, C. E.; EUZÉBIO, T. C.; BENITES, M. I.; FINCO, E. M. Qualidade de ovos de poedeiras comerciais de duas idades sob diferentes condições de armazenamento e tipo de embalagem de ovos. Universidade Estadual de Maringá, Zootecnia Tropical. Maringá – PR. 2015.

PALOZZA, P; MAGGIANO, N; CALVIELLO, G; LANZA, P; PICCIONI, E; RANELLETTI, F. O; BARTOLI G. M. Canthaxanthin induces apoptosis in human cancer cell lines. **Carcinogenesis** v.19, n.2 p.373–376, 1998.

PASTORE, S.M; OLIVEIRA, W.P; MUNIZ, J.C.L. Panorama da coturnicultura no Brasil. Revista Eletrônica Nutritime, V 9, N 06, p. 2041 – 2049, 2012.

PINTO, M.; SILVA, J.D.T.; DIAS, L.T.S.; RIZZO, P.V.; CARVALHO, M.R.B. Uso do sorgo na alimentação de poedeiras. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, Campinas, suplemento, n. 7, p. 101, 2005.

RAJPUT, N; NAEEM, M; ALI, S; †ZHANG J. F; ZHANG, L; WANG T. The effect of dietary supplementation with the natural carotenoids curcumin and lutein on broiler pigmentation and immunity. **Poultry Science** 92 :1177–1185, 2013.

- ROSA, A. P., A. SCHER, J. O. B. SORBARA, L. S. BOEMO, J. FORGIARINI, AND A. LONDERO. 2012. Effects of canthaxanthin on the productive and reproductive performance of broiler breeders. *Poult. Sci.* 91:660–666. 2012.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; HANNAS, M.I.; DONZELE, J.L.; SAKOMURA, N.K.; PERAZZO, F.G.; SARAIVA, A.; TEIXEIRA, M.L.; RODRIGUES, P.B.; OLIVEIRA, R.F.; BARRETO, S.L.T. BRITO, C.O. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 4 ed. **Universidade Federal de Viçosa**, Viçosa, MG, 2017.
- RUTZ, F; ANCIUTI, M. A; XAVIER, E. G; ROLL, V. F. B; ROSSI, P. Avanços na fisiologia e desempenho reprodutivo de aves domésticas. **Rev Bras Reprod Anim**, Belo Horizonte, v.31, n.3, p.307-317. 2007.
- SANDESKI, L.M. Otimização das quantidades de carotenoides em relações de poedeiras visando o aumento da coloração da gema. Tese (Doutorado) Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária de Araçatuba, 2016.
- SANTOS, D. C; OLIVEIRA E. N. A; MOTA, J. K. M; DANTAS, R. T; PEIXOTO, J. P. N. Características físicas e químicas de ovos comerciais de codornas das linhagens japonesa e americana. **Revista Acadêmica, Ciência Agrária Ambiental**, Curitiba, v. 9, n. 3, p. 299-306, 2011.
- SARCINELLI, M. F.; VENTURINI, K. S.; SILVA, L. C. Características dos Ovos. Universidade Federal do Espírito Santo – UFES. 2007.
- SHEN, Y; ZHANG, X; PRINYAWIWATKUL, W; XU, Z. Simultaneous determination of red and yellow artificial food colourants and carotenoid pigments in food products. **Food Chemistry**, n. 157, p. 553–558, 2014.
- SILVA, W.J; MARTINS, P.C; GOUVEIA, A.B.V.S; SANTOS, F.R; MINAFRA, C.S. Pigmentos naturais e alimentação alternativa para codornas japonesas. *Revista Eletrônica Nutritime*. Vol. 13, Nº 06, 2016.
- SPEAKE, B. K., A. M. B. MURRAY, AND R. C. NOBLE. 1998. Transport and transformations of yolk lipids during development of the avian embryo. *Prog. Lipid Res.* 37:1–32.
- SURAI, P. F. 2012. The antioxidant properties of canthaxanthin and its potential effects in the poultry eggs and on embryonic development of the chick. Part 1. *World's Poult. Sci. J.* 68:465–476.
- USDA. UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Egg-Grading Manual. Washington. n.75, 2000. Disponível em: <http://www.ams.usda.gov/AMSv1.0/getfile?dDocName=STELDEV3004502>. Acesso em: Março de 2018.

VOLP, A.C.P; RENHE, I.R.T; STRINGUETA, P.C. Pigmentos naturais bioativos. Alimentos e Nutrição, Arraquara, v.20, n.1, p. 157-166, 2009.

WANG, J; WU, N; YANG, Y. Determination of Carotenoids in Egg Yolk by High Performance Liquid Chromatography with Vortex-Assisted Hollow Fiber Liquid-Phase Microextraction using Mixed Extraction Solvent. **Journal of Chromatographic Science**, p. 1–7, 2016.

II - OBJETIVOS GERAIS

Determinar o melhor nível de inclusão de extrato de Flor de Marigold e cantaxantina em dietas de codornas japonesas em fase de postura à base de sorgo, visando manter parâmetros de desempenho e qualidade de ovos, bem como avaliar a qualidade destes em função do tempo de armazenamento dos ovos.

2.1. Objetivos específicos

- Avaliar o efeito de adição de luteína e cantaxantina sintética em dietas à base de sorgo para codornas de postura, sob o desempenho produtivo das mesmas;
- Verificar o efeito da adição de pigmentantes em dietas à base de sorgo sob a qualidade interna de ovos de codornas;

- Identificar o efeito da adição de luteína e cantaxantina em dietas a base de sorgo para codornas de postura sob a deposição de pigmentantes nos ovos no período inicial e no período final de consumo das dietas experimentais;
- Avaliar a qualidade de ovos de codornas alimentadas com rações à base de sorgo contendo pigmentantes, em diferentes períodos e temperaturas de armazenamento.

1 **III - Pigmentantes em dieta à base de sorgo para codornas japonesas em postura**¹

2 **RESUMO** – Essa pesquisa teve como objetivo determinar os melhores níveis de
3 inclusão de luteína (extrato de flor de Marigold) e cantaxantina na ração de codornas
4 japonesas de postura à base de sorgo. Foram utilizadas 680 codornas japonesas de
5 postura (*Coturnix coturnix japônica*), com 64 semanas de idade distribuídas em um
6 esquema fatorial 4x4 sendo quatro níveis de luteína (LUT) e quatro níveis de
7 cantaxantina (CTX) mais um grupo controle sem adição de pigmentantes, com cinco
8 repetições e oito aves por unidade experimental. O experimento foi dividido em três
9 ciclos de 21 dias, onde foram avaliados nos três últimos dias de cada ciclo parâmetros
10 de desempenho e qualidade de ovos. Para avaliar o tempo de deposição e permanência
11 dos pigmentantes na gema, foram avaliados três ovos por tratamento durante 12 dias no
12 início do experimento e 12 dias ao fim a partir do último dia de consumo pelas aves das
13 rações contendo pigmentantes. Foram feitas avaliação da cor pelo método objetivo,
14 medindo parâmetros de luminosidade (L*), intensidade de verde/vermelho (a*),
15 intensidade de azul/amarelo (b*) utilizando um colorímetro portátil (CR400 -
16 MINOLTA). Para desempenho e qualidade de ovos não foram observadas diferenças
17 significativas ($P > 0,05$), exceto para coloração da gema, com maiores escores de cor de
18 acordo com o aumento do consumo de luteína e cantaxantina. Para parâmetros de cor,
19 observou-se que no início do período de consumo, os níveis de cantaxantina
20 influenciaram nas leituras de cor vermelha a* e os níveis de luteína influenciaram nas
21 leituras de cor amarela b*, enquanto no período final, a interação dos níveis de 5,4 ppm
22 de luteína e 1,3 ppm de cantaxantina proporcionou melhores parâmetros de cor até os 10
23 dias posteriores ao fim do consumo dos pigmentantes. Dessa forma, o melhor uso de
24 luteína, considerando os parâmetros avaliados, foi de 5,4 ppm e de canataxantina de 1,3
25 ppm. A utilização do sorgo em substituição ao milho em dietas de codornas japonesas
26 de postura é viável desde que sejam utilizados pigmentantes como complemento para
27 que se mantenham os parâmetros de cor da gema.

28

29 Palavras chave: carotenoides, cantaxantina, cor, gema, luteína, qualidade de ovos

30

31

Pigments on sorghum-based rations for laying Japanese quails

32
33 **ABSTRACT** - The objective was to determine the best levels of inclusion of
34 lutein (Marigold flower extract) and cataxanthin in sorghum - based Japanese quail
35 rations. A total of 680 Japanese laying quails (*Coturnix coturnix japonica*), with 64
36 weeks of age was distributed in a 4x4 factorial scheme, with four levels of lutein (LUT)
37 and four levels of cataxanthin (CTX), with five replicates and eight birds per
38 experimental unit. The experiment was divided in three cycles of 21 days, where
39 performance and egg quality parameters was evaluated. To evaluate the time of
40 deposition and permanence of the pigmentants in the yolk, three eggs were evaluated
41 per treatment for 12 days at the beginning of the experiment and 12 days at the end from
42 the last day of consumption by the birds of the feed containing pigments. The color
43 evaluation was performed by the objective method, measuring luminosity (L *), green /
44 red intensity (a *), blue / yellow intensity (b *) using a portable colorimeter (CR400 -
45 MINOLTA). For performance and egg quality, no significant differences (P> 0.05)
46 were observed, except for yolk color, with higher color scores according to the increase
47 in lutein and canthaxanthin consumption. For color parameters, it was observed that at
48 the beginning of the period of consumption, canthaxanthin levels influenced the red
49 color reading a * and lutein levels influenced the yellow color readings b *, while in the
50 final period the interaction of the levels of 5.4 ppm of lutein and 1.3 ppm of
51 canthaxanthin provided better color parameters up to 10 days after the end of pigment
52 consumption. The best use of lutein, considering the parameters evaluated was 5.4 ppm
53 and canataxanthin 1.3 ppm. The use of sorghum in substitution of maize in Japanese
54 laying quail diets is feasible provided that pigmentants are used as a complement to
55 maintain the color parameters of the yolk.

56 Key words: carotenoids, cataxantin, color, lutein, quail eggs quality, yolk

57
58
59
60
61
62
63
64 ¹ Artigo redigido de acordo com as normas da Revista Brasileira de Zootecnia

3.1 Introdução

65

66 A utilização de ingredientes alternativos ao milho nas rações das codornas de
67 postura vem aumentando, principalmente por proporcionar uma redução nos gastos com
68 a alimentação. No entanto, o uso desses alimentos deve ser estudado e feito de maneira
69 adequada para não acarretar prejuízos no desempenho animal (Garcia et al., 2012).

70 O sorgo é um alimento alternativo ao milho, no entanto, sua composição tem
71 quantidade deficiente de pigmentos como caroteno e xantofilas, e por isso o seu
72 fornecimento à ave induz à despigmentação da gema do ovo. Portanto, o uso do sorgo e
73 outros alimentos alternativos acarreta a necessidade de utilização de aditivos sensoriais
74 que forneçam pigmentantes para dar cor à gema sem que a produção seja afetada
75 (Moura et al., 2011).

76 Normalmente, a utilização de pigmentantes se dá pela combinação de compostos
77 de cor amarela e vermelha, podendo ser carotenos ou xantofilas obtidos por extratos
78 naturais ou pigmentantes sintéticos. Dentre as opções de utilização, se encontram a
79 cantaxantina e luteína, xantofilas que conferem ao produto cores vermelha e amarela
80 respectivamente (Amaya, 2014).

81 A cantaxantina e luteína são pigmentantes do grupo das xantofilas comumente
82 utilizados para obtenção de cores laranja ou avermelhada em produtos de origem
83 animal. Sua deposição e transporte assim como os demais carotenoides ocorrem através
84 de compostos lipídicos e a utilização pode ser feita de acordo com o objetivo e produto
85 em questão (Faruk, 2017).

86 A cor da gema de ovos de codornas que recebem ração à base de sorgo contendo
87 cantaxantina apresenta uma diferença visual se comparada ao uso dessas rações sem
88 nenhuma adição de pigmentates. Já as rações contendo extrato de Flor de Marigold
89 como fonte de luteína, apresentam maior escore colorimétrico em menor tempo de
90 fornecimento mostrando, portanto, como a utilização desses pigmentantes em rações à
91 base de sorgo se torna necessária para manter os padrões de aceitação pelo consumidor
92 (Moura et al., 2011).

93 Neste contexto, o objetivo deste estudo foi determinar os melhores níveis de utilização
94 de cantaxantina e luteína em dietas à base de sorgo para codornas japonesas em fase de
95 postura, visando melhorias no desempenho e qualidade de ovo, otimizando assim a
96 utilização de alimentos alternativos ao milho, sem que a produção dos ovos e
97 viabilidade de comercialização desse produto sejam comprometidos.

98

3.2 Material e métodos

99 *Animais e instalações*

100 O experimento foi realizado no setor de Coturnicultura da Fazenda Experimental de
101 Iguatemi (FEI), pertencente a UEM, no período de maio a julho de 2018, para
102 determinação de parâmetros de desempenho e qualidade de ovos de codornas japonesas
103 (*Coturnix coturnix japonica*).

104 As aves foram alojadas em galpão de postura, tipo convencional, com cobertura de
105 telha de barro, piso e paredes laterais de alvenaria com 0,50 m de altura, completadas
106 com tela de arame até o telhado e cortinas laterais móveis, contendo gaiolas de arame
107 galvanizado, dispondo de bebedouros tipo *nipple* e de comedouro tipo calha, durante
108 todo o período experimental.

109 Utilizou-se um programa de luz de 17 horas por dia (iluminação natural +
110 artificial), sendo controlado com o auxílio de relógio automático (*timmer*). A
111 intensidade luminosa utilizada foi de 21 lumens/m². Água e ração foram fornecidas à
112 vontade durante todo período experimental. A temperatura (média: 17,5°C; mínima:
113 14,1°C e máxima: 25,8°C) e a umidade relativa do ar (média: 74,6%; mínima: 50,5% e
114 máxima: 82,2%) foram registradas sempre no período da manhã, por intermédio de
115 termohigrômetros de bulbo seco de máxima e mínima.

116 *Delineamento experimental e dietas*

117 A ração referência foi formulada com sorgo e farelo de soja, levando em
118 consideração os valores de composição química e energética dos alimentos proposto por
119 Rostagno et al. (2017). Para atender às exigências nutricionais das codornas, foram
120 adotadas as recomendações preconizadas pelo NRC (1994) para as codornas de postura
121 (Tabela 1). Os produtos foram incorporados em combinações de níveis diferentes
122 totalizando 16 tratamentos e um controle que consistiu na ração referência sem adição
123 de pigmentantes.

124

125

126

127

128

129

130

131 Tabela 1 - Composição da ração referência

Ingrediente	Composição percentual da ração (%)
Sorgo (baixo banino)	54,71
Farelo de soja (45%)	29,95
Foscálcio	1,12
Calcário	7,62
Óleo de soja	4,88
Suplemento vit./min ¹	0,40
Sal comum	0,33
L-Lisina HCL	0,29
DL-Metionina	0,46
L-Treonina	0,11
L-Triptofano	0,02
BHT ²	0,01
Inerte+Pigmentantes ³	0,10
Total	100
Composição calculada (%)	
Energia Metabolizável (Mcal/kg)	2,900
Proteína Bruta (%)	19,00
Cálcio (%)	2,99
Fósforo disponível (%)	0,31
Sódio (%)	0,15
Potássio (%)	0,19
Cloro (%)	0,24
Met + cist digestível (%)	0,94
Lisina digestível (%)	1,15
Treonina digestível (%)	0,70
Triptofano digestível (%)	0,24

132 ¹Suplemento vitamínico e mineral – Níveis de garantia por kg de ração: Vit. A – 18.000 UI; Vit. D3 –
133 5.000 UI; Vit. E – 16 mg; Vit. B1 – 1,112 mg; Vit. B2 – 8 mg; Vit. B6 – 2,100 mg; Vit. B12 – 20 mcg;
134 Vit. K3 – 4,028 mg; Pantotenato de Cálcio – 16 mg; Niacina – 40 mg; Colina – 560 mg; Antioxidante
135 (Butil Hidroxi Tolueno – BHT) – 20 mg; Zinco – 126 mg; Ferro – 98 mg; Manganês – 155 mg; Cobre –
136 30,624 mg; Cobalto – 0,4 mg; Iodo – 1,936 mg; Selênio – 0,508 mg; Veículo Q.S.P. (Caulin) – 4 g; ²BHT
137 (Butil Hidroxi Tolueno); 4EM: energia metabolizável; ³Areia lavada + níveis de pigmentantes
138 correspondentes a cada tratamento.
139

140 Foram utilizadas 680 codornas de postura, com 64 semanas de idade, distribuídas
141 em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4 x 4, sendo quatro
142 níveis de luteína (LUT) (5,4; 5,7; 6,0 e 6,3 ppm) e quatro níveis de cantaxantina (CTX)
143 (0,4; 0,7; 1 e 1,3 ppm), e um grupo controle sem adição de pigmentantes, totalizando 17
144 tratamentos, com 5 repetições de 8 aves/unidade experimental, somando um total de 85
145 unidades experimentais. As aves inicialmente foram pesadas individualmente,

146 distribuídas nos tratamentos pelo peso médio da parcela e apresentavam peso médio de
147 158,1g e produção de ovos médio de 79,7%.

148 A fonte natural de luteína utilizada foi o extrato de Flor de Marigold, com níveis
149 garantidos de 3% de luteína, sendo assim, utilizada em quantidades proporcionais para
150 atingir a quantidade desejada para cada tratamento. Para cantaxantina, utilizou-se o
151 pigmentante sintético, ambos comercializados em pó.

152 *Desempenho produtivo*

153 O período experimental se dividiu em três ciclos de produção, que compreendiam
154 21 dias cada. As aves mortas foram contabilizadas diariamente para correção do
155 consumo de ração. A colheita de ovos foi realizada diariamente (8h:00), com o objetivo
156 de calcular a taxa de postura (%) e a produção de massa de ovos (g ovos ave dia),
157 contabilizando todos os ovos produzidos, incluindo os quebrados, trincados, anormais e
158 de casca mole.

159 A taxa de postura foi considerada como sendo o produto da divisão do número de
160 ovos produzidos pelo total de aves da UE, dada por: Taxa de postura (%) = (número de
161 ovos produzidos / número de aves alojadas) x 100.

162 A massa de ovos foi obtida pela multiplicação da produção de ovos pelo peso
163 médio dos ovos, de acordo com a equação: Massa de ovos (g ovos ave dia) = (peso
164 médio dos ovos (g) x número de ovos produzidos) / número de aves alojadas.

165 As codornas foram pesadas no início e fim do período experimental para
166 determinação do peso corporal (g) e as rações foram pesadas ao final de cada ciclo para
167 determinar o consumo de ração (g), além do cálculo da conversão alimentar por kg de
168 ovos, que expressa a relação entre o consumo de ração e a produção de ovos em peso,
169 sendo calculada pela equação: CAKG (kg de ovos) = consumo de ração (kg) / peso dos
170 ovos (kg). Além disso, a conversão alimentar por dúzia de ovos – CADZ (kg dz de
171 ovos), que expressa a relação entre o consumo de ração e a produção de ovos em dúzias,
172 sendo calculada pela equação: CADZ (kg dz de ovos) = consumo de ração (kg)/ dúzia
173 de ovos.

174

175 *Qualidade interna e externa dos ovos*

176 Nos três últimos dias de cada ciclo, foram realizadas as análises de qualidade
177 interna e externa dos ovos, além da determinação do peso médio destes e, para isso,

178 apenas os ovos viáveis foram utilizados. As características avaliadas foram: peso médio
179 dos ovos (g), gravidade específica (g/ml), índice de gema, % de casca, % de gema, % de
180 albúmen, peso de casca por superfície de área e espessura da casca (mm) e cor da gema.

181 Entre as medidas de qualidade, a gravidade específica foi obtida através do método
182 de imersão de todos os ovos em diferentes concentrações de solução salina (densímetro
183 de Baumé variando 0,005 g mL desde 1,060 a 1,090 g mL), de acordo com a
184 metodologia descrita por Hamilton (1982).

185 Para as análises de qualidade interna, três ovos foram selecionados de acordo com o
186 peso médio da UE, identificados e pesados individualmente. Após a pesagem, foram
187 quebrados para a determinação da altura (mm) e do diâmetro (mm) da gema e do
188 albúmen utilizando paquímetro digital (Digimess, com precisão de 0,02 mm).

189 A determinação da altura da gema foi realizada no seu ponto mais alto e para a
190 altura do albúmen, a medida foi realizada na região mais próxima à gema. O diâmetro
191 foi obtido pela média de duas mensurações transversais tanto da gema quanto do
192 albúmen. Posteriormente, por meio destes dados foi possível determinar o índice de
193 gema (IG), dado por: $IG = (\text{altura de gema (mm)} / \text{diâmetro de gema (mm)}) \times 100$ e a
194 Unidade Haugh (UH), calculada de acordo com Card e Nesheim (1966), considerando a
195 altura do albúmen (A) e o peso do ovo (PO): $UH = 100 \log (A + 7,57 - 1,7 \times PO^{0,37})$.

196 Posteriormente, a gema e o albúmen foram separados para a pesagem da gema em
197 balança de precisão, e o peso do albúmen foi obtido subtraindo-se do peso do ovo, os
198 pesos da gema e da casca. Os dados de peso permitiram quantificar as porcentagens de
199 gema, albúmen e casca em relação ao peso do ovo, de acordo com a equação: % do
200 componente = (peso do componente (g) / peso do ovo (g)) x 100.

201 Após a secção do ovo, as cascas foram lavadas, secas e armazenadas em
202 temperatura ambiente para determinação posterior do peso (em balança de precisão).
203 Foi determinado também o peso da casca por unidade de superfície de área (PCSA),
204 calculado e utilizando a fórmula adaptada por Rodrigues et al. (1996), em que: $PCSA =$
205 $(\text{peso da casca (g)} / 3,9782 \times \text{peso do ovo (g)}) \times 100$.

206 A cor da gema foi analisada pelo método subjetivo com o uso do Leque
207 Colorimétrico da Roche, que avalia a coloração em uma escala de cores de 1 a 15 e pelo
208 método objetivo, medindo os seguintes parâmetros: L* (luminosidade), a* (intensidade
209 de verde/vermelho), b* (intensidade de azul/amarelo) utilizando um colorímetro portátil
210 (CR400 - MINOLTA) previamente padronizado nas cores preto (0) e branco (100),
211 usando iluminante D65 e 10° para o ângulo do observador.

212 *Análise de cor*

213 Para avaliar o tempo de deposição e permanência dos pigmentantes na gema, foram
214 colhidos e avaliados três ovos por tratamento durante 12 dias no início do experimento,
215 contando a partir do primeiro dia de fornecimento das rações experimentais. E durante
216 12 dias ao fim do período experimental a partir do último dia de consumo pelas aves das
217 rações contendo pigmentantes.

218 Esses ovos foram usados para avaliação da cor pelo método objetivo, medindo os
219 seguintes parâmetros: L^* (luminosidade), a^* (intensidade de verde/vermelho), b^*
220 (intensidade de azul/amarelo) utilizando um colorímetro portátil (CR400 - MINOLTA)
221 previamente padronizado nas cores preto (0) e branco (100), usando iluminante D65 e
222 10° para o ângulo do observador.

223 *Análise estatística*

224 A análise estatística dos dados foi realizada utilizando o programa estatístico R (R
225 Studio), segundo o modelo:

$$226 \quad Y_{ijkl} = b_0 + b_1L_i + b_2C_j + b_3L_{i2} + b_4C_{j2} + b_5LC_{ij} + FA + e_{ijkl}$$

227 Y_{ijkl} = variável medida na unidade experimental k , alimentada com dieta contendo o
228 nível i de luteína e o nível j de cantaxantina;

229 b_0 = constante geral;

230 b_1 = coeficiente de regressão linear em função do nível de luteína;

231 L_i = nível de luteína para codornas em fase de postura; $L_1 = 5,4$ ppm; $L_2 = 5,7$ ppm;
232 $L_3 = 6,0$ ppm e $L_4 = 6,3$ ppm;

233 C_j = nível de cantaxantina para codornas em fase de postura; $C_1 = 0,4$ ppm; $C_2 = 0,7$
234 ppm; $C_3 = 1$ ppm e $C_4 = 1,3$ ppm;

235 b_2 = coeficiente de regressão linear em função do nível de cantaxantina;

236 b_3 = coeficiente de regressão quadrático em função do nível de luteína;

237 b_4 = coeficiente de regressão quadrático em função do nível de cantaxantina;

238 b_5 = coeficiente de regressão linear em função da interação entre o nível de luteína e
239 nível de cantaxantina;

240 FA = falta de ajustamento do modelo de regressão;

241 e_{ijkl} = erro aleatório associado a cada observação.

242 Foram realizadas análises de regressão dos níveis de inclusão do extrato da flor de
243 marigold e cantaxantina e as estimativas dos níveis de inclusão desses aditivos na dieta
244 das poedeiras foram obtidas utilizando o modelo quadrático conforme descrito por
245 Sakomura e Rostagno (2016). Para comparação dos níveis com o tratamento controle
246 sem adição de pigmentates foi realizado o teste Tukey, com nível de significância de
247 5%.

248

249

250

251

252

253

254

255

256

257

258

259

260

261

262

263

264

265

266

267

268

269

270

271

3.3 Resultados

272 Não foi observado efeito significativo ($P > 0,05$) de interação entre os
 273 pigmentantes sobre as variáveis de desempenho das aves, mostrando que os níveis de
 274 luteína (LUT) e cantaxantina (CTX) fornecidos, agiram de maneira independente sobre
 275 essas variáveis (Tabela 2). Para consumo de ração (CR), houve efeito linear crescente
 276 em função do nível de luteína na dieta. Para as demais variáveis de desempenho, não
 277 foram observados efeitos significativos.

278 Tabela 2: Valores médios de desempenho de codornas de postura em função dos níveis
 279 de luteína e cantaxantina em rações à base de sorgo

LUT	CTX	CR (g)	CADZ	CAMO	PO (g)	MO (g)	TP (%)
0,0	0,0	32.95	0.49	3.62	11.33	9.85	84.29
	0,4	29.87	0.43	3.40	11.46	9.04	86.56
5,4	0,7	30.10	0.52	3.70	11.72	9.43	73.01
	1,0	31.64	0.51	3.45	11.38	10.03	76.04
	1,3	30.73	0.45	3.19	11.46	9.53	83.92
5,7	0,4	28.83	0.47	3.52	11.52	10.20	77.79
	0,7	31.11	0.43	3.11	11.57	9.28	85.10
	1,0	31.98	0.51	3.23	11.92	9.98	77.67
	1,3	31.32	0.47	3.17	11.77	9.63	78.94
6,0	0,4	30.90	0.45	3.22	11.77	8.93	78.85
	0,7	33.73	0.56	3.78	11.56	9.00	74.35
	1,0	31.44	0.54	3.65	11.58	9.67	74.85
	1,3	32.46	0.48	3.58	11.56	9.91	81.65
6,3	0,4	32.14	0.50	3.70	11.39	10.58	77.80
	0,7	33.46	0.50	3.25	11.53	10.17	80.85
	1,0	34.11	0.49	3.36	11.46	9.73	84.12
	1,3	33.55	0.49	3.41	11.33	9.63	83.89
Valor de P							
LUT		<.0001(L)	0.112	0.352	0.286	0.547	0.348
CTX		0.478	0.596	0.848	0.112	0.946	0.275
LUT x CTX		0.531	0.847	0.725	0.143	0.914	0.254
Erro padrão		0.292	0.007	0.048	0.035	0.124	0.991
Equações de Regressão			R^2				
CR			0.38				
=29.91862+29.91862LUT							

280 LUT: Luteína; CTX: Cantaxantina; CR: consumo de ração; CADZ: conversão alimentar por
 281 dúzia de ovos; CAMO: conversão alimentar por massa de ovo; PO: peso do ovo; MO: massa de
 282 ovo; TP: taxa de postura; EP: erro padrão; R^2 : coeficiente de determinação; L: efeito linear ($p >$
 283 5%).

284 Da mesma forma, os resultados para qualidade dos ovos nas condições
 285 experimentais, não apresentaram diferença significativa (Tabela 3). Os parâmetros de
 286 indicação de qualidade consideram dados de peso e dimensões de seus componentes e
 287 isso não necessariamente tem correlação com os níveis de pigmentates na dieta.

288

289 Tabela 3: Valores médios de qualidade de ovos de codornas japonesas, em função dos
 290 níveis de luteína e cantaxantina em rações à base de sorgo

LUT	CTX	UH	GE (g/ml)	IG (mm)	C (%)	G (%)	A (%)	PCSA
0,0	0,0	86.62	1.07	0.47	7.83	32.30	60.07	4.10
5,4	0,4	87.06	1.06	0.45	7.63	31.48	60.90	3.93
	0,7	87.93	1.06	0.46	7.78	31.21	61.09	4.05
	1,0	86.13	1.06	0.46	7.64	32.29	60.05	3.93
	1,3	86.77	1.07	0.45	7.87	31.79	60.32	4.09
5,7	0,4	86.97	1.07	0.46	7.59	31.33	60.86	3.91
	0,7	88.03	1.07	0.46	7.79	31.58	60.83	4.00
	1,0	88.22	1.06	0.46	7.64	31.23	61.03	4.02
	1,3	87.79	1.06	0.45	7.71	30.96	60.96	4.01
6,0	0,4	87.38	1.07	0.45	7.82	31.75	60.22	4.08
	0,7	86.76	1.07	0.46	7.90	31.85	60.29	4.07
	1,0	86.90	1.07	0.45	7.57	30.85	61.70	3.91
	1,3	86.40	1.06	0.46	7.87	31.72	60.34	4.06
6,3	0,4	86.62	1.07	0.47	7.72	31.35	61.02	3.97
	0,7	89.00	1.07	0.46	7.73	31.19	61.06	3.95
	1,0	87.89	1.07	0.46	7.88	30.44	61.28	4.13
	1,3	88.38	1.07	0.47	7.84	31.55	61.10	4.05
Valor de P								
LUT		0.081	0.278	0.363	0.736	0.220	0.494	0.353
CTX		0.939	0.572	0.973	0.736	0.673	0.904	0.592
LUT x CTX		0.199	0.962	0.805	0.482	0.924	0.706	0.293
Efeito		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Erro padrão		0.158	0.001	0.001	0.033	0.105	0.110	0.018

291 LUT: Luteína; CTX: Cantaxantina; UH: Unidade Haugh; GE: gravidade específica; IG: índice
 292 de gema; C: porcentagem de casca; G: porcentagem de gema A: porcentagem de albúmen;
 293 PCSA: peso de casca por superfície de área; P: efeito significativo a 5%.

294 Para valores de cor da gema, foram feitas avaliações dentro do período dos ciclos
 295 experimentais, com leituras no leque de cores e no colorímetro digital Minolta, de
 296 valores de L* a* e b*, como esperado, houve efeito significativo em função dos níveis
 297 de pigmentantes na dieta. Sendo o efeito linear negativo para os níveis de cantaxantina
 298 em L*, para interação cantaxantina:luteína em a* e cor no leque (LCR) e efeito linear
 299 positivo para luteína em b* (Tabela 4).

300 Os valores médios de L* no colorímetro digital correspondem ao nível de
 301 luminosidade encontrado na amostra. Em comparação ao grupo controle, sem adição de
 302 pigmentantes, houve diferença em comparação aos níveis de 5,4 ppm(LUT)+1,3
 303 ppm(CTX) e 6,0 ppm(LUT)+1,0ppm(CAT), sendo que os últimos apresentaram menor
 304 luminosidade em comparação ao controle, isso porque os níveis maiores de
 305 cantaxantina (pigmentante vermelho), proporciona uma cor de intensidade mais escura a
 306 gema, levando assim a uma luminosidade menor e por isso seu efeito inversamente
 307 proporcional ao nível de cantaxantina.

308 Tabela 4: Valores médio de coloração da gema de ovos de codornas japonesas em
 309 função dos níveis de luteína e cantaxantina em rações à base de sorgo

LUT	CTX	L*	a*	b*	LCR
0,0	0,0	50.17 a	-3.22 g	13.03 b	3.00 e
5,4	0,4	46.27 ab	-0.29 ef	18.52 a	5.50 de
	0,7	46.87 ab	1.33 cd	18.71 a	6.33 cd
	1,0	46.02 ab	2.40 abc	18.25 a	8.83 abc
	1,3	45.14 b	2.95 a	17.57 a	8.50 abc
5,7	0,4	46.34 ab	-0.55 f	18.43 a	6.50 bcd
	0,7	46.78 ab	0.89 de	19.07 a	7.33 abcd
	1,0	46.26 ab	2.34 abc	18.31 a	9.16 ab
	1,3	45.60 ab	3.24 a	17.86 a	9.83 a
6,0	0,4	46.70 ab	-0.52 f	20.70 a	6.33 cd
	0,7	47.03 ab	0.62 def	19.82 a	7.66 abcd
	1,0	44.35 b	2.51 abc	16.56 ab	9.33 a
	1,3	45.27 ab	2.81 ab	16.99 ab	9.83 a
6,3	0,4	45.89 ab	-0.46 f	17.25 ab	7.50 abcd
	0,7	46.98 ab	0.84 de	17.04 ab	7.50 abcd
	1,0	45.96 ab	1.59 bcd	20.34 a	8.83 abc
	1,3	46.06 ab	2.89 a	18.46 a	10.00 a
Valor de P					
LUT		0.235	0.001	0.008 (L)	0.015
CTX		0.023 (L)	<0.001	0.079	0.013
LUT x CTX		0.281	<0.001 (L)	0.062	0.045 (L)
Erro padrão		0.251	0.243	0.291	0.215
Equações de Regressão					R ²
L* = 48.0579-0.3800LUT-0.7452CTX					0.41
a* = -2.6082+0.3577LUT+1.6428CTX-0.1629LUT:CTX					0.98
b* = 15.7521+1.0722LUT					0.76
LCR=3.26947+0.76972LUT+1.52663CTX-0.15460LUT:CTX					0.91

310 LUT: Luteína; CTX: Cantaxantina; LCR: cor leque; L*: luminosidade; a*: coordenada
 311 vermelho/ver; b*: coordenada amarelo/azul; R2: coeficiente de determinação; L: efeito linear
 312 (P>5%).

313 Para LCR (escala colorimetria Roche) e a* (intensidade de verde/vermelho), o
 314 efeito linear em função da interação entre os pigmentantes mostra que a cor da gema é
 315 resultado do efeito associado dos produtos, assim como os outros parâmetros de cor, o
 316 grupo controle se diferiu dos demais.

317 A leitura de a* mostrou que o controle teve menor intensidade de cor vermelha,
 318 bem como os tratamentos com menores níveis de cantaxantina, em comparação com os
 319 demais. Enquanto que a leitura da escala colorimétrica (LCR) teve o menor valor para o
 320 grupo controle, indicando que este tinha menor intensidade de cor, os tratamentos com
 321 menores níveis de cantaxantina também apresentaram valores menores de intensidade
 322 de cor, comparados com os demais tratamentos.

323 Os valores de leitura de b*, correspondentes à intensidade de cor amarela,
 324 mostrou que o grupo controle se diferiu dos demais com menor proporção de amarelo,
 325 se comparado aos demais tratamentos, e seu efeito linear positivo em função do nível de
 326 luteína na dieta mostra que a intensidade de cor amarela é proporcional ao aumento do
 327 consumo de luteína.

328 Para parâmetros de cor analisados ao longo do tempo de consumo inicial pelas
 329 aves, nos primeiros 15 dias de experimento, os resultados de leitura em colorímetro
 330 digital mostraram que para luminosidade (L*) não houve efeito significativo (P > 0,05)
 331 ao longo do tempo de consumo, enquanto que para leituras das cores vermelho (a*) e
 332 amarelo (b*), houveram efeitos dos níveis de cataxantina e luteína, respectivamente. As
 333 equações de regressão e valores de P estão apresentados na Tabela 5.

334 Tabela 5: Equações de regressão dos parâmetros de qualidade dos ovos

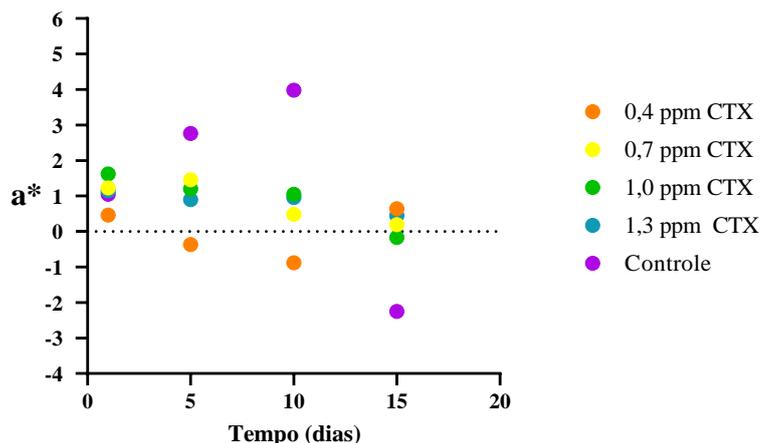
Parâmetro	Equação de Regressão	Valor de P	R ²	Erro
a* início	$a^* = -1.784 - 0.107CTX - 0.107T + 0.504CTX:T$	<0.001	0.69	0.146
b* início	$b^* = 19.128 - 0.889LUT - 2.403T + 0.555LUT:T$	0.010	0.17	0.176
L* final	$L^* = 53.241 - 1.336LUT - 1.883CTX - 1.650T - 0.164LUT:CTX:T$	0.046	0.10	0.160
a* final	$a^* = 4.328 - 0.262LUT - 0.144CTX + 1.260T + 0.001LUT:CTX:T$	<0.001	0.80	0.139
b* final	$b^* = 18.484 + 1.340LUT + 1.372CTX - 2.110T + 0.117LUT:CTX:T$	0.028	0.69	0.289

335 LUT: luteína; CTX: cantaxantina; T: tempo de armazenamento; A: ambiente de armazenamento; L*:
 336 luminosidade; a*: faixa de cor verde e vermelho; b*: faixa de cor azul e amarelo; Valor de P significativo
 337 a 5%

338

339

340

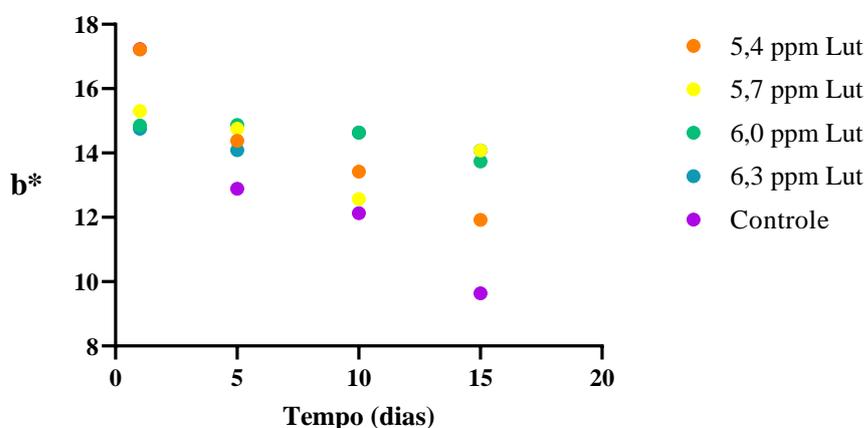


341

342 Figura 1: Cor da gema em função dos níveis de cantaxantina ao longo do tempo de
 343 consumo (intensidade de verde/vermelho)

344 A leitura de a^* (Figura 1) corresponde às faixas de cor verde (menores que zero) e
 345 vermelha (maiores que zero), portanto, a adição de cantaxantina, pigmento vermelho,
 346 resultou em aumento dos valores de a^* , ou seja, maior intensidade de cor vermelha ao
 347 longo do tempo de consumo das rações experimentais. O tratamento controle mostrou
 348 uma queda após o décimo dia de consumo, tendo em vista que a falta de pigmento
 349 vermelho na ração sem adição de pigmentantes resultou em menor intensidade de cor da
 350 gema.

351 Para valores de b^* (Figura 2), correspondente as faixas de cores azul (-) e amarelo
 352 (+), os resultados mostraram que para o controle sem adição de pigmentantes. houve
 353 uma queda após o décimo dia de consumo e até 15 dias de consumo o menor nível de
 354 luteína apresentou os menores valores em comparação aos demais níveis.

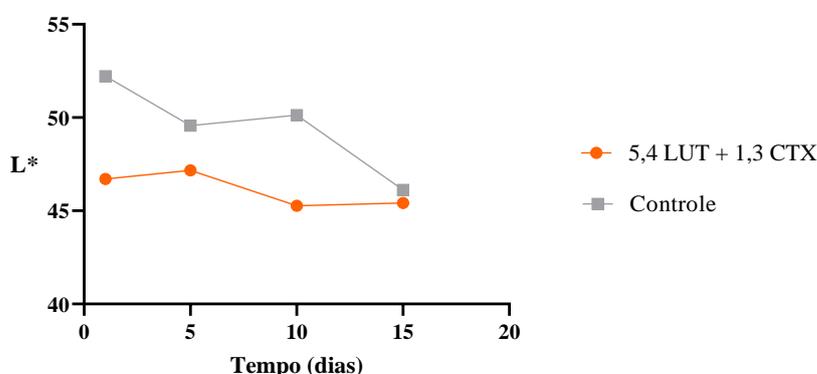


355

356 Figura 2: Cor da gema (intensidade de azul/amarelo) em função dos níveis de luteína ao
 357 longo do tempo de consumo

358 Ao fim do período experimental, as leituras de cor foram feitas de acordo com a
359 diminuição de deposição dos pigmentantes na gema, devido a pausa do consumo das
360 rações experimentais. Para valores de luminosidade (L^*), vermelho (a^*) e amarelo (b^*),
361 os resultados foram significativos ($P > 0,05$) para a interação dos níveis de luteína e
362 cantaxantina ao longo do tempo de consumo de rações a base de sorgo sem adição de
363 pigmentantes.

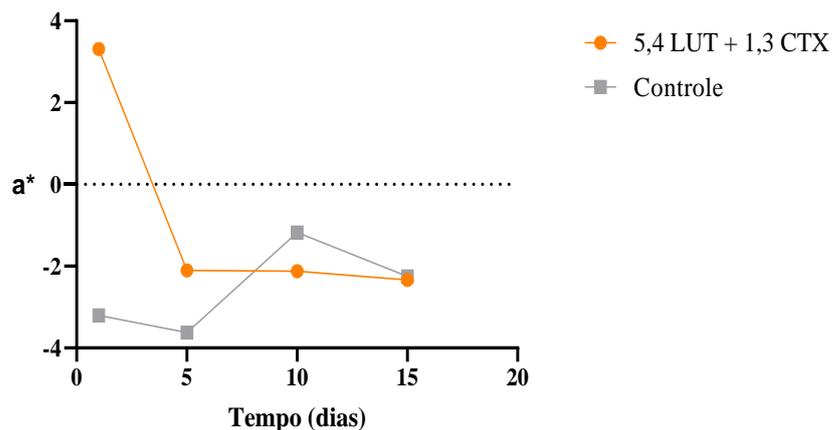
364 Para L^* (Figura 3) a comparação das médias dentro dos níveis de adição de luteína
365 e cantaxantina, mostrou que o tratamento contendo 5,5 ppm de luteína e 1,3 ppm de
366 cantaxantina, apresentou valores que se diferiram com maior luminosidade para o
367 controle e ambos mostraram valores próximos após o décimo dia de consumo de ração
368 sem pigmentantes.



369

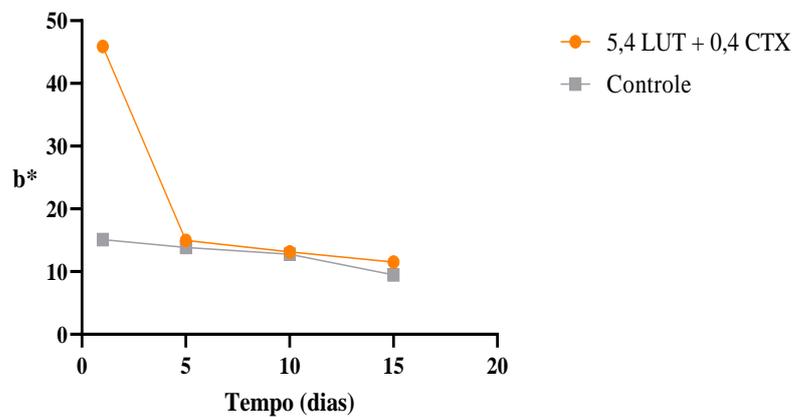
370 Figura 3: Cor da gema em função dos níveis de luteína e cantaxantina ao longo do tempo
371 de consumo de rações sem pigmentantes (luminosidade)

372 Ao fim do período de consumo das rações experimentais, os valores de a^* e b^*
373 apresentaram queda ao longo do tempo sem consumo de pigmentantes (Figuras 4 e 5),
374 se equiparando aos valores do controle ao décimo quinto dia de consumo, mostrando
375 que as intensidades de cores vermelho e amarelo foram afetadas pelo consumo de ração
376 sem adição de pigmentantes, apresentando uma queda mais visível após o quinto dia.



377

378 Figuras 4: Cor da gema (intensidade de verde/vermelho) em função dos níveis de luteína e
 379 cantaxantina ao longo do tempo de consumo de rações sem pigmentantes



380

381 Figura 5: Cor da gema (intensidade de azul/amarelo) em função dos níveis de luteína e
 382 cantaxantina ao longo do tempo de consumo de rações sem pigmentantes

383

384

385

386

387

388

389

390

391

392

394 Moura et al, (2010), observaram que o uso de sorgo em substituição total ao milho
395 não acarretou em queda no desempenho de codornas de postura, mostrando assim que é
396 viável a substituição, sem que a produtividade seja afetada. Isso se mostra um fator
397 positivo ao produtor que tem mais uma opção de uso na dieta das aves, principalmente
398 quando o milho apresentar preços mais elevados, geralmente em épocas de entressafra.

399 Outro ponto relevante, é que apesar de alguns carotenoides serem precursores da
400 vitamina A, esse fator não foi relevante para o desempenho das aves, tendo em vista que
401 apesar da grande variedade de carotenoides naturais disponíveis, apenas 10% destes
402 podem ser convertidos em vitamina A nas aves (Surai, 2003). É importante ressaltar que
403 os níveis vitamínicos fornecidos na ração estavam acima do exigido pelas aves (NRC,
404 1994), e por isso os carotenoides presentes na ração foram metabolizados e direcionados
405 para síntese da gema (órgão-alvo) (Pérez-Vendrell et al., 2001).

406 Trabalhos anteriores também apresentaram resultados similares, utilizando
407 pigmentantes em dietas à base de sorgo, sem que os parâmetros de produção e qualidade
408 de ovo fossem afetados, exceto pela cor da gema (Silva et al., 2000; Santos-Bocanegra
409 et al., 2004; Curvelo et al., 2009; Moura et al., 2011).

410 Isso demonstra que o uso de pigmentates na dieta de aves que recebem rações
411 com substituintes ao milho, pode ser feito de maneira que os custos de produção possam
412 ser minimizados sem que a produção e qualidade dos ovos sejam afetadas.

413 O escore colorimétrico da gema em função dos carotenoides teve efeitos
414 semelhantes observados por Baião et al. (1999), em pesquisa com produtos comerciais
415 derivados de marigold e páprica, os autores constataram maior eficiência dos
416 pigmentantes sintéticos em relação às fontes naturais na pigmentação da gema e
417 relataram que os pigmentantes sintéticos com maior concentração de xantofilas são mais
418 estáveis.

419 No geral, os pigmentantes depositados na gema se comportam de forma que a
420 partir de uma base amarela, nesse caso a luteína, a associação da cor vermelha, dada
421 aqui pela cantaxantina, de maneira proporcional a deposição dos dois pigmentos, irá
422 conferir uma cor laranja a gema de maior ou menor intensidade. Portanto, o fato de a
423 gema apresentar-se mais pálida ou de cor mais intensa, está diretamente associado ao
424 consumo proporcional de pigmentos amarelos e vermelhos pela ave (Amaya, 2004).

425 A eficiência de deposição também pode variar de acordo com o tipo de
426 carotenoide, Gonzales & Sartori (1999) avaliaram a deposição de carotenoides na gema
427 dos ovos e observaram maior deposição obtida com apo-ester (50%), seguido da
428 cantaxantina (45%), luteína (20%), zeaxantina (22%), capsantina (11%) e β -caroteno
429 (1%).

430 Do ponto de vista econômico, Moura et al. (2011), em estudo utilizando
431 pigmentantes naturais para codornas japonesas, relataram que a suplementação de
432 extrato de marigold em rações à base de sorgo é a mais viável do ponto de vista
433 econômico, pois, além de aumentar em apenas R\$ 0,01 por quilograma de ração,
434 proporcionou um padrão de cor equivalente ao obtido em rações à base de milho.

435 Diante disto, os resultados de coloração de gema obtidos para os níveis de 5,4ppm
436 (LUT)+1,3ppm (CTX), mostram que, dentro dessas condições experimentais, esta é a
437 melhor forma de utilização dos produtos associados, tendo em vista que proporcionou
438 os melhores parâmetros de cor de gema, utilizando o menor nível de luteína.

439 Apesar de os ovos de codornas serem comercializados e consumidos na maioria
440 das vezes íntegros, isso não diminui o fato de uma gema despigmentada poder gerar
441 insatisfação ao consumidor, por isso, o uso de pigmentantes em rações à base de sorgo é
442 uma estratégia viável para manter a cor da gema sem que a aceitabilidade pelo
443 consumidor seja afetada.

444 O tempo de consumo inicial dos pigmentantes pode ser um fator de influência na
445 deposição desses compostos na gema, Garcia et al. (2012), observaram que adição de
446 pigmentantes na dieta de codornas promoveu maior escore colorimétrico dentro de um
447 período de 12 dias de consumo, isso mostra a importância em se considerar o tempo de
448 consumo dos pigmentantes na obtenção da coloração de gema desejada. Moura et al.
449 (2011), observaram que com 11 dias de consumo inicial de carotenoides a cor da gema
450 apresentou a cor *plateau* média de 8,75 no leque colorimétrico.

451 Da mesma forma, a permanência de deposição desses compostos na gema após
452 cessar o consumo dos pigmentantes na ração, mostra que em um período de até cinco
453 dias ainda pode haver influência dos carotenoides consumidos em dias anteriores sendo
454 ainda depositados e conferindo cor a gema. Podendo este ser um parâmetro considerado
455 pelo produtor no gerenciamento de fornecimento do produto, sabendo o tempo que este
456 poderá proporcionar a coloração a gema, sendo assim, o fornecimento pode ser cessado
457 contando com um período de até cinco dias de deposição de pigmentantes
458 remanescentes do consumo das aves

459

3.5 Conclusão

460 O uso de luteína e cantaxantina na dieta não interferem no desempenho e
461 qualidade de ovos das codornas. A cor da gema está diretamente ligada ao consumo de
462 pigmentantes pelas codornas. Dentro dessas condições, a melhor utilização dos produtos
463 associados, é de 5,4 ppm de luteína com 1,3 ppm de cantaxantina, conferindo uma cor
464 de gema com classificação 8 na escala colorimétrica. No fornecimento do produto para
465 as aves, o produtor pode considerar um período de até cinco dias de deposição
466 remanescente dos pigmentantes na gema após o término do consumo. O sorgo pode ser
467 usado em rações para codornas japonesas de postura, desde que sejam usados aditivos
468 com objetivo de fornecer carotenoides que conferem cor à gema.

469

470

471

472

473

474

475

476

477

478

479

480

481

482

483

484

485

486

487

488

489

490

3.5 Referências

491

492 AMAYA E; BECQUET P; CARNÉ S; PERIS S; MIRALLES P. Carotenoids in Animal
493 Nutrition. **Fefana**, 2014.

494 BAIÃO, N.C.; MENDEZ, J.; MATEOS, J. et al. Pigmenting efficacy of several
495 oxycarotenoids on egg yolk. *Journal Applied of Poultry Research*, v.8, n.4, p.472-
496 479, 1999.

497 CURVELO, E.R; GERALDO, A; SILVA, L.M; ANTOS, T, A; FILHO, J.A.V; PINTO,
498 E.R.A; OLIVEIRA, M.L.R; FERREIRA, C.B. Níveis de inclusão de extrato de
499 urucum e açafrão em dietas para poedeiras semipesadas e seus efeitos sobre o
500 desempenho e coloração da gema dos ovos. In: II Semana de Ciência e
501 Tecnologia do IFMG campus Bambuí II Jornada Científica 19 a 23 de Outubro de
502 2009.

503 MOURA A. M. A; TAKATA, F. N; NASCIMENTO G. R; SILVA, A. F; MELO, T. V;
504 CECON, P. R. Pigmentantes naturais em rações à base de sorgo para codornas
505 japonesas em postura. **R. Bras. Zootec.**, v.40, n.11, p.2443-2449, 2011.

506 MOURA, A.M.A.; FONSECA, J.B.; RABELLO, C.B.V. et al. Desempenho e qualidade
507 de ovos de codornas alimentadas com rações à base de sorgo. *Revista Brasileira*
508 *de Zootecnia*, v.39, p.2697-2702, 2010.

509 NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. Nutrient requirements of poultry. 9.ed.
510 Washington: National Academic Science, 1994. p.44-45.

511 PÉREZ-VENDRELL, A.M.; HERNANDEZ, J.M.; LLAURADO, L. et al. Influence of
512 source and ratio of xanthophyll pigments on broiler chicken pigmentation and
513 performance. **Poultry Science**, v.80, n.3, p.320-326, 2001.

514 SANTOS-BOCANEGRA, E.; OSPINA-OSORIO, X.; OVIEDORONDÓN, E.O.
515 Evaluation of xanthophylls extracted from *Tagetes erectus* (marigold flower) and
516 *Capsicum Sp.* (red pepper paprika) as a pigment for egg-yolks compare with
517 synthetic pigments. *International Journal of Poultry Science*, v.3, n.11, p.685-689,
518 2004.

519 SILVA J. H. V; ALBINO L. F. T; GODÓI M. J. S. Efeito do Extrato de Urucum na
520 Pigmentação da Gema dos Ovos. **Revista brasileira de zootecnia**, v. 29 n.5,
521 1435-1439, 2000.

522 SURAI, P.F. Natural antioxidants in avian nutrition and reproduction. Nottingham:
523 Nottingham University Press, 2003. 614p.

524

525

526

527

528

529

530

531

532

533

534

535

536

537

538

539

540

541

542

543 **IV – Temperatura e período de armazenamento de ovos de codornas alimentadas**
544 **com dietas à base de sorgo contendo pigmentantes**

545 **RESUMO** – Este estudo teve como objetivo avaliar diferentes níveis de inclusão dos
546 carotenoides luteína e cantaxantina em função do ambiente e período de
547 armazenamento. Foram utilizados cerca de 1020 ovos de codornas de postura
548 alimentadas com dietas à base de sorgo contendo diferentes níveis de pigmentantes.
549 Esses ovos foram divididos em grupos armazenados em temperatura ambiente e
550 refrigerados nos períodos de 15, 30 e 45 dias e, ao final, parâmetros de qualidade foram
551 avaliados. Os resultados mostraram que o nível de inclusão de 5,4 ppm de luteína e 1,3
552 ppm de cantaxantina resultaram em melhores valores dentro das diferentes temperaturas
553 e tempos de armazenamento para parâmetros de Unidade Haugh, índice de gema e pH
554 de albúmen e gema. Dessa forma, o melhor uso de luteína, considerando os parâmetros
555 avaliados foram de 5,4 ppm e de cantaxantina de 1,3 ppm, sendo estes os níveis
556 menores de utilização dos produtos que resultaram em melhores valores de parâmetros
557 de qualidade.

558 **Palavras chave:** carotenoides, cantaxantina, cor, estocagem, gema, luteína, qualidade
559 de ovos

560

561

562

563

564

565

566

567

568

569

570 **IV - Temperature and storage period of quail eggs fed with sorghum-based diets**
571 **containing pigmentants**

572 **ABSTRACT** - This study aimed to evaluate different levels of inclusion of carotenoids
573 lutein and canthaxanthin depending on the environment and storage period. About 1020
574 eggs from laying quails fed with sorghum - based feeds containing different levels of
575 pigment were used. These eggs were divided into groups stored at room temperature
576 and refrigerated at 15, 30 and 45 days, and at the end quality parameters were evaluated.
577 The color was evaluated in the first 15 and last 15 days of consumption of the
578 experimental rations by the birds to follow the deposition of the pigment compounds in
579 the yolk during those periods. The results showed that the inclusion level of 5.4 ppm of
580 lutein were different within the environments and storage time for parameters of Haugh
581 Unit, gem index and albumin and gem pH. For color parameters, it was found that
582 cantaxanthin levels initially influenced the red and lutein levels influenced the yellow
583 color readings, while in the final period the interaction of the levels of 5.4 ppm lutein
584 and 1.3 ppm of canthaxanthin gave better color parameters up to 10 days after the end
585 of pigment consumption. Thus, the best use of lutein, considering the parameters
586 evaluated was 5.4 ppm and canataxanthin 1.3 ppm.

587 **Key words:** carotenoids, canthaxanthin, color, storage, yolk, lutein, egg quality

588

589

590

591

592

593

594

595

596

597

600 O ovo é um dos alimentos mais completos para alimentação humana, apresenta
601 em sua composição proteína de excelente valor biológico, que reúne a maior parte dos
602 aminoácidos essenciais para nutrição humana, vitaminas, minerais e ácidos graxos.
603 (Terra, 1999). Além disso, é fonte de proteína de baixo custo, sendo um possível
604 substituto das demais proteínas de origem animal. No entanto, sua adequada
605 conservação até o momento de seu preparo, é fundamental para que todas essas
606 características nutricionais sejam mantidas. (Ramos et al., 2010).

607 Desde o momento da postura, à medida que se aumenta o tempo após a deposição
608 do ovo, o albúmen denso torna-se líquido devido a inúmeras reações químicas que
609 ocorrem em seu interior, que possivelmente envolvem ácido carbônico (H_2CO_3) e o
610 aumento do pH do albúmen. O ácido carbônico, um dos componentes do sistema
611 tampão do albúmen, dissocia-se formando água e gás carbônico (Moura et al., 2008).

612 Sob condições naturais, os gases produzidos se difundem através da casca e se
613 perdem no ambiente. Devido a essa liberação, o pH do albúmen aumenta, diminuindo
614 sua acidez e provocando a dissociação química do complexo proteico. Observa-se
615 também a perda do peso do ovo e o movimento de líquido do albúmen para a gema.
616 Desta maneira, a qualidade interna do ovo é intensamente afetada pelo tempo de
617 estocagem (Figueiredo, 2008).

618 Dentre as características indicativas de qualidade de ovos, está a cor da gema, que
619 geralmente é associada a frescor e viabilidade de consumo do produto, sendo um dos
620 critérios de escolha pelo consumidor. Em rações à base de sorgo, a cor da gema é uma
621 das características que geralmente se altera em comparação ao uso de outros grãos
622 convencionais como o milho, por exemplo, e para complementar seu uso é necessário,
623 portanto, a adição de fontes de carotenoides na ração com objetivo de manter a cor da
624 gema e que podem trazer outros benefícios às características de qualidade do ovo
625 (Moura, 2011).

626 Além de conferir cor aos tecidos, os carotenoides estão ligados a importantes
627 atividades biológicas, seus efeitos benéficos estão relacionados à atividade antioxidante,
628 proteção contra efeitos oxidativos em componentes celulares, ação anti-inflamatória e
629 prevenção de doenças crônicas, podendo ter, portanto, funções tanto para conservação
630 do produto quanto para promover benefícios à saúde do consumidor final (Volp et al.,
2009).

631 Dessa forma, o objetivo deste estudo é observar a influência da temperatura e
632 período de armazenamento de ovos de codornas de postura alimentadas com dietas à
633 base de sorgo contendo diferentes níveis de luteína e cantaxantina.

634

635

636

637

638

639

640

641

642

643

644

645

646

647

648

649

650

651

652

653

654

655

656

4.2 Materiais e Métodos

657 *Animais e instalações*

658 O experimento foi realizado na no setor de Coturnicultura da Fazenda Experimental
659 de Iguatemi (FEI), pertencente a UEM, no período de maio a julho de 2018, para
660 determinação de parâmetros de desempenho e qualidade de ovos de codornas japonesas
661 (*Coturnix coturnix japonica*).

662 As aves foram alojadas em galpão de postura, tipo convencional, com cobertura de
663 telha de barro, piso e paredes laterais de alvenaria com 0,50 m de altura, completadas
664 com tela de arame até o telhado e cortinas laterais móveis, contendo gaiolas de arame
665 galvanizado, dispondo de bebedouros tipo nipple e de comedouro tipo calha, durante
666 todo o período experimental.

667 Utilizou-se um programa de luz de 17 horas por dia (iluminação natural +
668 artificial), sendo controlado com o auxílio de relógio automático (timmer). A
669 intensidade luminosa utilizada foi de 21 lumens/m². Água e ração foram fornecidas à
670 vontade durante todo período experimental. A temperatura (média: 17,5°C; mínima:
671 14,1°C e máxima: 25,8°C) e a umidade relativa do ar (média: 74,6%; mínima: 50,5% e
672 máxima: 82,2%) foram registradas sempre no período da manhã, por intermédio de
673 termohigrômetros de bulbo seco de máxima e mínima.

674 *Delineamento experimental e dietas*

675 A ração basal foi formulada com sorgo e farelo de soja, levando em consideração
676 os valores de composição química e energética dos alimentos proposto por Rostagno et
677 al. (2017). Para atender às exigências nutricionais das codornas, foi adotado as
678 recomendações preconizadas pelo NRC (1994) para as codornas de postura (Tabela 1).
679 Os produtos foram incorporados em combinações de níveis diferentes totalizando 17
680 tratamentos sendo um controle que consistiu na ração basal sem adição de
681 pigmentantes.

682 As aves inicialmente foram pesadas individualmente e distribuídas nos tratamentos
683 pelo peso médio da parcela, apresentavam peso médio de 158,1g e produção de ovos
684 médio de 79,7%.

685

686

687

Tabela 1 - Composição da ração referência

Ingrediente	Composição percentual da ração (%)
Sorgo (Baixo Tanino)	54,71
Farelo de Soja (45%)	29,95
Foscálcio	1,12
Calcário	7,62
Óleo de soja	4,88
Suplemento vit./min ¹	0,40
Sal comum	0,33
L-Lisina HCL	0,29
DL-Metionina	0,46
L-Treonina	0,11
L-Triptofano	0,02
BHT ²	0,01
Inerte+Pigmentantes ³	0,10
Total	100
Composição calculada (%)	
Energia Metabolizável (Mcal/kg)	2,900
Proteína Bruta (%)	19,00
Cálcio (%)	2,99
Fósforo disponível (%)	0,31
Sódio (%)	0,15
Potássio (%)	0,19
Cloro (%)	0,24
Met + cist digestível (%)	0,94
Lisina digestível (%)	1,15
Treonina digestível (%)	0,70
Triptofano digestível (%)	0,24

689 ¹Suplemento vitamínico e mineral – Níveis de garantia por kg de ração: Vit. A – 18.000 UI; Vit. D3 –
690 5.000 UI; Vit. E – 16 mg; Vit. B1 – 1,112 mg; Vit. B2 – 8 mg; Vit. B6 – 2,100 mg; Vit. B12 – 20 mcg;
691 Vit. K3 – 4,028 mg; Pantotenato de Cálcio – 16 mg; Niacina – 40 mg; Colina – 560 mg; Antioxidante
692 (Butil Hidroxi Tolueno – BHT) – 20 mg; Zinco – 126 mg; Ferro – 98 mg; Manganês – 155 mg; Cobre –
693 30,624 mg; Cobalto – 0,4 mg; Iodo – 1,936 mg; Selênio – 0,508 mg; Veículo Q.S.P. (Caulin) – 4 g; ²BHT
694 (Butil Hidroxi Tolueno); 4EM: energia metabolizável; ³Areia lavada + níveis de pigmentantes
695 correspondentes a cada tratamento.

696 Foram utilizadas 680 codornas de postura, com 64 semanas de idade, distribuídas
697 em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4 x 4, sendo quatro
698 níveis de luteína (LUT) (5,4; 5,7; 6,0 e 6,3 ppm) e quatro níveis de cantaxantina (CTX)
699 (0,4; 0,7; 1 e 1,3 ppm), e um grupo controle sem adição de pigmentantes, totalizando 17
700 tratamentos, com 5 repetições de 8 aves/unidade experimental, somando um total de 85
701 unidades experimentais.

702 A fonte natural de luteína utilizado foi o extrato de Flor de Marigold, com níveis
703 garantidos de 30% de luteína, sendo assim utilizado em quantidades proporcionais para
704 atingir a quantidade desejada para cada tratamento. Para cantaxantina, utilizou-se o
705 pigmentante sintético, ambos comercializados em pó.

706 *Armazenamento dos ovos*

707 Ao final do último ciclo, durante cinco dias, todos os ovos produzidos foram
708 colhidos e selecionados, com base na ausência de rachaduras, manchas ou sujeiras na
709 casca, 54 ovos de cada tratamento. Posteriormente, estes foram identificados, colocados
710 em bandeja de papelão, e acondicionados em diferentes ambientes de conservação
711 (temperatura ambiente 17°C; temperatura refrigerada 5°C) e submetidos a diferentes
712 períodos de armazenamento (15, 30 e 45 dias).

713 Em cada período e ambiente de conservação, foram selecionados seis ovos por
714 tratamento para avaliação da qualidade interna. As características avaliadas foram: peso
715 médio dos ovos (g), gravidade específica (g/ml), índice de gema, % de casca, % de
716 gema, % de albúmen, pH de albúmen e gema.

717 Entre as medidas de qualidade, a gravidade específica foi obtida através do método
718 de imersão de todos os ovos em diferentes concentrações de solução salina (densímetro
719 de Baumé variando 0,005 g mL desde 1,060 a 1,090 g mL) de acordo com a
720 metodologia descrita por Hamilton (1982).

721 Para as análises de qualidade interna, os ovos foram selecionados de acordo com o
722 peso médio da UE, identificados e pesados individualmente. Após a pesagem, foram
723 quebrados para a determinação da altura (mm) e do diâmetro (mm) da gema e do
724 albúmen utilizando paquímetro digital (Digimess, com precisão de 0,02 mm).

725 A determinação da altura da gema foi realizada no seu ponto mais alto e para a
726 altura do albúmen, a medida foi realizada na região mais próxima à gema. O diâmetro
727 foi obtido pela média de duas mensurações transversais tanto da gema quanto do
728 albúmen. Posteriormente, por meio destes dados foi possível determinar o índice de

729 gema (IG), dado por: $IG = (\text{altura de gema (mm)} / \text{diâmetro de gema (mm)}) \times 100$ e a
730 Unidade Haugh (UH), calculada de acordo com Card e Nesheim (1966), considerando a
731 altura do albúmen (A) e o peso do ovo (PO): $UH = 100 \log (A + 7,57 - 1,7 \times PO^{0,37})$.

732 A gema e o albúmen foram separados para a pesagem em balança de precisão, e o
733 peso da casca foi obtido subtraindo-se do peso do ovo, os pesos da gema e do albúmen.
734 Os dados de peso permitiram quantificar as porcentagens de gema, albúmen e casca em
735 relação ao peso do ovo, de acordo com a equação: % do componente = (peso do
736 componente (g) / peso do ovo (g)) x 100. O pH da gema e albúmen foram mensurados
737 com o uso de pHmetro digital.

738 *Análise estatística*

739 A análise estatística dos dados foi realizada utilizando o programa estatístico R (R
740 Studio), segundo o modelo:

$$741 \quad Y_{ijklm} = b_0 + b_1L_i + b_2C_j + b_3T_k + b_4A_l + b_5L_i^2 + b_6C_j^2 + b_7T_k^2 + b_8A_l^2 + \\ 742 \quad b_9LCTA_{ijkl} + FA + e_{ijklm}$$

743 Y_{ijklm} = variável medida na unidade experimental m, alimentada com dieta
744 contendo o nível i de luteína e o nível j de cantaxantina dentro do tempo k e ambiente l
745 de armazenamento;

746 b_0 = constante geral;

747 b_1 = coeficiente de regressão linear em função do nível de luteína;

748 L_i = nível de luteína para codornas em fase de postura; $L_1 = 5,4$ ppm; $L_2 = 5,7$
749 ppm; $L_3 = 6,0$ ppm e $L_4 = 6,3$ ppm;

750 C_j = nível de cantaxantina para codornas em fase de postura: $C_1 = 0,4$ ppm; $C_2 =$
751 $0,7$ ppm; $C_3 = 1$ ppm e $C_4 = 1,3$ ppm;

752 b_2 = coeficiente de regressão linear em função do nível de cantaxantina;

753 b_3 = coeficiente de regressão linear em função do tempo de armazenamento (1, 15,
754 30, 45);

755 b_4 = coeficiente de regressão linear em função do ambiente de armazenamento
756 (temperatura ambiente ou refrigerado);

757 b_5 = coeficiente de regressão quadrática em função do nível de luteína;

758 b_6 = coeficiente de regressão quadrática em função do nível de cantaxantina;

759 b_7 = coeficiente de regressão quadrática em função do tempo de armazenamento;

760 b8 = coeficiente de regressão quadrática em função do ambiente de
761 armazenamento;

762 b9 = coeficiente de regressão linear em função da interação entre os níveis de
763 cataxantina e luteína, tempo e ambiente de armazenamento;

764 FA = falta de ajustamento do modelo de regressão;

765 eijklm = erro aleatório associado a cada observação.

766 A comparação entre as médias de qualidade foi realizada pelo teste de Tukey, ao
767 nível de 5% de significância.

768

769

770

771

772

773

774

775

776

777

778

779

780

781

782

783

784

785

4.3 Resultados

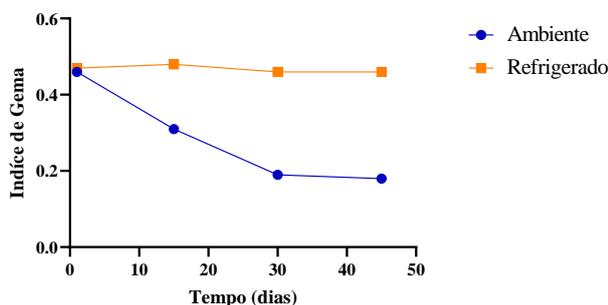
786 Para os parâmetros de qualidade gravidade específica (GE), porcentagens de
 787 albúmen e casca não foram observadas diferenças, mostrando que dentro das condições
 788 experimentais esses parâmetros não foram influenciados pelo tempo ou condição de
 789 armazenamento. As equações de regressão e valores de P estão apresentados na Tabela
 790 2.

791 Tabela 2: Equações de regressão dos parâmetros de qualidade dos ovos

Parâmetro	Equação de Regressão	Valor de P	R ²	Erro
Unidade Haugh	$UH = 88.080 + 3.131LUT - 4.367T - 0.394A + 1.807LUT:T:A$	0.009	0.56	0.308
Índice de Gema	$IG = 0.559 - 0.184T - 0.046A + 0.089T:A$	< 0.001	0.90	0.006
% Gema	$\%G = 23.557 + 0.715LUT + 8.675T + 3.851A + 0.652LUT:T:A$	0.047	0.55	0.325
pH de gema	$pHg = 5.711 + 0.394T + 0.208A - 0.168T:A$	0.012	0.43	0.018
pH albúmen	$pHa = 9.104 + 3.790T + 2.938A - 4.910T:A$	0.028	0.11	0.009

792 LUT: luteína; CTX: cantaxantina; T: tempo de armazenamento; A: ambiente de armazenamento; L*:
 793 luminosidade; a*: faixa de cor verde e vermelho; b*: faixa de cor azul e amarelo; Valor de P significativo
 794 a 0,05

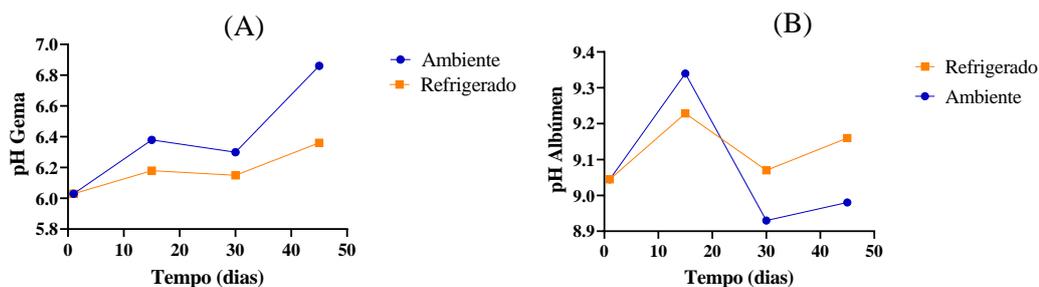
795 Para os parâmetros de índice de gema (IG), e pH de gema e albúmen os efeitos (P >
 796 0,05) foram observados em função do tempo e ambiente de armazenamento, onde para
 797 índice de gema (Figura 1) os resultados para o grupo mantido sob refrigeração
 798 mostraram-se constantes próximos de 0,4 enquanto que para o grupo mantido em
 799 temperatura ambiente os resultados ficaram abaixo de 0,2 após quarenta dias de
 800 armazenamento.



801

802

Figura 1: Índice de gema sob diferentes tempos e condições de armazenamento

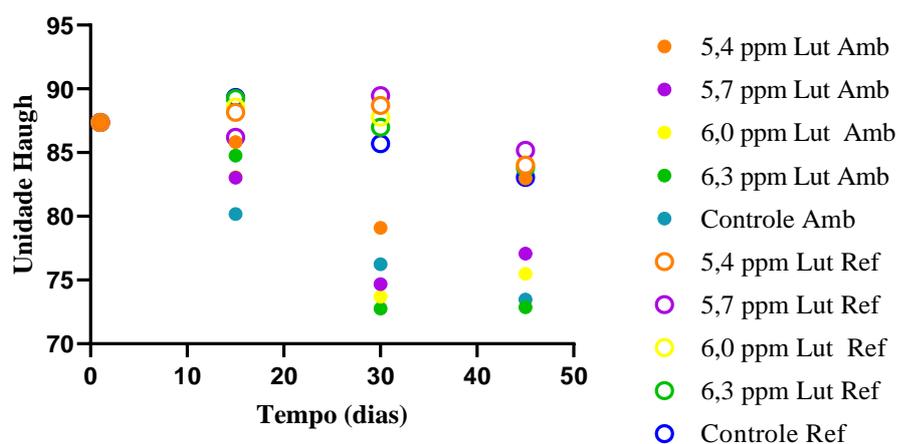


803

804 Figuras 2: pH de gema (A); pH de albúmen (B) sob diferentes tempos e condições de
805 armazenamento

806 Para valores de pH (Figura 2), para gema (A) até trinta dias de armazenamento em
807 temperatura ambiente, os valores se mantiveram próximos de 6,3 enquanto que sob
808 refrigeração os valores ficaram próximos de 6,1 dentro do mesmo período de
809 armazenamento. Para albúmen (A), o pH apresentou uma queda após o décimo quinto
810 dia de armazenamento de 9,3 para 8,9 em temperatura ambiente e sob refrigeração
811 dentro do mesmo período os valores apresentaram uma queda menos acentuada de 9,2
812 para 9,0 aos trinta dias.

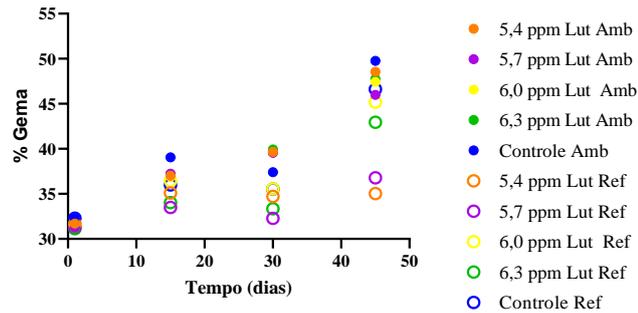
813 Houve efeito significativo para parâmetros de Unidade Haugh (Figura 3), entre os
814 níveis de luteína dentro dos diferentes tempos e ambientes de armazenamento dos ovos,
815 sendo que para condições de armazenamento em temperatura ambiente o tratamento
816 contendo 5,4 ppm de luteína apresentou médias superiores aos demais níveis nas
817 mesmas condições de armazenamento, e de maneira geral, os ovos mantidos sob
818 refrigeração obtiveram valores de Unidade Haugh superiores aos ovos mantidos em
819 temperatura ambiente.



820

821 Figura 3: Unidade Haugh dos ovos em função dos diferentes níveis de luteína (Lut), tempo
822 e condição de armazenamento (Ambiente ou Refrigerado)

823 Resultados significativos para os níveis de luteína em função do ambiente e tempo
 824 de armazenamento também foram observados para porcentagem de gema (Figura 4).
 825 Sendo que para o tratamento de 5,4 ppm de luteína, mantidos sob refrigeração até 45
 826 dias de armazenamento, apresentou menores valores de porcentagem de gema em
 827 relação aos demais tratamentos sob as mesmas condições. Maiores valores de
 828 porcentagem de gema indicam maiores pesos de gema, ou seja, maior concentração de
 829 água advinda do albúmen.



830

831 Figura 4: Porcentagem de gema dos ovos em função dos diferentes níveis de luteína (Lut),
 832 tempo e condição de armazenamento (Ambiente ou Refrigerado)

833

834

835

836

837

838

839

840

841

842

843

844

846 Normalmente ocorre a perda gasosa e de água pelo ovo em função do período de
847 estocagem, no entanto, essas perdas podem ser minimizadas sob condições adequadas
848 de armazenamento. Isto foi observado no presente trabalho, a qual a estocagem de ovos
849 sob refrigeração melhorou os parâmetros de qualidade longo do período de
850 armazenamento. Resultados semelhantes foram observados por Barbosa et al., (2008);
851 Santos et al., (2009) e Rosa et al., (2018) que testaram o efeito da temperatura e período
852 de armazenamento de ovos sob parâmetros de qualidade. Os autores observaram que
853 para ovos mantidos sob refrigeração, os valores indicativos de qualidade foram
854 superiores aos ovos mantidos em temperatura ambiente.

855 A liquefação do albúmen é um sinal de perda de qualidade. Quando um ovo fresco
856 é quebrado em uma superfície lisa, a gema permanece em uma posição central cercada
857 por albúmen espesso. Quando um ovo velho é quebrado fora, a gema é achatada e
858 muitas vezes deslocada para um lado e o albúmen torna-se mais fino, resultando numa
859 maior área de albúmen líquido (Karui et al., 2006).

860 O deslocamento de água do albúmen para a gema, juntamente com a perda de água
861 do albúmen para o meio ambiente, resulta em menor peso do ovo e a porcentagem da
862 gema dos ovos armazenados em temperatura ambiente apresenta maior valor do que os
863 armazenados sob refrigeração. A água resultante das reações químicas do albúmen, que
864 ocorrem mais rapidamente quando os ovos são estocados à temperatura ambiente, passa
865 para a gema, aumentando seu peso (Figueiredo et al., 2011).

866 O pH da albumina de um ovo recém-colocados é entre 7,6 e 8,5. Durante o
867 armazenamento, o pH de albúmen pode aumentar a uma taxa dependente da
868 temperatura para um valor de aproximadamente 9,7. O aumento do pH do albúmen é
869 causado pela perda de dióxido de carbono através dos poros da casca. Dessa forma, o
870 pH do albúmen depende do equilíbrio entre o dióxido de carbono dissolvido, íons
871 bicarbonatos, íons carbonato e proteínas (Karui et al., 2006).

872 Com relação ao efeito do período de armazenamento e temperatura nas
873 propriedades físico-químicas dos ovos, Lee et al. (2016), observaram um aumento
874 significativo no pH do albúmen com o aumento do tempo de armazenamento e
875 temperatura. O pH do albúmen não foi afetado pelo tempo de armazenamento em 2 °C.
876 O valor de pH da gema aumentou significativamente com o aumento do período de
877 armazenamento. Outros estudos também relataram que o pH da gema foi

878 significativamente afetado por período e temperatura de armazenamento (Samli et al.,
879 2005; Akyurel e Okur, 2009; Jin et al., 2011).

880 Com o aumento do período de armazenamento e temperatura, a deterioração da
881 qualidade dos ovos pode ser principalmente atribuída à perda de água por evaporação
882 através dos poros na casca e a fuga de dióxido de carbono do albúmen (Robinson, 1987;
883 Samli et al., 2005).

884 A temperatura de armazenamento dos ovos e o período de armazenamento são os
885 fatores importantes a serem considerados para qualidade dos ovos de codornas. No
886 entanto, mesmo em condições de temperatura de armazenamento menos favoráveis à
887 conservação, a deposição de luteína nos ovos no nível de 5,4 ppm ajudou na
888 manutenção de características indicativas de qualidade como Unidade Haugh e % de
889 gema, podendo-se atribuir ao fato de ter propriedades antioxidantes que auxiliem na
890 conservação retardando processos de degradação da proteína do albúmen possibilitando
891 que a qualidade seja mantida por mais tempo.

892

893

894

895

896

897

898

899

900

901

902

903

904

Conclusão

905
906
907
908
909
910
911
912
913
914
915
916
917
918
919
920
921
922
923
924
925
926
927
928
929
930

O tempo de consumo de pigmentantes na ração por codornas de postura está diretamente ligado a deposição desses compostos na gema, sendo, portanto, um parâmetro de avaliação do melhor momento de iniciar o fornecimento bem como cessá-lo de acordo com o interesse do produtor em obter a cor de gema desejada tendo em vista que em até dez dias após cessar o consumo ainda pode haver deposição de carotenoides remanescentes na gema.

Para os demais parâmetros de qualidade a luteína a 5,4 ppm pode ser o melhor nível de inclusão tendo em vista que proporcionou os melhores valores de qualidade, além de ser o menor nível fornecido, o que pode representar uma melhor eficiência no uso do produto bem como melhor retorno econômico.

931

Referências

- 932 AKYUREK, H; OKUR, A. A. Effect of storage time, temperature and hen age on egg
933 quality in free-range layer hens. **Journal Animal Vet. Adv.** 8:1953-1958, 2009.
- 934 BARBOSA, N.A.A.; SAKOMURA, N.K.; MENDONÇA, M.O.; FREITAS, E.R.;
935 FERNANDES, J.B.K. Qualidade de ovos comerciais provenientes de poedeiras
936 comerciais armazenados sob diferentes tempos e condições de ambientes. **Ars**
937 **Veterinária**, v.24, n.2, p.127-133, 2008.
- 938 FIGUEIREDO, T.C., CANÇADO, S.V., VIEGAS, R.P., RÊGO, I.O.P., LARA, L.J.C.,
939 Souza, M.R., BAIÃO, N.C. Qualidade de ovos comerciais submetidos a diferentes
940 condições de armazenamento. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e**
941 **Zootecnia**, v.63, n.3, p.712-720, 2011.
- 942 HARDER, M. N. C; BRAZACA, S. G. C; SAVINO, V. J. M.; COELHO, A. A. D.;
943 Efeito de *Bixa orellana* na alteração de características de ovos de galinhas. **Ciência e**
944 **Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 4, p. 1232-1237, 2008.
- 945 JIN, Y. H; LEE, K.T; LEE, W. I; HAN, Y. K. Effects of storage temperature and time
946 on the quality of eggs from laying hens at peak production. **Asian-Aust J Anim Sci**
947 24:279- 284, 2011.
- 948 KAROUI, R.; KEMPS, B.; BAMELIS, F.; DE DE KETELAERE, B.; DECUYPERE,
949 E.; DE BAERDEMAEKER, J. Methods to evaluate egg freshness in research and
950 industry: a review. **European Food Research and Technology**, v. 222, p. 727-732,
951 2006.
- 952 LEE, M. H; CHO, E. J; CHOI, E. S; SOHN S. H. The Effect of Storage Period and
953 Temperature on Egg Quality in Commercial Eggs. **Korean Journal Poultry**
954 **Science**, Vol.43, No.1, 31-38, 2016.
- 955 MOURA A. M. A; TAKATA, F. N; NASCIMENTO G. R; SILVA, A. F; MELO, T. V;
956 CECON, P. R. Pigmentantes naturais em rações à base de sorgo para codornas
957 japonesas em postura. **R. Bras. Zootec.**, v.40, n.11, p.2443-2449, 2011.

958 ROBINSON, D. S. The chemical basis of albumen quality. In: Egg Quality-Current
959 Problems and Recent Advances. R. G. Wells and C. G. Belyavin, ed. **Butterworths**,
960 London. pp. 179-191, 1987.

961 ROSA, D. P. Efeito da cantaxantina sobre a vida de prateleira e qualidade de ovos de
962 poedeiras comerciais alimentadas com milho ou sorgo. **Universidade Federal de**
963 **Santa Maria**. tese de doutorado, Santa Maria-RS, 2018.

964 SANTOS, M. S. V.; ESPINDOLA, G. B.; LOBO, R. N. B.; FREITAS, E. R.;
965 GUERRA, J. L. L.; SANTOS, A. B. E. Efeito da temperatura e estocagem em ovos.
966 **Ciênc. Tecnol. Aliment.** vol.29 no.3 Campinas July/Sept. 2009.

967 SAMLI, H. E; AGMA, A; SENKOYLU, N. Effects of storage time and temperature on
968 egg quality in old laying hens. **J. Appl. Poult. Res.** 14:548-553, 2005.

969

970

971

972

973

974

975

976

977

978

979

980

981

982

983

984

985

IV - CONSIDERAÇÕES FINAIS

986

987

988

989

990

991

992

Este estudo demonstrou que o uso de pigmentantes em rações à base de sorgo para codornas de postura é uma estratégia de grande importância, se tratando da manutenção das características de cor da gema, para que a comercialização do ovo e sua aceitabilidade pelo consumidor não sejam afetadas. Os níveis de inclusão de 5,4 e 1,3 ppm de luteína e cantaxantina, respectivamente, foram observados como os mais viáveis para obtenção da melhor cor de gema com maior eficiência no uso dos produtos.

993

994

995

996

997

998

999

Os resultados encontrados foram obtidos a partir de variáveis de desempenho e qualidade interna dos ovos. Avaliações mais precisas da deposição dos carotenoides no ovo podem ser relevantes para complemento de pesquisas relacionadas a esse assunto para obtenção de respostas que possam explicar melhor o metabolismo e utilização desses compostos em dietas para codornas de postura.