

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**Douglas Vanderlei Bonamigo**

**ASSOCIAÇÃO DE CANTAXANTINA E  
25-HIDROXICOLECALCIFEROL NA ALIMENTAÇÃO DE  
FRANGOS DE CORTE**

**Santa Maria, RS  
2017**

**Douglas Vanderlei Bonamigo**

**ASSOCIAÇÃO DE CANTAXANTINA E 25-HIDROXICOLECALCIFEROL  
NA ALIMENTAÇÃO DE FRANGOS DE CORTE**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Área de Concentração em Produção Animal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Zootecnia.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Pires Rosa

Santa Maria, RS  
2017

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Vanderlei Bonamigo, Douglas  
ASSOCIAÇÃO DE CANTAXANTINA E 25-HIDROXICOLECALCIFEROL  
NA ALIMENTAÇÃO DE FRANGOS DE CORTE / Douglas Vanderlei  
Bonamigo.- 2017.  
81 p.; 30 cm

Orientador: Alexandre Pires Rosa  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa  
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-  
Graduação em Zootecnia, RS, 2017

1. Antioxidantes 2. Black Bone Syndrome 3. coloração  
de carcaça 4. qualidade óssea I. Pires Rosa, Alexandre II.  
Título.

---

©2017

Todos os direitos autorais reservados a Douglas Vanderlei Bonamigo. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

E-mail: douglasbonamigo@hotmail.com

---

**Douglas Vanderlei Bonamigo**

**ASSOCIAÇÃO DE CANTAXANTINA E 25-HIDROXICOLECALCIFEROL  
NA ALIMENTAÇÃO DE FRANGOS DE CORTE**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Área de Concentração em Produção Animal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Zootecnia.

**Aprovado em 21 de fevereiro de 2017:**

---

**Alexandre Pires Rosa, Dr.** (UFSM)  
(Presidente/Orientador)

---

**Jovanir Inês Muller Fernandes, Dra.** (UFPR)

---

**Priscila Ferreira Becker, Dra.** (UNIPAMPA)

Santa Maria, RS  
2017

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que, de alguma forma, contribuíram para a conclusão deste estudo, e de uma maneira especial, agradeço:

- a Deus pelo dom da vida.
- aos meus pais Claiton e Lenice e, minha irmã Driele pela confiança, paciência, auxílio financeiro e pelo apoio nos momentos difíceis.
- ao Prof. Dr. Alexandre Pires Rosa pela oportunidade, paciência, amizade, atenção, aprendizado e pela orientação durante o curso de Mestrado.
- a Universidade Federal de Santa Maria, pela oportunidade de realizar o Mestrado em Zootecnia.
- ao Departamento de Zootecnia e ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia por fazer parte da minha formação profissional.
- ao Laboratório de Avicultura (LAVIC), pela estrutura cedida para a condução desse estudo.
- a CAPES pela concessão da bolsa de estudos.
- a empresa DSM Nutritional Products pela parceria na condução deste trabalho.
- a todos os estagiários do LAVIC, que ajudaram na condução do experimento, em especial ao, Adrian, Alexandre, Ana, Pedro, Jonas e Marcelo.
- aos colegas da Pós-Graduação, Angélica, Catiane, Daniele, Mariane e Sandro pela ajuda e companheirismo ao longo do período.
- a Lourdes Brittes funcionária do LAVIC por ser sempre prestativa e atenciosa e pela amizade.
- ao meu grande amigo Sandro Paixão quem devo muito, companheiro nas horas difíceis e boas, e pela grandiosa amizade ao longo desses anos.
- a minha namorada pela paciência e por me motivar e incentivar sempre e me fazer feliz.

Muito Obrigado!

***“O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis”.***

***(José de Alencar)***

## RESUMO

### ASSOCIAÇÃO DE CANTAXANTINA E 25-HIDROXICOLECALCIFEROL NA ALIMENTAÇÃO DE FRANGOS DE CORTE

AUTOR: Douglas Vanderlei Bonamigo  
ORIENTADOR: Alexandre Pires Rosa

O estudo foi realizado no aviário experimental de frangos de corte do Laboratório de Avicultura (LAVIC) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Brasil. O objetivo principal do estudo foi avaliar o efeito da Cantaxantina associada ao 25-hidroxicolecalciferol (25-OH-D<sub>3</sub>) na alimentação de frangos de corte. A pesquisa foi dividida em dois experimentos sendo, Experimento I com machos e Experimento II com fêmeas. No Experimento I foram utilizados 1500 machos Cobb-500<sup>®</sup> de um dia de idade, distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado (DIC), totalizando dois tratamentos com quinze repetições de 50 aves cada. No segundo experimento foram utilizadas 1680 fêmeas Cobb-500<sup>®</sup> de um dia de idade, distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado (DIC), totalizando dois tratamentos com quinze repetições de 56 aves cada. Para ambos experimentos os tratamentos foram: Tratamento 1 (dieta controle) e Tratamento 2 (dieta controle + Cantaxantina associada a 25-OH-D<sub>3</sub> adicionado na dieta até 21 dias de idade). A fase experimental compreendeu um período contínuo de 42 dias para o experimento com machos e de 43 dias para o experimento com fêmeas, após foi realizado o abate das aves, para realização das análises laboratoriais. Os parâmetros mensurados, foram, desempenho zootécnico (ganho de peso, consumo de ração, conversão alimentar e rendimento de carcaça e cortes), características físico-químicas da carcaça (pH, coloração, capacidade de retenção de água, força de cisalhamento, perda por cocção, oxidação lipídica da carne nos diferentes tempos de prateleira 0, 30, 60 e 90 dias “*post-mortem*” e pigmentação da pata), características ósseas (*Black Bone Syndrome*, *Gait Score*, força de ruptura da tíbia e percentual de cálcio, fósforo e cinzas da tíbia). Para ambos os experimentos os dados foram submetidos à análise de variância, através do programa estatístico SAS. Para o experimento com machos foram encontrados resultados significativos para a suplementação com Cantaxantina + 25-OH-D<sub>3</sub> na dieta, onde estes apresentaram maior (P<0,05) ganho de peso corporal nos períodos de 1-14 e de 1-21 dias de idade. Além disso, aos 42 dias de idade apresentaram maior (P<0,05) teor de amarelo (b\*) na carne de peito, maior (P<0,05) pigmentação da pata e maior (P<0,05) força de ruptura da tíbia quando suplementados com Cantaxantina + 25-OH-D<sub>3</sub> na dieta. Já para o experimento com fêmeas foram encontrados resultados significativos, para as variáveis de coloração da carcaça, onde fêmeas suplementadas com Cantaxantina + 25-OH-D<sub>3</sub> na dieta no período de 1-21 dias de idade, apresentaram maior (P<0,05) teor de vermelho (a\*) e amarelo (b\*) na carne de peito quando abatidas aos 28 dias de idade. Quando abatidas aos 43 dias de idade apresentaram somente maior (P<0,05) rendimento de peito em relação ao grupo controle. Concluiu-se que machos de corte suplementados com Cantaxantina + 25-OH-D<sub>3</sub> na dieta de 1-21 dias de idade, apresentaram melhor ganho de peso corporal no período inicial de produção, melhor coloração de peito e pata aos 42 dias de idade e maior força de ruptura da tíbia. Já fêmeas de corte suplementadas com Cantaxantina + 25-OH-D<sub>3</sub> na dieta de 1-21 dias de idade, apresentaram melhor coloração de peito quando abatidas aos 28 dias de idade, e quando abatidas aos 43 dias de idade, apresentaram somente maior rendimento de peito.

**Palavras-chave:** Antioxidantes, *Black Bone Syndrome*, coloração de carcaça, qualidade óssea.

## ABSTRACT

### ASSOCIATION OF CANTAXANTIN AND 25-HYDROXYCOLECALCIFEROL IN THE FEEDING OF BROILERS

AUTHOR: DOUGLAS VANDERLEI BONAMIGO  
ADVISOR: ALEXANDRE PIRES ROSA

The study was conducted at the experimental aviary of broiler chickens in the Poultry Laboratory (LAVIC) at the Federal University of Santa Maria (UFSM), Brazil. The objective of the study was to evaluate the effect of Canthaxanthin associated with 25-hydroxycholecalciferol (25-OH-D<sub>3</sub>) in the feed of broilers. The research was divided into two experiments, one with males and the other with females. In the first experiment were used in 1500 one-day-old Cobb-500<sup>TM</sup> males were distributed in a completely randomized design, totaling two treatments with fifteen replicates of 50 birds each. In the second experiment were used in 1680 one-day-old Cobb-500<sup>TM</sup> females were distributed in a completely randomized design, totaling two treatments with fifteen replicates of 56 birds each. For both experiments the treatments were: Treatment one (control diet) and Treatment two (control diet + Canthaxanthin associated with 25-OH-D<sub>3</sub> added in diet up to 21 days of age). The experimental phase comprised a continuous period of 42 days for the experiment with males and 43 days for the experiment with females, after the birds were slaughtered for performing laboratory tests. The parameters measured were, production performance (weight gain, feed intake, feed conversion and carcass yield and cuts), physicochemical characteristics of carcass (pH, color, water-holding capacity, shear force, cooking loss, lipid oxidation of meat at different shelf times 0, 30, 60 and 90 days "post-mortem" and paw pigmentation), bone characteristics (*Black Bone Syndrome*, *Gait Score*, tibial rupture strength and percentage of calcium, phosphorus, and ashes of the tibia). For both experiments the data were submitted to analysis of variance using the statistical program SAS. For the experiment with males, significant results were found for dietary supplementation with Canthaxanthin + 25-OH-D<sub>3</sub>, where they presented better (P<0.05) body weight gain in the periods of 1-14 and of 1-21 days of age. Besides that, at 42 days of age presented higher (P<0.05) content of yellow in the breast meat, greater (P<0.05) paw pigmentation and greater (P<0.05) tibial rupture strength when supplemented with Canthaxanthin + 25-OH-D<sub>3</sub> in the diet. For the experiment with females significant results were found for the variables of carcass coloration, where females supplemented with Canthaxanthin + 25-OH-D<sub>3</sub> in the diet in the period of 1-21 days of age presented a higher (P<0.05) red (a\*) and yellow (b\*) content in the breast meat when slaughtered at 28 days of age. When they were slaughtered at 43 days of age, they presented only higher (P<0.05) breast yield in relation to the control group. It was concluded that males supplemented with Canthaxanthin + 25-OH-D<sub>3</sub> in the diet of 1-21 days of age, presented better body weight gain in the initial production period, better breast color and paw pigmentation at 42 days of age and greater rupture force of the tibia. Females supplemented with Canthaxanthin + 25-OH-D<sub>3</sub> in the diet of 1-21 days of age presented better breast coloration when slaughtered at 28 days of age, and when slaughtered at 43 days of age presented only higher breast yield.

**Keywords:** Antioxidants, *Black Bone Syndrome*, bone quality, carcass coloration.



## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO I

Tabela 1 -	Composição das dietas para frangos de corte.....	34
Tabela 2 -	Ganho de peso corporal, ganho médio diário (GMD), consumo de ração, conversão alimentar, viabilidade criatória (VC) e índice de eficiência produtiva (IEP) .....	40
Tabela 3 -	Efeito dos tratamentos sobre peso vivo, peso de carcaça, rendimento de carcaça e cortes (peito, coxa, sobrecoxa, asa, coxa da asa, dorso, peito desossado e sassami) de machos abatidos aos 42 dias de idade.....	41
Tabela 4 -	Características físico-químicas da carne de peito de machos abatidos aos 42 dias de idade.....	42
Tabela 5 -	Avaliação dos escores de pigmentação de patas aos 42 dias de idade.....	43
Tabela 6 -	Frequência de <i>Gait Score</i> em machos aos 40 dias de idade.....	45
Tabela 7 -	Metodologia de <i>Black Bone Syndrome</i> aplicada em coxa de machos.....	46
Tabela 8 -	Força de ruptura óssea (Newton), percentual de Cinzas, Cálcio e Fósforo na matéria seca desengordurada da tíbia de machos aos 42 dias de idade.....	47

### CAPÍTULO II

Tabela 1 -	Composição das dietas para frangos de corte.....	57
Tabela 2 -	Ganho de peso corporal, ganho médio diário (GMD), consumo de ração, conversão alimentar, viabilidade criatória (VC) e índice de eficiência produtiva (IEP) .....	63
Tabela 3 -	Efeito dos tratamentos sobre peso vivo, peso de carcaça, rendimento de carcaça e cortes (peito, coxa, sobrecoxa, asa, coxa da asa, dorso, peito desossado e sassami) de fêmeas abatidas aos 43 dias de idade.....	64
Tabela 4 -	Características físico-químicas da carne de peito de fêmeas abatidas aos 28 e 43 dias de idade.....	66
Tabela 5 -	Avaliação dos escores de pigmentação de patas aos 43 dias de idade.....	66
Tabela 6 -	Frequência de <i>Gait Score</i> de fêmeas aos 41 dias de idade.....	69
Tabela 7 -	Metodologia de <i>Black Bone Syndrome</i> aplicada em coxa de fêmeas.....	69
Tabela 8 -	Força de ruptura óssea (Newton), percentual de Cinzas, Cálcio e Fósforo na matéria seca desengordurada da tíbia de fêmeas aos 43 dias de idade.....	70

## LISTA DE GRÁFICOS

### CAPÍTULO I

Gráfico 1 - Oxidação lipídica da carne de coxa e peito de machos nos diferentes tempos de prateleira (0, 30, 60 e 90 dias “ <i>post-mortem</i> ”) .....	44
---	----

### CAPÍTULO II

Gráfico 1 - Oxidação lipídica da carne de coxa e peito de fêmeas nos diferentes tempos de prateleira (0, 30, 60 e 90 dias “ <i>post-mortem</i> ”) .....	68
---	----

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>12</b>
<b>2. HIPÓTESES E OBJETIVOS .....</b>	<b>14</b>
<b>2.1 Hipótese .....</b>	<b>14</b>
<b>2.2 Objetivos.....</b>	<b>14</b>
2.2.1 Geral .....	14
2.2.2 Específicos.....	14
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>15</b>
<b>3.1 Antioxidantes na dieta de frangos de corte.....</b>	<b>15</b>
3.1.1 Oxidação lipídica na carne de frango .....	15
3.1.2 Antioxidantes e sua função no organismo .....	17
3.1.3 Carotenóides .....	18
<b>3.2 Característica óssea de frangos de corte.....</b>	<b>20</b>
3.2.1 Anormalidades esqueléticas em aves.....	20
3.2.2 Vitamina D.....	21
<b>3.3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>23</b>
<b>4. CAPÍTULO I. Associação de Cantaxantina e 25-hidroxicolecalciferol na alimentação de machos de corte.....</b>	<b>29</b>
<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>31</b>
<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>32</b>
<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>38</b>
<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>47</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>47</b>
<b>5. CAPÍTULO II. Associação de Cantaxantina e 25-hidroxicolecalciferol na alimentação de fêmeas de corte.....</b>	<b>52</b>
<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>54</b>
<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>55</b>
<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>61</b>
<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>71</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>71</b>
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>77</b>
<b>7. APÊNDICE.....</b>	<b>78</b>

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil tem grande papel na indústria de carne de frango mundial, classificando-se como segundo maior produtor com 13.523,4 milhões de toneladas e primeiro maior exportador com 4.308,6 milhões de toneladas exportadas no ano de 2016 (AVISITE, 2017).

O avanço da avicultura é devido principalmente por melhorias nas áreas de genética, nutrição, manejo, ambiência e sanidade, mas mesmo com todo esse avanço há lacunas que precisam ser melhoradas, principalmente quando se trata da qualidade do produto final oferecido ao mercado consumidor. Pois este é de grande importância para a nutrição humana, principalmente por ser constituído de uma série de nutrientes essenciais, incluindo proteínas, vitaminas e minerais (XIONG et al., 2015).

A qualidade do produto pode ser comprometida de várias formas, desde a produção do animal com base nas respostas nutricionais e ambientais, no momento de pré-abate e abate, e no processamento e armazenamento da carne, etapas estas que envolvem uma série de reações bioquímicas (NORTON e SUN, 2008; OLIVO e SHIMOKOKI, 2006). Para analisar a qualidade de carnes, são utilizados indicadores como: pH, cor, capacidade de retenção de água, perdas por cocção, força de cisalhamento, oxidações de lipídeos e proteínas. Características estas que são fundamentais para a garantia de qualidade dos produtos cárneos.

Um grande fator prejudicial à qualidade de carnes é a oxidação lipídica, sendo está o resultado de processos metabólicos naturais, ligados a formação excessiva de espécies reativas como os radicais livres. Estes acabam danificando biomoléculas importantes, principalmente, as fibras musculares. As reações oxidativas continuam “*post-mortem*” do animal, sendo uma das principais causas de deterioração da qualidade, durante o processamento e armazenamento dos produtos cárneos (DELLES et al., 2014).

Outra anomalia que prejudica a qualidade de carnes, principalmente, da coxa e sobrecoxa é a Síndrome do Osso Negro mais conhecida como *Black Bone Syndrome* (BBS), que é caracterizada pelo escurecimento da carne adjacente ao osso devido ao extravasamento de sangue da medula óssea para a carne (WHITEHEAD, 2009).

Todas essas variáveis de qualidade de carcaça, são dependentes do sexo do animal, sendo que existem diversas diferenças entre os dois sexos, desde composição corporal até exigências nutricionais. Machos, geralmente, apresentam maior potencial de crescimento do que as fêmeas, porém, elas apresentam maior deposição de gordura (SAKOMURA et al., 2005).

Existem várias formas de melhorar as características físico-químicas da carne, principalmente, aliada ao desempenho animal, uma das formas é através da utilização de

aditivos alimentares. Estes têm como principal finalidade complementar a nutrição animal e aumentar a produtividade e/ou reduzir os custos das criações avícolas (ARAÚJO, 2005).

Os aditivos antioxidantes são comumente utilizados na indústria, devido a sua função de retardar ou inibir a oxidação em alimentos e em organismos vivos, isto ocorre através da inibição da produção de radicais livres, os quais são os principais responsáveis pela oxidação lipídica (DUARTE-ALMEIDA et al., 2006). Estas substâncias antioxidantes são incorporadas dentro das membranas celulares, onde sequestram espécies reativas de oxigênio, as quais estão envolvidas na etapa de iniciação ou progressão da oxidação (DESCALZO e SANCHO, 2008).

Dentre os compostos antioxidantes, a Cantaxantina é classificada como substância que desempenha a função de proteger as células de danos oxidativos provocados, principalmente, por radicais livres e por espécies reativas de oxigênio (SHAMI e MOREIRA, 2004). Geralmente, as dietas das aves são a base de milho e farelo de soja e estes ingredientes são pobres em componentes antioxidantes, com isso a inclusão de antioxidantes sintéticos em dietas de frangos de corte podem minimizar os efeitos negativos causados por condições ambientais estressantes (SADEGHI et al., 2016).

Outro aditivo sintético muito utilizado na nutrição de aves é o 25-hidroxicolecalciferol, considerado um metabólito intermediário entre a vitamina D<sub>3</sub> e a forma ativa desta no organismo, que tem como principal função manter adequado os níveis plasmáticos de cálcio (Ca) e fósforo (P) em ação conjunta com o paratormônio (PTH). Esse metabólito atua de forma mais rápida no metabolismo, funcionando basicamente como um hormônio esteróide (EDWARDS JUNIOR, 2000). A suplementação de metabólitos da vitamina D<sub>3</sub> é considerado uma alternativa para melhorar o desempenho das aves, devido ao seu envolvimento em processos fisiológicos que controlam o metabolismo de absorção de minerais (Ca e P) que atuam diretamente na qualidade óssea da ave (BRITO et al., 2010; GARCIA, 2013).

## 2. HIPÓTESES E OBJETIVOS

### 2.1 Hipóteses

A Cantaxantina associada à forma ativa da vitamina D<sub>3</sub> (25-OH-D<sub>3</sub>), pode melhorar índices de desempenho zootécnico, rendimento de carcaça e cortes, características físico-químicas da carcaça e qualidade óssea de frangos de corte.

### 2.2 Objetivos

#### 2.2.1 Geral

O objetivo geral é avaliar os efeitos da suplementação dietética da Cantaxantina associada à forma ativa da vitamina D<sub>3</sub> (25-OH-D<sub>3</sub>), sobre o desempenho zootécnico, rendimento de carcaça e cortes, características físico-químicas da carcaça em função do tempo de armazenamento e características ósseas em frangos de corte machos e fêmeas.

#### 2.2.2 Específicos

- Avaliar a eficácia da suplementação em relação ao desempenho zootécnico (ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar).
- Avaliar o rendimento de carcaça e cortes de frangos de corte machos e fêmeas.
- Avaliar a composição óssea e problemas locomotores nas aves.
- Avaliar as características físico-químicas da carcaça (cor, pH, perdas por cocção, força de cisalhamento, capacidade de retenção de água).
- Determinar o poder antioxidante da Cantaxantina + 25-OH-D<sub>3</sub> na carne *in natura* e em diferentes tempos de estocagem (0, 30, 60 e 90 dias “*post-mortem*”).

### **3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1 ANTIOXIDANTES NA DIETA DE FRANGOS DE CORTE**

##### **3.1.1 Oxidação lipídica na carne de frango**

A oxidação lipídica é um dos principais processos pelo qual ocorre perda de qualidade da carne e seus derivados, sendo considerado fator determinante na vida útil do produto, pois, gera produtos indesejáveis do ponto de vista sensorial, degradação de vitaminas lipossolúveis e ácidos graxos essenciais (GRAY et al., 1996; OSAWA et al., 2005).

Os principais fatores que influenciam a oxidação lipídica são a quantidade e a disponibilidade de oxigênio, grau de insaturação dos ácidos graxos, presença de metais, enzimas ativadoras como luz e o aporte energético em geral. É difícil determinar qual fator é responsável pelo processo de oxidação, pois vários fatores podem estar agindo simultaneamente no processo oxidativo. Este processo ocorre constantemente, pois sempre haverá presença de radicais livres oriundos dos mais diversos processos metabólicos do organismo. O principal alvo dos radicais livres são lipídeos insaturados, considerados constituintes fundamentais da estrutura das membranas biológicas e da sua integridade funcional (BARREIROS et al., 2006; ALLEN e HAMILTON, 1994).

Os radicais livres são moléculas que possuem um ou mais elétrons não pareados, caracterizando-se por apresentar grande instabilidade e capacidade de reagir com diversos compostos, podendo inclusive atacar as células (HALLIWELL et al., 1995). Os radicais livres são gerados continuamente durante o metabolismo normal e são eliminados pelo sistema de proteção antioxidante do corpo, que inclui enzimas como a superóxido dismutase (SOD), glutathione peroxidase (GSH-Px), catalase (CAT) e compostos protetores como vitamina E,  $\beta$ -caroteno, ácido ascórbico e glutathione (BOU et al., 2009; SOUSA et al., 2011).

As consequências nutricionais causadas pela oxidação lipídica são diversas, dentre as quais podem ser destacadas: destruição parcial dos ácidos graxos insaturados essenciais linoléico e linolênico; destruição parcial de outros lipídios insaturados, como carotenóides e tocoferóis; destruição parcial da vitamina C (co-oxidação); formação de produtos secundários da oxidação lipídica (malonaldeído e outros compostos) e compostos de Maillard capazes de reagir com biomoléculas (especialmente proteínas), diminuindo a absorção destas e promovendo a irritação da mucosa intestinal por peróxidos, que provoca diarreia e diminui a capacidade de absorção; formação de lipídios oxidados que são antagonistas de diversos

nutrientes, como tiamina, pantotenato de cálcio, riboflavina, ácido ascórbico, vitamina B<sub>12</sub>, tocoferóis, vitamina A, proteínas, lisina e aminoácidos sulfurados (KIRK, 1984; KANNER, 1994).

Em animais, fatores de estresse como a poluição por metais pesados e o calor estimulam a peroxidação lipídica, como consequência ocorre aumento da geração de radicais livres. Este aumento da peroxidação lipídica ocasiona redução dos níveis de substâncias antioxidantes nos tecidos, e ao mesmo tempo afeta o desempenho e a qualidade da carne dos animais sob estresse (SEVEN et al., 2012; TATLI SEVEN et al., 2008; TATLI SEVEN, 2008). O processo oxidativo ocorre em três fases (iniciação, propagação e terminação) e envolve principalmente ácidos graxos poliinsaturados e oxigênio em reações em cadeia de forma irreversível (ARAÚJO, 2015).

Olivo e Shimokomaki (2006) demonstraram, de forma explicativa, as três fases da oxidação, os eventos que ocorrem e, como cada um é capaz de alterar a estrutura celular nas fases de oxidação lipídica e de oxidação do pigmento das carnes.

Na primeira fase, ocorre a ação de radicais livres (ROS) que podem ser formados de forma intencional ou acidental durante o metabolismo do animal, e acabam oxidando diversas moléculas, sendo, proteínas, lipídios e ácidos nucleicos, ocasionando danos e alterações estruturais de membranas.

A segunda fase ocorre durante o pré-abate e logo após o abate do animal. Nessa fase o aporte de oxigênio é cessado por ausência da circulação sanguínea, ocasionando uma falha no sistema antioxidante, a partir disso inicia-se uma série de reações bioquímicas influenciadas por fatores “*ante-mortem*” (alimentação, estresse), quanto “*post-mortem*” (temperatura da carcaça, velocidade de queda do pH, entre outros).

Na última fase se dá pelo processamento da carne (desossa, cozimento, moagem, estocagem e exposição), durante esses processos ocorre o rompimento das membranas celulares, que liberam compostos que resultam em radicais livres, e conseqüentemente, aceleram a oxidação do produto.

O processo de degradação da carne, se inicia logo após a morte do animal e está relacionada com a formação de radicais livres. Os principais substratos envolvidos na oxidação são os ácidos graxos poliinsaturados que compõem os fosfolipídios das membranas celulares e triacilgliceróis (SOARES et al., 2004; ALMEIDA et al., 2012).

O desenvolvimento da rancidez oxidativa agrava-se durante o armazenamento da carne de frango, mesmo sob congelamento, pois enquanto as reações deteriorativas (microbiológicas e enzimáticas) podem ser inibidas com o emprego de baixas temperaturas, a oxidação lipídica



ocorre normalmente à temperaturas baixas, embora em velocidade reduzida, mesmo assim, este processo destrói as membranas intracelulares, diminuindo a suculência e o peso da carcaça (GOMES et al., 2003).

Durante o processo de produção, as aves passam por diversas situações estressoras, que elevam a produção de radicais livres e a lipoperoxidação, possivelmente provocando distúrbios que acometem o desempenho da ave e a qualidade final do produto (PANDA e CHERIAN, 2014).

### **3.1.2 Antioxidantes e sua função no organismo**

Os antioxidantes são classificados como substâncias responsáveis pelo retardamento ou inibição da oxidação em alimentos e em organismos vivos, através da inibição da produção de radicais livres, os quais são os principais responsáveis pela oxidação lipídica (DUARTE-ALMEIDA et al., 2006; PAMPLONA e COSTANTINI, 2011). Os antioxidantes podem ter ação nas membranas das células e/ou alimentos das seguintes formas: sequestrando radicais livres, assim, não iniciando o processo oxidativo; inativando íons metálicos; removendo espécies reativas ao oxigênio; sequestrando oxigênio singlete; destruindo peróxidos e prevenindo formação de radicais; e removendo e/ou diminuindo a concentração do oxigênio local (DZIEZAK, 1986; LABUZA et al., 1971).

O processo de oxidação é importante no metabolismo animal, pois gera energia necessária para a maioria dos processos metabólicos do organismo. Adams (1999), relata que mesmo o processo sendo fundamental ao organismo, o processo oxidativo causa perdas que podem destruir componentes importantes dos alimentos, como vitaminas lipossolúveis e ácidos graxos essenciais.

De acordo com o FDA (Food and Drug Administration) nos Estados Unidos, a função dos antioxidantes nos alimentos é de preservar o alimento retardando a deterioração por rancidez ou descoloração causada pela oxidação. Estes compostos antioxidantes são capazes de prevenir ou retardar principalmente a oxidação de óleos e gorduras (POKORNY, 1991). Segundo Jayaprakasha et al. (2001) a adição de produtos antioxidantes em carnes processadas é um método funcional que pode aumentar a vida útil da carne, especialmente dos lipídios contidos nesse alimento.

Essas substâncias com poder antioxidante têm origem desde fontes comerciais até compostos isolados naturalmente de alimentos (ADEGOKE et al., 1998). Conforme Schuler (1990), para um antioxidante ser aceitável para uso em alimentos ele requer eficácia em baixas

concentrações, ser compatível com os substratos, ter aceitação sensorial, ser atóxico e não causar efeito sobre as propriedades físicas dos produtos alimentícios.

Os antioxidantes mais comumente usados são os sintéticos BHA (Butil-hidroxi-anisol), BHT (Butil-hidroxi-tolueno), TBHQ (Butil-hidroquinona terciária) e PG (propil galato), mas várias regulamentações de diferentes países mantêm o controle da utilização desses antioxidantes sintéticos, devido as suspeitas carcinogênicas (MADHAVI, 1995).

Em função dos possíveis problemas provocados pelo consumo de antioxidantes sintéticos, as pesquisas voltam-se para encontrar produtos naturais com atividade antioxidante, principalmente, que apresentam em sua composição componentes fenólicos, como flavonóides, ácidos fenólicos e tocoferóis, os quais retardam a oxidação e apresentam sinergismo com antioxidantes sintéticos (MELO et al., 2003; SOUSA et al., 2011).

### **3.1.3 Carotenóides**

Carotenóides são pigmentos amarelos, laranja ou vermelho naturalmente presentes em todos os organismos fotossintéticos, bactérias não fotossintéticas e fungos (GHARIBZAHEDI et al., 2012; TANAKA et al., 2012).

Os Carotenóides são classificados como moléculas orgânicas com funções antioxidantes, pigmentantes, pró-vitamina e imunomoduladoras. O homem e os animais não conseguem sintetizar esses carotenóides, mas podem a partir deles fazer alterações nas suas estruturas químicas. Os compostos dos carotenóides participam de diversas funções vitais fazendo parte de pigmentos estruturais importantes. Uma das principais funções de alguns compostos de fórmulas estruturais é a capacidade de ser convertida em vitamina A (WILLIAMS et al., 1998).

Além da sua pigmentação, os carotenóides exibem altos valores farmacêuticos e potenciais benefícios para a saúde, tais como fortalecimento do sistema imunológico, diminuindo o risco de doenças degenerativas, prevenindo o risco de doença cardiovascular e degeneração muscular (CLARK et al., 1999; NASRABADI e RAZAVI, 2010; SANTOS e MEIRELES, 2010; GHARIBZAHEDI et al., 2012).

Os carotenóides contêm um sistema de duplas ligações conjugadas as quais são responsáveis pelo poder corante e pela ação antioxidante. Esse sistema é responsável pela instabilidade, isomerização e oxidação das moléculas de carotenóides durante a fase de processamento e estocagem do alimento (RODRIGUES-AMAYA, 1999).

A função antioxidante dos carotenóides é proteger as células de danos oxidativos provocados, principalmente, por radicais livres e por espécies reativas de oxigênio, os quais constituem moléculas não radicalares derivadas do oxigênio, como peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) que podem ser gerado na membrana, no citoplasma ou nas mitocôndrias, atacando lipídios, proteínas, carboidratos e DNA (SHAMI e MOREIRA, 2004).

Em relação à função pró-vitamina A dos carotenóides, Surai e Sparks (2001) afirmaram que menos de 10% do total de carotenóides pode ser convertido em vitamina A, caracterizando que em aves somente o alfa e beta-carotenos e a criptoxantina presentes nos alimentos naturais são capazes de contribuir com o suprimento de vitamina A, os carotenóides são convertidos em vitamina A na mucosa intestinal e a parte não convertida é depositada na pele ou na gema de ovos.

Entre os carotenóides com maior oxigenação destaca-se a astaxantina, presente na levedura basidiomiceta róseo-alaranjada *Xanthophyllomyces dendrorhous* e a Cantaxantina pigmento das plumas do flamingo, do guará maranhense e do “champignon” *Cantharellus cinnabarinus*. A utilização desses carotenóides é crescente, principalmente, pelas atividades industriais de aquicultura e avicultura (FONTANA et al., 2000).

A Cantaxantina é uma xantofila (subclasse de Carotenóides) com aplicações generalizadas nos setores farmacêutico, cosmético, pesqueiro, indústria avícola e alimentar (NASRI NASRABADI e RAZAVI, 2010; HOJJATI et al., 2012; GHARIBZAHEDI et al., 2013). É um antioxidante sequestrador de radicais livres superior em comparação a outros carotenóides, tais como β-caroteno (TANAKA et al., 2012).

Beardsworth e Hernández (2003) em estudo com Cantaxantina, relataram, que a mesma pode ser convertida em vitamina A nas aves quando o nível está limitado na dieta, apresentando assim atividade pró-vitamina A. Surai et al. (2003) afirmam que as dietas das aves são suplementadas principalmente com retinol sintético, de tal modo, a contribuição dos carotenóides dos alimentos para a formação de vitamina A é mínima. Assim a utilização da Cantaxantina na avicultura é utilizada com o objetivo de aumentar a coloração da carcaça de frangos de corte e da gema de ovos para consumo humano, além de sua atividade antioxidante.

## 3.2. CARACTERÍSTICA ÓSSEA DE FRANGOS DE CORTE

### 3.2.1 Anormalidades esqueléticas em aves

O tecido ósseo é de grande importância, pois serve de sustentação para o corpo e protege órgãos vitais. Este é constituído principalmente de cálcio, fósforo e outros íons e, de um modo geral, apresentam semelhante constituição nas diferentes espécies com particularidades no tamanho e forma (JUNQUEIRA e CARNEIRO, 2013).

O alto e rápido desenvolvimento da massa muscular em frangos de corte tem desencadeado uma série de problemas ósseos, causando assim, principalmente, acometimento de problemas locomotores em aves. As patologias que afetam o sistema locomotor de animais confinados são de ampla importância econômica na produção animal, pois é considerado um dos problemas mais graves que afeta o bem-estar e o desempenho dos frangos de corte de crescimento rápido nos últimos anos (ALMEIDA PAZ et al., 2009). Esses fatores são afetados devido à dificuldade da ave se locomover, conseqüentemente reduzindo consumo de água e ração, ocasionando impacto na saúde do animal e em sua eficiência produtiva.

De acordo com Mendonça Jr. (2000), o prejuízo por parte de problemas locomotores é significativo na indústria avícola, em torno de 3 a 6% de casos de refugagem de pintos e descartes de aves na linha de abate.

As anomalias que acometem o sistema locomotor de frangos de corte foram identificadas como conseqüências de alterações na placa de crescimento, raquitismo, discondroplasia, degeneração femoral, espondilolistese, desordens do desenvolvimento ósseo, dificuldades ao caminhar e defeitos de angulação do tipo *valgus* e *varus* (BAINS et al., 1998; MURAKAMI, 2000). Entre todas as patologias descritas, as que mais acometeram as aves até o ano de 2005 foram discondroplasia e a degeneração femoral, atingindo até 80% dos problemas de perna registrados em lotes de frangos de corte comerciais (ALMEIDA PAZ, 2008).

O aumento da massa muscular na região do peito de frangos de corte de crescimento rápido causou mudança no centro de gravidade da ave, reposicionando para frente, resultando em aves com padrão de andar diferente quando comparado com linhagens de crescimento lento (CORR et al. 2003; FALCONE, 2007).

Além das anomalias ósseas já relatadas, uma recente nova ocorrência é a Síndrome do Osso Negro (*Black Bone Syndrome*), que é caracterizada pelo escurecimento da carne adjacente ao osso, isso é devido ao extravasamento de sangue da medula óssea para a carne. Esse fator ocorre, principalmente, em coxas e sobrecoxas, devido à abundância de sangue nestas regiões,

podendo ser observada na carne “*in natura*” ou após o cozimento (WHITEHEAD, 2009; KORVER, 2010). Este problema afeta cerca de 30% das coxas e sobrecoxas de frangos de corte, em função do rápido desenvolvimento muscular e deficiente mineralização óssea (DSM, 2008).

Nas últimas décadas os problemas locomotores em frangos de corte despertou interesse dos nutricionistas, gerando assim uma série de estudos, principalmente com efeitos da vitamina D, cálcio, fósforo, cloro, zinco, manganês, cobre, vitaminas A e C, piridoxina, colina, ácido fólico, niacina, metionina, cistina, cisteína e homocisteína (COOK, 2000).

### 3.2.2 Vitamina D

As vitaminas são classificadas como compostos orgânicos complexos, essenciais para o metabolismo dos animais, e conseqüentemente necessárias para saúde e funções fisiológicas, tais como: manutenção, crescimento, produção e reprodução. A deficiência de vitaminas pode levar a distúrbios metabólicos, tendo como consequência queda na produtividade e desenvolvimento de doenças, enquanto que a suplementação de certas vitaminas tem efeitos positivos, principalmente na imunidade (ALBERS et al., 2002; FÉLIX et al., 2009; RUTZ et al., 2014).

A vitamina D é classificada como uma vitamina lipossolúvel, sendo encontrada principalmente sob duas formas: o ergocalciferol (D<sub>2</sub>) e o colecalciferol (D<sub>3</sub>) (BERTECHINI, 2006; BARRAL et al., 2007; ALVES et al., 2013). Segundo Macari et al. (2002), a vitamina D<sub>2</sub> (ergocalciferol) possui propriedades limitadas, atuando como fator antiosteopenia para aves. Já a vitamina D<sub>3</sub> (colecalciferol) é produzida, exclusivamente, pelo organismo animal, através da conversão do 7-dehidrocolesterol, derivado do colesterol ou esqualeno, que é sintetizado no fígado, este está presente em grandes quantidades na pele, na parede intestinal e em outros tecidos, também é convertido pela incidência de luz solar (BERTECHINI, 2006).

Para ser convertida a forma biologicamente ativa, a vitamina D<sub>3</sub> (colecalciferol) necessita passar por vários processos bioquímicos. Após o processo de absorção intestinal, é conduzida ao fígado para o processo de hidroxilação, convertendo o colecalciferol em 25-hidroxicolecalciferol, posteriormente, segue para o rim onde novamente sofre hidroxilação originando a 1,25-dihidroxicolecalciferol, forma biologicamente ativa da vitamina D (FARIA et al., 2000).

De maneira geral, as bioatividades das formas de vitamina D seguem a sequência da 1,25-(OH)<sub>2</sub>D<sub>3</sub>, seguida da 25-OH-D<sub>3</sub>, da vitamina D<sub>3</sub> e da vitamina D<sub>2</sub> (HAN et al., 2012). Por isso existem inúmeras formas do metabólito ativo da vitamina D produzidos sinteticamente, os

de principal interesse são o 25-hidroxicolecalciferol (25-OH-D<sub>3</sub>) e o 1,25-dihidroxicolecalciferol (1,25-(OH)<sub>2</sub>D<sub>3</sub>) (BRITO, 2008). Estes metabólitos artificiais proporcionam uma fonte de vitamina rapidamente ativa, assim, reduzindo gastos energéticos, com a metabolização da vitamina, e tendo aumento de sua eficiência no organismo (GARCIA et al., 2013; SOUZA e VIEITES, 2014).

Dentre as funções do metabólito ativo da vitamina D (1,25-(OH)<sub>2</sub>D<sub>3</sub>), destaca-se a manutenção das concentrações adequadas de Ca e P, tanto séricos quanto extracelulares, para garantir uma variedade de funções metabólicas. Para isso, interage em diferentes órgãos, tais como suprarrenais, intestinos, rins e paratireóides. Além disso, o metabólito é responsável pela absorção intestinal de Ca e P, pela mobilização de Ca a partir do osso em ação conjunta com o paratormônio (PTH). O metabólito na sua forma ativa realiza funções como captação crescente de cálcio e fósforo pelo intestino, minimiza a perda de cálcio e fósforo pelos rins e estimula a reabsorção óssea, quando necessário (EDWARDS JUNIOR, 2000; GALVÃO et al., 2013).

Brito (2008) comparando duas fontes sintéticas de vitamina D ativa, classificou que o metabólito 25-OH-D<sub>3</sub> tem maiores vantagens em comparação ao 1,25-(OH)<sub>2</sub>D<sub>3</sub>, sendo cerca de três vezes mais efetivo quando a característica em questão é a concentração de cálcio plasmático e por não apresentar efeito tóxico com pequenas doses de inclusão.

O 25-OH-D<sub>3</sub> é a principal forma de armazenamento do metabólito da vitamina D<sub>3</sub> no organismo, com meia-vida de duas a três semanas aproximadamente, enquanto que a meia-vida do 1,25-(OH)<sub>2</sub>D<sub>3</sub> é de quatro a seis horas (CASTRO, 2011). Sendo assim, a utilização de metabólitos ativos formados a partir da vitamina D<sub>3</sub> como o (25-OH-D<sub>3</sub> e 1,25-(OH)<sub>2</sub>D<sub>3</sub>), vêm sendo muito utilizado comercialmente, para uso na alimentação animal.

Pesquisas descrevem que a inclusão de 25-OH-D<sub>3</sub> na dieta de frangos de corte, proporciona aumento no peso corporal das aves quando comparado a utilização da vitamina D<sub>3</sub> nas dietas (FRITTS e WALDROUP, 2003). Isso ocorre devido, principalmente, pelo fato do 25-OH-D<sub>3</sub> participar mais ativamente do que o vitamina D<sub>3</sub> na absorção de cálcio intestinal, na mobilização e fixação do cálcio nos ossos (APPLEGATE et al., 2003; FRITTS e WALDROUP, 2005; DRIVER et al., 2006).

### 3.3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, C.A. Oxidation and antioxidants. *Nutrines: food components in health and nutrition*. Nottingham: Nottingham University Press, v.2, p.11-32, 1999.

ADEGOKE, G.O.; KUMAR, M.V.; KRISHNA, A.G.G. Antioxidants and lipid oxidation in foods – A critical appraisal. **Journal of Food Science and Technology Mysore**, Mysore, v.35, n.4, p.283-298, 1998.

ALBERS, N. et al. **Vitamins in Animal Nutrition**. Bonn: AWT, 77 p, 2002. <<https://pt.scribd.com/doc/39101649/Vitamins-in-Animal-Nutrition>> acesso em 21-11-2016.

ALLEN, J.C.; HAMILTON, R.J. **Rancidity in foods**. 3 ed. London, p.290, 1994.

ALMEIDA PAZ I.C.L.; MENDES A.A.; MARTINS M.R.F.B.; FERNANDES, B.C.S. Follow-up of the development of femoral degeneration lesions in broilers. **Journal of Morphology**, v.27, p.571- 575, 2009.

ALMEIDA PAZ, I.C.D.L. Problemas locomotores em frangos de corte - Revisão. **BioEng**, Campinas, v.2, 263-271, 2008.

ALMEIDA, J.N.; SANTOS, G.R.; BETETO, F.M.; MEDEIROS, L.G.; OBA, A.; SHIMOKOMAKI, M.; SOARES, A.L. Suplementação de selênio quelatado na ração e qualidade da carne de frango. **Semina: Ciências Agrárias**, 3117-3122, 2012.

ALVES, M.; BASTOS, M.; LEITÃO, F.; MARQUES, G.; RIBEIRO, G.; CARRILHO, F. Vitamina D – Importância da avaliação laboratorial. **Revista Portuguesa de Endocrinologia, Diabetes e Metabolismo**, v.8, p.32–39, 2013.

APPLEGATE, T.J.; ANGEL, R.; CLASSEN, H.L. Effect of dietary calcium, 25-hydroxycholecalciferol or bird strain on small intestinal phytase activity in broiler chickens. **Poultry Science**, v.82, 1140-1148, 2003.

ARAUJO, D.M. **Avaliação do farelo de trigo e enzimas exógenas na alimentação de frangas e poedeiras**. Dissertação – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB, 2005.

ARAÚJO J.M.A. **Química de Alimentos, teoria e prática**. 6ª Ed. Editora UFV: Minas Gerais. p.668, 2015.

AVISITE. Exportação de carne de frango. Disponível em <<http://www.avisite.com.br/index.php?page=estatisticaseprecos&acao=exportacao>>. Acesso em: 13 de março de 2017.

BAINS, B.S.; BRAKE, J.T.; PARDUE, S.L. Reducing leg weakness in commercial broilers. **World Poultry Science**, Wageningen, v.14, n.1, p.24-27, 1998.

BARRAL, D.; BARROS, R.P.C.; ARAÚJO, A.C. Vitamina D: Uma Abordagem Molecular. **Pesquisa Brasileira em Odontopediatria e Clínica Integrada**, v.7, p.309-315, 2007.

BARREIROS, A.L.B.S.; DAVID, J.M.; DAVID, J.P. Estresse oxidativo: relação entre geração de espécies reativas e defesa do organismo. **Química Nova**, v.29, n.1, p.113-123, 2006.

BEARDSWORTH, P.M.; HERNÁNDEZ, J.M. Canthaxanthin is more than a safe carotenoid. **World Poultry**, v.19, p.14-15, 2003.

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

BOU, R.; CODONY, R.; TRES, A.; DECKER, E.A.; GUARDIOLA, F. Oxidative stability, and sensory properties of poultry products dietary strategies to improve nutritional value, oxidative stability, and sensory properties of poultry. **Critical Reviews in Food Science Nutrition**, p.37-41, 2009.

BRITO, J.A.G.; BERTECHINI, A.G., FASSANI, E.J., et al. Efeito da vitamina D<sub>3</sub> e 25-hidroxicolecalciferol sobre o desempenho, o rendimento de carcaça e a morfologia intestinal de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.2656-2663, 2010.

BRITO, J.A.G. **Vitamina D<sub>3</sub> e 25-hidroxicolecalciferol (25-OHD<sub>3</sub>) em rações de frangos de corte**. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

CASTRO, L.C.G. O sistema endocrinológico vitamina D. **Arq Bras Endocrinol Metab**, v.55, p.566-575, 2011.

CLARK, T. H.; FAUSTMAN, C.; CHAN, W.K.M.; FURR, H.C.; RIESEN, J.W. Canthaxanthin as an antioxidant in a liposome model system and in minced patties from rainbow trout. **Journal of Food Science**, v.64, n.6, p.982-986, 1999.

COOK, M.E. Skeletal deformities and their causes: introduction. **Poultry Science**, v.79, p.982-984, 2000.

CORR, S.A.; GENTLE, M.J.; McCORQUODALE, C.C.; BENNET, D. The effect of morphology on walking ability in the modern broiler: A gait analysis study. **Animal Welfare**, v.12, p.159-171, 2003.

DELLES, R. M.; XIONG, Y.L.; TRUE, A.D.; AO, T.; DAWSON, K.A. Dietary antioxidant supplementation enhances lipid and protein oxidative stability of chicken broiler meat through promotion of antioxidant enzyme activity. **Poultry Science**, v.93, n.6, p.1561-1570, 2014.

DESCALZO, A.M.; SANCHO, A.M. A review of natural antioxidants and their effects on oxidative status, odor and quality of fresh beef produced in Argentina. **Meat Science**, v.79, n.3, p.423-436, 2008.

DRIVER, J.P.; ATENCIO, A.; PESTI, G.M.; EDWARDS JR, H.M.; BAKALLI, R.I. The effect of maternal dietary vitamin D<sub>3</sub> supplementation on performance and tibial dyschondroplasia of broiler chicks. **Poultry Science**, v.85, p.39-47, 2006.

DSM. Nutritional Products. 2008. <[http://www.dsm.com/en\\_US/downloads/dnp/HyDFolder.pdf+academic+black+bone+syndrome+in+chicken](http://www.dsm.com/en_US/downloads/dnp/HyDFolder.pdf+academic+black+bone+syndrome+in+chicken)>. Acesso em 03 de setembro de 2015.

DUARTE-ALMEIDA, J.M.; SANTOS, R.J.; GENOVESE, M.I.; LAJOLO, F.M. Avaliação da atividade antioxidante utilizando sistema  $\beta$ -caroteno/ácido linoléico e método de seqüestro de radicais DPPH. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.26, n.2, p.446-452, 2006.



DZIEZAK, J.D. Antioxidants - the ultimate answer to oxidation. **Food Technology**, v.40, n.9, p.94, 1986.

EDWARDS JUNIOR, H.M. Nutrition and skeletal problems in poultry. **Poultry Science**, Champaign, v. 79, n.7, p.1018-1023, 2000.

FALCONE, C. **Manejo e bem-estar em frangos de corte: grau de alteração no andar e incidência de deformidades ósseas, e seus efeitos sobre a atividade locomotora**. Tese de Doutorado – Instituto de Psicologia da Universidade de São Paulo. 139p, 2007.

FARIA, D.E.; JUNQUEIRA, O.M.; SAKOMURA, N.K.; SANTANA, Á.E. Influência de diferentes níveis de energia, Vitamina D<sub>3</sub> e relação Sódio:Cloro sobre o desempenho e a qualidade da casca dos ovos de poedeiras comerciais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.2, p.467-475, 2000.

FÉLIX, A.P.; MAIORKA, A.; SORBARA, J.O.B. Níveis vitamínicos para frangos de corte. **Ciência Rural**, p.619-626, 2009.

FONTANA, J.D. et al. Carotenóides cores atraentes e ação biológica. *Biotechnologia ciência e desenvolvimento*, nº13, p. 40-45, março/abril 2000. Disponível em: <<http://www.biotechnologia.com.br/revista/bio13/caroteno.pdf>>. Acesso em: 08 julho, 2015.

FRITTS, C.A.; WALDROUP, P.W. Effect of source and level of vitamin d on live performance and bone development in growing broilers. **Journal of Applied Poultry Research**, p.45-52, 2003.

FRITTS, C.A.; WALDROUP, P.W. Comparison of cholecalciferol ad 25-hydroxycholecalciferol in broiler diets designed to minimize phosphorus excretion. **Journal of Applied Poultry Research**, v.14, p.156-166, 2005.

GALVÃO, L.O.; GALVÃO, M.F.; REIS, C.M.S.; BATISTA, C.M.; CASULARI, E.L.A. Considerações atuais sobre a vitamina D. **Brasília Médica**, v.50, n.4, p.324-332, 2013.

GARCIA, A.F.Q.M.; MURAKAMI, A.E.; DUARTE, C.R.; ROJAS, I.C.O.; PICOLI, K.P.; PUZOTTI, M.M. Use of vitamin D<sub>3</sub> and its metabolites in broiler chicken feed on performance, bone parameters and meat quality. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v.6, n.3, p. 408-415, 2013.

GHARIBZAHEDI, S.M.T.; RAZAVI, S.H.; MOUSAVI, S.M. Comparison of antioxidant and free radical scavenging activities of biocolorant synthesized by *Dietzia natronolimnae* a HS-1 cells grown in batch, fed-batch and continuous cultures. **Industrial Crops & Products**, v.49, p.10-16, 2013.

GHARIBZAHEDI, S.M.T.; RAZAVI, S.H.; MOUSAVI, S.M.; MOAYEDI, V. High efficiency canthaxanthin production by a novel mutant isolated from *Dietzia natronolimnae* HS-1 using central composite design analysis. **Industrial Crops & Products**, v.40, p.345-354, 2012.

GOMES, H.A.; SILVA, E.N.; NASCIMENTO, M.R.L.; FUKUMAA, H.T. Evaluation of the 2-thiobarbituric acid method for the measurement of lipid oxidation in mechanically deboned gamma irradiated chicken meat. **Food Chemistry**, v.80, p.433-437, 2003.

GRAY, J.I.; GOMAA, E.A.; BUCKLEY, D.J. Oxidative quality and shelf life of meats. **Meat Science**, v.43, n.1, p.111-123, 1996.

HALLIWELL, B. The characterization of antioxidants. **Food and Chemistry Toxicology**, Kidlington, v.33, n.7, p.601-617, 1995.

HAN, J.; LIU, Y.; YAO, J.; WANG, J.; QU, H.; YAN, Y.; DONG, X. Dietary calcium levels reduce the efficacy of one alpha- hydroxycholecalciferol in phosphorus-deficient diets of broilers. **Journal of Poultry Science**, 2012.

HOJJATI, M.; RAZAVI, S.H.; KARAMATOLLAH, R.; GILANI, K. Stabilization of canthaxanthin produced by *Dietzia natronolimnaea* HS-1 with spray drying microencapsulation. **Journal of Food Science and Technology**, 2012.

JAYAPRAKASHA, G.K.; SINGH, R.P.; SAKARIAH, K.K. Antioxidant activity of grape seed (*Vitis vinifera*) extracts peroxidation models in vitro. **Food Chemistry**, Kidlington, v.73, 2001.

JUNQUEIRA, L.C.; CARNEIRO, J. Histologia básica. 12ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p.556, 2013.

KANNER, J. Oxidative processes in meat and meat products: Quality implications. **Meat Science**, v.36, n.1/2, p.169-189, 1994.

KIRK, J.R. Biological availability of nutrients in processed foods. **Journal of Chemical Education**, v.61, n.4, p.364-367, 1984.

KORVER, D. Reducing the incidence of black bone. **World Poultry science**, v.26, p.36-38, 2010.

LABUZA, T.P.; HEIDELBA, N.D.; SILVER, M.; KAREL, M. Oxidation at intermediate moisture contents. **Journal of the American Oil Chemists Society**, Washington, v.48, n.2, p.86-89, 1971.

MACARI, M.; FURLAN, R. L.; GONZALES, E. Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 2002.

MADHAVI, D.L.; SALUNKHE, D.K. Antioxidants. In: MAGA, J.A.; TU, A.T. **Food Additive Toxicology**. 1ed., v.1, New York-Basel-Hong Kong, EUA, Marcel Dekker, 1995.

MELO, E. de A.; MANCINI FILHO, J.; GUERRA, N.B.; MACIEL, G.R. Atividade antioxidante de extratos de coentro (*Coriandrum sativum* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.23, p.195-199, 2003.

MENDONÇA JR, C.X. Enfermidades do Sistema Locomotor. In: Berchieri Jr A.; Macari M. Doenças das Aves. Campinas: **FACTA**, p.29-36, 2000.

MURAKAMI, A. Balance eletrolítico da dieta e sua influência sobre o desenvolvimento dos ossos de frangos. In Conferência APINCO 2000 de Ciência e Tecnologia Avícola. In: Anais... Santos: **FACTA**, v. 2, p.40, 2000.

NASRI NASRABADI, M.R.; RAZAVI, S.H. Enhancement of canthaxanthin production from *Dietzia natronolimnaea* hs-1 in a fed-batch process using trace elements and statistical methods. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**, v. 27, n. 4, p. 517–529, 2010.

NORTON, T.; SUN, D.W. Recent advances in the use of high pressure as an effective processing technique in the food industry. **Food and Bioprocess Technology**, p. 2–34, 2008.

OLIVO, R.; SHIMOKOMAKI, M. Carne PSE. In: Shimokomaki, M.; OLIVO, R.; TERRA, N.N.; FRANCO, B.D.G.M. **Atualidades em ciência e tecnologia de carnes**. São Paulo: Varela, 2006.

OSAWA, C.C.; FELÍCIO, P.E.E.; GONÇALVES, L.A.G. Teste de TBA aplicado a carnes e derivados: métodos tradicionais, modificados e alternativos. **Química Nova**, São Paulo, v.28, n.4, p.655-663, 2005.

PAMPLONA, R.; COSTANTINI, D. Molecular and structural antioxidant defenses against oxidative stress in animals. **American Journal of Physiology - Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, 2011.

PANDA, A.K.; CHERIAN, G. Role of Vitamin E in counteracting oxidative stress in poultry. **Poultry Science**, 2014.

POKORNY, J. Natural antioxidants for food use - review. **Trends in Food Science and Technology**, Prague, v.1, p.223-227, 1991.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. A guide to carotenoid analysis in food. ILSI Press, Washington, p.37-51, 1999.

RUTZ, F.; ANCIUTI, M.A.; MAIER, J.C. Digestão, absorção e metabolismo das vitaminas. In: SAKOMURA, N.K.; SILVA, J.H.V.; COSTA, F.G.P.; FERNANDES, J.B.K.; HAUSCHILD, L. **Nutrição de não ruminantes**. FUNEP, p.143-166, 2014.

SADEGHI, G.; KARIMI, A.; SHAFEIE, F.; VAZIRY, A.; FARHADI, D. The effects of purslane (*Portulaca oleracea* L.) powder on growth performance, carcass characteristics, antioxidant status, and blood metabolites in broiler chickens. **Livestock Science**, v.184, p.35-40, 2016.

SAKOMURA, N.K.; LONGO, F.; RONDON, E.O.; RABELLO, C.B.V.; FERRAUDO, A.S. Modeling energy utilization and growth parameter description for broiler chickens. **Poultry Science**, v.84, p.1363-1369, 2005.

SANTOS, D.T.; MEIRELES, M.A.A. Carotenoid pigments encapsulation: Fundamentals, techniques and recent trends. **The Open Chemical Engineering Journal**, p.42-50, 2010.

SCHULER, P. Natural antioxidants exploited commercially, In. **Food, Antioxidants**, Hudson BJB (ed.). Elsevier, London, p.99-170, 1990.

SEVEN, I.; AKSUB, T.; SEVEN, P. T. The effects of propolis and vitamin C supplemented feed on performance, nutrient utilization and carcass characteristics in broilers exposed to lead.

**Livestock Science**, v.148, p.10-15, 2012.

SHAMI, N.J.I.E.; MOREIRA, E. A. M. Licopeno como agente antioxidante. **Revista Nutrição**, Campinas, v.17, n.2, p.227-236, 2004.

SOARES, A.L.; OLIVO, R.; SHIMOKOMAKI, M.; IDA, E. I. Synergism between dietary Vitamin E and exogenous phytic acid in prevention of warmed-over flavour development in chicken breast meat, pectoralis major. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.47, p.57-62, 2004.

SOUSA, M.S.B.; VIEIRA, L.M.; LIMA, A. Fenólicos totais e capacidade antioxidante in vitro de resíduos de polpas de frutas tropicais. **Brazilian Journal of Food Technology**, p.202-210, 2011.

SOUZA, C.S.; VIEITES, F.M. Vitamina D<sub>3</sub> e seus metabólitos para frangos de corte. **Archivos de Zootecnia**, v.63, p.11-24, 2014.

SURAI, A.P.; SURAI, P.F.; STEINBERG, W.; WAKEMAN, W.G.; SPEAKE, B.K.; SPARKS, N.H.C. Effect of canthaxanthin content of the maternal diet on the antioxidant system of the developing chick. **British Poultry Science**, v.44, p.612-619, 2003.

SURAI, P.F.; SPARKS, N.H.C. Comparative evaluation of the effect of two maternal diets on fatty acids, vitamin E, and carotenoids in the chick embryo. **British Poultry Science**. v.42, p.252-259, 2001.

TANAKA, T.; SHNIMIZU, M.; MORIWAKI, H. Cancer chemoprevention by carotenoids molecules, p.3202-3242, 2012.

TATLI SEVEN, P. The effects of dietary turkish propolis and vitamin C on performance, digestibility, egg production and egg quality in laying hens under different environmental temperatures. **Journal of Animal Science**, v.21, n.8, p.1164-1170, 2008.

TATLI SEVEN, P.; SEVEN, I.; YILMAZA, M.; SIMSEK, U.G. The effects of Turkish propolis on growth and carcass characteristics in broilers under heat stress. **Animal Feed Science and Technology**, v.146, p.137-148, 2008.

XIONG, Z.; SUN, D.W.; PU, H.; XIE, A.; HAN, Z.; LUO, M. Non-destructive prediction of thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) value for freshness evaluation of chicken meat using hyperspectral imaging. **Food Chemistry**, v.179, p.175-181, 2015.

WHITEHEAD, C. The black bone syndrome in broilers. *Int. Hatch. Pract.* v.23, n.8, p.7-9, 2009.

WILLIAMS, A.W.; BOILEAU, T.W.M.; ERDMAN, J.W. Factors Influencing the uptake and absorption of carotenoids. **Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine**, p.106-108, 1998.

#### 4. CAPÍTULO I

##### Associação de Cantaxantina e 25-hidroxicolecalciferol na alimentação de machos de corte

**Resumo:** O experimento foi realizado em um aviário experimental climatizado para frangos de corte do Laboratório de Avicultura (LAVIC) da Universidade Federal de Santa Maria. O objetivo principal do estudo foi avaliar o efeito da Cantaxantina associada ao 25-hidroxicolecalciferol (25-OH-D<sub>3</sub>) na alimentação de machos de corte. Foram utilizados 1500 machos Cobb-500<sup>®</sup> de um dia de idade, distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado (DIC), totalizando dois tratamentos com quinze repetições de 50 aves cada. Os tratamentos foram: Tratamento 1; dieta controle e Tratamento 2; dieta controle + Cantaxantina e 25-OH-D<sub>3</sub> adicionado na dieta até 21 dias de idade. A fase experimental compreendeu um período de 42 dias. Aos 42 dias foi realizado o abate das aves para avaliação de cortes e, posteriormente fez-se as análises laboratoriais. Os parâmetros mensurados foram, ganho de peso corporal, consumo de ração, conversão alimentar, rendimento de carcaça e cortes, características físico-químicas da carne (pH, coloração, capacidade de retenção de água, força de cisalhamento, perda por cocção e oxidação lipídica da carne nos diferentes tempos de prateleira 0, 30, 60 e 90 dias “*post-mortem*” e pigmentação da pata), características ósseas (*Black Bone Syndrome*, *Gait Score*, força de ruptura da tíbia e percentual de cálcio, fósforo e cinzas da tíbia). Os dados foram submetidos à análise de variância, através do programa estatístico SAS. Foram encontrados resultados significativos para o grupo suplementado com Cantaxantina + 25-OH-D<sub>3</sub> na dieta, onde estes apresentaram maior (P<0,05) ganho de peso corporal nos períodos de 1-14 e de 1-21 dias de idade. Além disso, aos 42 dias de idade apresentaram maior (P<0,05) coloração de amarelo (b\*) na carne de peito, maior (P<0,05) pigmentação da pata e maior (P<0,05) força de ruptura da tíbia quando suplementados com Cantaxantina + 25-OH-D<sub>3</sub> na dieta. Concluiu-se que machos de corte suplementados com Cantaxantina + 25-OH-D<sub>3</sub> na dieta de 1-21 dias de idade, apresentaram melhor ganho de peso corporal no período inicial de produção, melhor coloração de peito (b\*) e pata aos 42 dias de idade e maior força de ruptura da tíbia. A suplementação de Cantaxantina + 25-OH-D<sub>3</sub> na dieta, não modificou as variáveis de *Black Bone Syndrome* e oxidação lipídica nos diferentes tempos de prateleira.

**Palavras-chave:** Antioxidantes, *Black Bone Syndrome*, características ósseas, machos de corte.

## CHAPTER I

### Association of Canthaxanthin and 25-hydroxycholecalciferol in the feed of male broilers

The study was conducted at the experimental aviary of broiler chickens in the Poultry Laboratory (LAVIC) at the Federal University of Santa Maria (UFSM), Brazil. The objective of the study was to evaluate the effect of Canthaxanthin associated with 25-hydroxycholecalciferol (25-OH-D<sub>3</sub>) in the feed of male broilers. 1500 one-day-old Cobb-500™ males were used, distributed in a completely randomized design, totaling two treatments with fifteen replicates of 50 birds each. The treatments were Treatment one (control diet) and Treatment two (control diet + Canthaxanthin associated with 25-OH-D<sub>3</sub> added in diet up to 21 days of age). The experimental period was 1 to 42 days, after the birds were slaughtered for carcass analysis. The performance parameters measured were body weight gain, feed intake, feed conversion. Carcass yield and cuts were analyzed (pH, color, water-holding capacity, shear force, cooking loss and lipid oxidation of meat at different shelf times 0, 30, 60 and 90 days "post-mortem" and paw pigmentation). To study bone characteristics were analyzed (*Black Bone Syndrome*, *Gait Score*, tibia rupture strength and percentage of calcium, phosphorus and ashes of the tibia). The data were submitted to variance analysis using the statistical program SAS (2013). Male broiler fed with Canthaxanthin + 25-OH-D<sub>3</sub> diet had better (P<0.05) body weight gain (1-14 and of 1-21 days of age). At 42 days of age broilers fed with Canthaxanthin + 25-OH-D<sub>3</sub> in the diet had highest content of yellow in the breast meat, paw pigmentation and tibia rupture strength. Canthaxanthin associated with 25-hydroxycholecalciferol (25-OH-D<sub>3</sub>) resulted better body weight gain at 21 days of age and contributed to increased breast (b\*) and paw pigmentation and tibia rupture force at 42 days of age. Canthaxanthin + 25-OH-D<sub>3</sub> supplementation did not affected *Black Bone Syndrome* and lipid oxidation in different times of storage.

**Keywords:** Antioxidants, *Black Bone Syndrome*, carcass coloration, male broilers.

## INTRODUÇÃO

Atualmente, a carne de frango é um alimento popular, pois fornece nutrientes essenciais para manter a saúde humana, incluindo proteínas, vitaminas e minerais (XIONG et al., 2015). No entanto, suas características qualitativas podem ser afetadas por muitos fatores como condições de manuseio e armazenamento e, também nas variações de componentes bioquímicos (NORTON e SUN, 2008). As principais mensurações para analisar a qualidade de uma carne, são pH, cor, capacidade de retenção de água, perdas por cocção, força de cisalhamento, oxidações de lipídeos e Síndrome do Osso Negro (*Black Bone Syndrome*).

Existe uma série de maneiras de melhorar a qualidade de carnes principalmente aliadas ao desempenho animal, uma das formas é através da utilização de aditivos alimentares. Onde nos últimos anos, está havendo uma crescente conscientização do benefício desses aditivos alimentares na nutrição (CAO et al., 2012).

Os aditivos antioxidantes são amplamente utilizados na indústria, qual tem como principal função minizar os processos oxidativos resultados de processos metabólicos naturais, quais acabam danificando biomoléculas importantes, principalmente de alimentos constituídos de fibras musculares, pois reações oxidativas continuam “*post-mortem*” do animal, sendo uma das principais causas de deterioração da qualidade durante o processamento e armazenamento dos produtos cárneos (DELLES et al., 2014). Dentre os inúmeros compostos antioxidantes, a Cantaxantina é classificada como substância que desempenha a função de proteger as células de danos oxidativos provocados, principalmente, por radicais livres e por espécies reativas de oxigênio (SHAMI e MOREIRA, 2004).

Outro aditivo comumente utilizado na indústria avícola é o 25-hidroxicolecalciferol (25-OH-D<sub>3</sub>), considerado um metabólito intermediário entre a vitamina D<sub>3</sub> e a forma ativa desta no organismo, que tem como principal função manter adequados os níveis plasmáticos de cálcio (Ca) e fósforo (P) em ação conjunta com o paratormônio (PTH) de forma mais rápida no metabolismo, assim funcionando basicamente como um hormônio esteróide (EDWARDS JUNIOR, 2000).

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da suplementação dietética de Cantaxantina associada ao 25-hidroxicolecalciferol (25-OH-D<sub>3</sub>), sobre os índices de desempenho zootécnico, características físico-químicas da carne e características ósseas de machos de corte.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O estudo foi conduzido no Laboratório de Avicultura (LAVIC), pertencente ao Departamento de Zootecnia (DZ) da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, localizado na cidade de Santa Maria, RS.

### **Animais**

Foram utilizados 1500 pintos de corte, machos de um dia de idade, da linhagem Cobb-500<sup>®</sup>, distribuídos em 30 boxes com 50 aves cada. As aves foram adquiridas da empresa JBS, unidade de Montenegro-RS, estas devidamente vacinadas contra as doenças de Gumboro, Newcastle, Bronquite Infeciosa e Marek.

### **Instalações e equipamentos**

As aves foram alojadas em um aviário experimental de 12x35m, totalizando 420m<sup>2</sup>, sua estrutura é constituída de laterais cercadas com tela e cortinas, cobertura isotérmica, sistema de resfriamento tipo pressão negativa, composto por cinco exaustores e um painel evaporativo na extremidade frontal do aviário controlado automaticamente por um controlador de ambiente.

O aviário experimental é composto de 60 boxes, com área interna de 3,61m<sup>2</sup>. Sendo cada box equipado com 4 bicos de bebedouros tipo *Nipple* e um comedouro tipo manual com capacidade de 20kg. A vazão dos bebedouros foi regulada para 40ml/minuto no alojamento, aumentando-se, gradativamente, até 120ml/minuto a partir dos 35 dias de idade até o abate conforme o manual da linhagem. O aquecimento das aves, na fase inicial foi por meio de uma campânula elétrica com lâmpada de 200 Watts por box. Foi adotado um programa de luminosidade conforme recomendações do manual da linhagem. O material utilizado como cama aviária foi maravalha.

### **Dietas**

As aves foram submetidas a dois tratamentos, sendo o primeiro tratamento (Controle) composto somente pela dieta basal e o segundo tratamento (CTX+25), composto pela dieta



basal + 0,1% de *MaxiChick*<sup>1</sup> na dieta de 1-21 dias de idade. O produto comercial *MaxiChick*<sup>®</sup>, é um aditivo composto pela associação de Cantaxantina + 25-OH-D<sub>3</sub>.

As exigências nutricionais foram determinadas segundo as recomendações do manual da linhagem Cobb-500<sup>®</sup> e Rostagno et al. (2011). As dietas experimentais foram preparadas na fábrica de ração localizada nas instalações do Laboratório de Avicultura, UFSM. A alimentação das aves foi dividida em cinco fases: Pré-inicial (1-7 dias), Inicial (8-21 dias), Crescimento I (22-28 dias), Crescimento II (29-35 dias) e Final (36 ao abate).

As dietas foram isonutritivas, compostas por ingredientes de origem vegetal e animal, a base de milho, farelo de soja, fontes de cálcio e fósforo, aminoácido sintético e inclusão de premix vitamínico e mineral. O produto estudado foi adicionado a dieta basal de 1 a 21 dias de idade, na inclusão de 0,1%, seguindo recomendações do fabricante. Após os 21 dias de idade até o abate, as dietas foram semelhantes.

Composição da dieta está detalhada na Tabela 1.

---

<sup>1</sup> *MaxiChick*<sup>®</sup> - DSM Nutritional Products Ltd, São Paulo, SP/Brasil.

Tabela 1- Composição das dietas para machos de corte.

<b>Ingredientes (kg)</b>		<b>Pré-Inicial</b>	<b>Inicial</b>	<b>Cresc. I</b>	<b>Cresc. II</b>	<b>Final</b>
Milho		52,20	55,08	60,99	63,60	65,29
Farelo de Soja		39,40	35,70	30,50	28,00	26,60
Farinha de Carne		2,50	3,00	2,80	2,70	2,20
Óleo de Soja		3,40	4,20	3,90	3,90	4,10
Fosfato Bicálcico		0,40	0,09	-	-	-
Calcário Calcítico		0,73	0,65	0,53	0,54	0,61
Sal		0,45	0,42	0,40	0,40	0,40
DL-Metionina		0,35	0,32	0,30	0,30	0,27
L-Lisina HCL		0,17	0,15	0,18	0,20	0,19
L-Treonina		0,05	0,03	0,06	0,06	0,05
Cloreto de Colina		0,12	0,13	0,10	0,07	0,06
Fitase		0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Premix Comercial <sup>1</sup>		0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
<b>Total</b>		<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
<b>Tratamentos</b>						
<i>Controle</i>		0	0	0	0	0
<i>CTX+25<sup>2</sup></i>		0,100	0,100	0	0	0
<b>Níveis Nutricionais Calculados</b>						
Energia Metabolizável	(kcal/kg)	2980	3080	3180	3210	3240
Proteína Bruta	%	23,30	22,00	20,00	19,00	18,22
Cálcio	%	0,95	0,90	0,80	0,78	0,74
Fósforo Disponível	%	0,47	0,44	0,41	0,40	0,37
Arginina Digestível	%	1,62	1,54	1,36	1,25	1,18
Lisina Digestível	%	1,30	1,20	1,10	1,05	1,00
Metionina Digestível	%	0,65	0,61	0,57	0,55	0,52
Met.+Cistina Digestível	%	0,96	0,90	0,84	0,81	0,77
Treonina Digestível	%	0,83	0,77	0,72	0,69	0,66
Triptofano Digestível	%	0,26	0,24	0,21	0,20	0,19
Isoleucina Digestível	%	0,90	0,84	0,75	0,71	0,68
Leucina Digestível	%	1,75	1,67	1,55	1,49	1,44
Valina Digestível	%	0,98	0,92	0,84	0,79	0,76
Histidina Digestível	%	0,56	0,53	0,48	0,46	0,44
Fenilalanina Digestível	%	1,05	0,98	0,88	0,83	0,80
Gordura Bruta	%	6,19	7,11	6,93	6,98	7,17
Fibra Bruta	%	2,73	2,60	2,46	2,39	2,35
Amido	%	33,21	34,99	38,64	40,26	41,28
Cinzas	%	5,10	4,72	4,21	4,05	3,87
Sódio	%	0,21	0,20	0,19	0,19	0,19
Cloro	%	0,38	0,36	0,35	0,35	0,35
Potássio	%	1,06	0,99	0,89	0,84	0,80

<sup>1</sup>Premix Comercial: Níveis mínimos de garantia por Kg de produto: Vitamina A: 5.546.000 UI/kg, Ferro: 24.800mg, Selenio 150mg, Vitamina D<sub>3</sub>: 1.339.000 UI/kg, Vitamina K<sub>3</sub>: 944mg, Vitamina B<sub>1</sub>: 1.005mg, Vitamina B<sub>6</sub>: 1.245mg, Acido Pantoténico: 5.890mg, Acido Fólico: 495mg: Cobre 4.280mg, Iodo: 500mg, Vitamina B<sub>2</sub>: 2.250mg, Vitamina B<sub>12</sub>: 6.000mcg, Niacina: 15.000mg, B.H.T: 1.000mg, Biotina: 50mg, Manganês: 33.300mg, Zinco: 25.680mg, Vitamina E: 12.430 UI/kg.

<sup>2</sup>CTX+25: Produto composto pela associação de Cantaxantina (6.000mg/kg)+25-OH-D<sub>3</sub> (2.760.000 UI/kg).

## **Desempenho Zootécnico**

Foram realizadas avaliações semanais das aves aos 0-7, 7-14, 14-21, 21-28, 28-35, 35-42 dias de idade, sendo mensurado: ganho de peso médio (GPM), consumo de ração (CR) e posteriormente calculado a conversão alimentar (CA) de cada repetição.

Aos 42 dias de idade foi realizado abate de 90 aves/tratamento, essas foram selecionadas dentro do peso médio da repetição ( $\pm 2,5\%$ ). Após abate das aves, foram mensurados, rendimentos de carcaça e cortes (coxa, sobrecoxa, asa, coxa da asa, peito inteiro, peito desossado, dorso e sassami). As aves foram abatidas no abatedouro do Colégio Politécnico da Universidade Federal de Santa Maria, adotando-se os métodos padrões de abate humanitário para aves conforme a normativa nº 3/2000.

## **Características físico-químicas da carcaça**

Para a mensuração das análises físico-químicas da carne (pH, cor, capacidade de retenção de água, perdas por cocção, força de cisalhamento), foram utilizadas 45 amostras/tratamento.

### pH

O pH das amostras de carne de peito foi mensurado imediatamente após o processo de *chiller* da carcaça, através de aparelho pHmetro (Sentron, modelo 1001) acoplado a uma sonda Sentron tipo LanceFET, modelo 1074001, com ponta fina de penetração.

### Cor

Foi realizada através de um colorímetro Minolta Chroma Meter CR-300, sendo analisados os parâmetros L\* (luminosidade), a\* (teor de vermelho) e b\* (teor de amarelo). As leituras foram realizadas à temperatura ambiente após o processo de *chiller* da carcaça. Os valores foram coletados em três diferentes pontos do músculo *Pectoralis Major*. Estas avaliações foram feitas conforme a metodologia proposta por Van Laack et al. (2000).

### Capacidade de retenção de água

A medida de capacidade de retenção de água foi realizada utilizando a metodologia descrita por Hamm (1961). A determinação foi baseada na medição da perda de água liberada, quando aplicada uma pressão sobre o tecido muscular. Cubos de carne de 0,5g foram colocados

entre dois papéis de filtro (12,5cm de diâmetro) e, estes entre duas placas de vidro (12x12x1cm), no qual é colocado peso de 10kg por 5 minutos. A amostra de carne de peito após o processo foi pesada e por diferença calculou-se a quantidade de água perdida. O resultado foi expresso em porcentagem de água exsudada em relação ao peso inicial da amostra.

#### Perdas por cocção

Para as análises de perda por cocção, foram utilizados filés íntegros depois de 24h “*post-mortem*”. Estes foram devidamente pesados e posteriormente embalados em papel laminado e grelhados até atingir uma temperatura interna de 82 a 85°C. Após o cozimento, os filés foram retirados do papel laminado e os mesmos foram resfriados sobre papel absorvente à temperatura ambiente. Após, as amostras foram pesadas para averiguação da diferença de peso antes e após o cozimento. A diferença entre o peso inicial (peito “*in natura*”) e final (peito cozido) correspondeu à perda de peso por cozimento (HONIKEL, 1987).

#### Força de cisalhamento

Para avaliação da força de cisalhamento foi utilizado o texturômetro TA.XT plus, equipado com dispositivo Warner Blatzler. A velocidade de descida e corte do dispositivo foi de 200mm minutos<sup>-1</sup> (AMSA, 1995). Foram utilizadas as amostras usadas na determinação da perda de peso por cozimento. De cada amostra foram retiradas cinco sub-amostras por filé de peito na forma de paralelepípedos com 1x1x2cm (altura, largura e comprimento, respectivamente), as quais foram colocadas com as fibras orientadas no sentido perpendicular às lâminas da *probe* Warner-Blatzler.

#### Oxidação lipídica

A oxidação lipídica foi mensurada através das substâncias reativas ao Ácido Tiobarbitúrico (TBARS), através da técnica de Raharjo et al. (1992). Esta metodologia mensura a quantidade de malonaldeído presente na carne. Para esta metodologia foram utilizadas 15 amostras de carne de peito/tratamento/tempo e 15 amostras de carne de coxa/tratamento/tempo. Sendo cada amostra respectiva a uma ave. Os tempos adotados foram 0, 30, 60, 90 dias “*post-mortem*” com as amostras devidamente congeladas em freezer a -18°C. As amostras foram processadas e analisadas no Núcleo Integrado de Desenvolvimento de Análises Laboratoriais (NIDAL) da Universidade Federal de Santa Maria.

### Pigmentação da pata

Aos 42 dias de idade foi realizado o método que avalia a pigmentação da pata das aves, este método é mensurado através de um leque de escores colorimétricos (DSM color Fan<sup>TM</sup>). Nesta metodologia foram utilizadas 90 aves/tratamento.

### **Características ósseas**

#### Gait Score

Aos 40 dias de idade, 100% das aves foram submetidas a metodologia de *Gait Score* de Almeida Paz (2008), que tem como principal finalidade avaliar a capacidade de locomoção e bem estar das aves. A metodologia adaptada por Almeida Paz (2008), é classificada em 3 escores, sendo, escore 0 - ave que caminhou normalmente e deu no mínimo dez passos ininterruptos, escore 1 - ave que apresentou dificuldade ao caminhar e deu entre seis a dez passos ininterruptos e escore 2 - ave que caminhou com muita dificuldade e deu menos de seis passos ininterruptos ou não caminhou.

#### Black Bone Syndrome (BBS)

Foi realizada a metodologia descrita por Whitehead & Fleming (2008), para avaliar a Síndrome do Osso Negro nas aves. Qual determina o extravasamento da matriz óssea para a área adjacente do osso. Esta metodologia adota 3 níveis de aparência visual, sendo nível aceitável, nível intermediário e nível inaceitável. Para esta metodologia foram utilizados 45 pares de coxa/tratamento, onde foram congeladas por três dias, e após este período foram analisadas. A coxa direita foi utilizada para avaliar a luminosidade ( $L^*$ ) do osso, através de um colorímetro Minolta Chroma Meter CR-300, e também para avaliação macroscópica da cor do osso cru. A coxa esquerda foi cozida, e após, realizada a avaliação macroscópica da carne adjacente ao osso.

#### Força de Ruptura Óssea

Foi avaliada a força de ruptura óssea da tíbia conforme metodologia descrita por Creshaw (2003), com auxílio de uma prensa eletrônica (EMIC-DL10000) do Colégio Técnico Industrial de Santa Maria (CTISM-UFSM). Para análise de força de ruptura óssea foram utilizadas 45 tíbias do lado direito/tratamento. A coleta das tíbias foi realizada após o abate das aves aos 42 dias de idade, sendo estas devidamente livres de material adjacente, para posterior análise de força de ruptura. Os ossos foram colocados na posição horizontal sobre dois suportes,

sendo a pressão aplicada no centro dos mesmos. A quantidade máxima de força aplicada ao osso no momento de sua ruptura foi considerada como força de ruptura óssea.

### Composição Óssea

Para análise da composição óssea da tíbia foram utilizadas as amostras das análises de força de ruptura óssea, estas foram desengorduradas utilizando éter de petróleo, secas em estufa, moídas em moinho tipo bola, conforme metodologia descrita pela AOAC (1984), após foram realizados os procedimentos que determinam as concentrações de cinzas, fósforo e cálcio das tíbias, através do método de Tedesco et al. (1985).

### **Delineamento experimental e análise estatística**

Foi adotado um delineamento inteiramente casualizado (DIC), totalizando dois tratamentos com 15 repetições. Os dados apresentaram distribuição normal e foram submetidos à análise de variância (ANOVA). Admitiu-se que os dados de *Gait Score* e *Black Bone Syndrome* não atendem as pressuposições do modelo estatístico (normalidade e homogeneidade), portanto, aplicou-se o teste do Qui-Quadrado ao nível 5% de significância. A análise estatística foi realizada com o auxílio do programa estatístico SAS (Statistical Analysis System, 9.4).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **Desempenho zootécnico**

Ao analisar os resultados de desempenho (Tabela 2) verificou-se que machos suplementados com Cantaxantina + 25-OH-D<sub>3</sub> na dieta no período de 1-14 e 1-21 dias de idade, apresentaram maior ganho de peso corporal ( $P < 0,05$ ) quando comparados com machos que não receberam a suplementação de Cantaxantina + 25-OH-D<sub>3</sub> na dieta.

O resultado encontrado no presente estudo pode estar ligado ao fato do estresse oxidativo inibir a atividade das enzimas pancreáticas, acarretando na redução da digestibilidade aparente dos nutrientes, assim a presença de antioxidantes na dieta interfere parcialmente na desnaturação da proteína oxidativa, como consequência acaba melhorando a utilização dos nutrientes pelo animal (TATLISEVEN, 2008). Durante o processo de produção, as aves passam por diversas situações estressoras, que elevam a produção de radicais livres e a lipoperoxidação,

possivelmente provocando distúrbios que acometem principalmente o desempenho da ave e a qualidade final do produto (PANDA e CHERIAN, 2014).

Os resultados significativos de ganho de peso corporal deste estudo corroboram com de Tavárez et al. (2011), onde testaram a inclusão de antioxidantes (Etoxiquina e Galato de Propilo) em dois níveis (0 ou 135mg/kg) e qualidade de óleo (óleo de soja fresco ou óleo de soja oxidado), observaram maior ganho de peso corporal e maior consumo de ração sem diferir na conversão alimentar, quando feita a inclusão de antioxidantes na dieta. Os autores ainda concluíram que a inclusão antioxidante aumentou a concentração de vitamina A e E no soro e no fígado, além de proteger os lipídios da oxidação, melhorando o desempenho do frango.

Resultados de Souza et al. (2013) se correlacionam com os encontrados neste estudo, onde a inclusão de 25-OH-D<sub>3</sub> influenciou positivamente o ganho de peso e a conversão alimentar das aves, quando compararam seis níveis crescentes de inclusão de 25-OH-D<sub>3</sub> na dieta. Outro estudo que se assemelha com o encontrado é de Brito et al. (2010), onde encontraram efeito linear crescente sob ganho de peso e conversão alimentar à medida que se elevaram os níveis de vitamina D nas rações.

Gómez-Verduzco et al. (2013) constataram que frangos alimentados com dietas contendo vitamina D<sub>3</sub> (2000 UI/kg, semelhante aos níveis comerciais) com e sem adição de 25-OH-D<sub>3</sub> apresentaram maior ganho de peso corporal e melhor conversão alimentar em comparação com os frangos alimentados com dietas com um nível de vitamina D<sub>3</sub> recomendado pelo NRC (1994) e dietas com a única suplementação de 25-OH-D<sub>3</sub> no período de experimental de 21 dias de idade.

Estudos de diversos autores corroboram com os encontrados no estudo realizado, onde apontam maior efetividade da 25-OH-D<sub>3</sub> sobre o desempenho de frangos, principalmente na fase inicial de produção (YARGER et al., 1995; FRITTS e WALDROUP, 2003). Entretanto, alguns autores não observaram diferença no desempenho das aves, quando submetidas a diferentes fontes de vitamina D (ZHANG et al., 1997; EDWARDS JUNIOR, 2002; LEDWABA e ROBERSON, 2003; FRITTS e WALDROUP, 2005; RAO et al., 2008).

Tabela 2 - Ganho de peso corporal, ganho médio diário (GMD), consumo de ração, conversão alimentar, viabilidade criatória (VC) e índice de eficiência produtiva (IEP).

<b>Idade (dias)</b>	<b>Controle</b>	<b>CTX+25</b>	<b>Valor de P</b>	<b>CV%</b>	<b>SEM</b>
<b>Ganho de Peso (g)</b>					
<b>1-7</b>	155,54	156,38	0,4570	1,93	3,02
<b>1-14</b>	497,34	503,48	0,0028 *	1,02	5,11
<b>1-21</b>	1007,45	1024,38	0,0001 *	0,71	7,27
<b>1-28</b>	1577,20	1587,27	0,5193	2,67	42,26
<b>1-35</b>	2285,99	2296,00	0,4650	1,61	37,02
<b>1-42</b>	2877,90	2915,06	0,1388	2,30	66,80
<b>GMD</b>	68,52	69,40	0,1388	2,30	1,59
<b>Consumo de Ração (g)</b>					
<b>1-7</b>	182,09	180,71	0,4721	2,86	5,21
<b>1-14</b>	599,23	600,34	0,7755	1,75	10,49
<b>1-21</b>	1318,47	1326,40	0,3388	1,68	22,30
<b>1-28</b>	2252,29	2251,72	0,9676	1,69	38,09
<b>1-35</b>	3416,99	3422,42	0,8060	1,75	59,99
<b>1-42</b>	4591,38	4602,90	0,6918	1,71	78,78
<b>Conversão Alimentar</b>					
<b>1-7</b>	1,1708	1,1560	0,2924	3,25	0,03
<b>1-14</b>	1,2049	1,1924	0,0853	1,59	0,02
<b>1-21</b>	1,3087	1,2948	0,0502	1,48	0,01
<b>1-28</b>	1,4284	1,4192	0,3075	1,69	0,02
<b>1-35</b>	1,4947	1,4907	0,5434	1,19	0,02
<b>1-42</b>	1,5955	1,5796	0,1233	1,73	0,03
<b>VC (%)</b>	92,13	92,26	0,9208	3,94	3,64
<b>IEP (Pontos)</b>	396,04	398,98	0,6739	4,75	18,91

VC (%): Viabilidade Criatória em relação ao período experimental de 42 dias.

IEP (pontuação): Índice de Eficiência Produtiva.  $IEP = (GP * V\% / CA * N^{\circ} \text{ dias}) * 100$

\*Significativo ( $P < 0,05$ )

CV% = Coeficiente de variação

SEM = Erro padrão da média

Conforme observado na Tabela 3, o efeito da suplementação de Cantaxantina + 25-OH-D<sub>3</sub> na dieta no período de 1-21 dias de idade, não influenciou nos resultados de rendimento de carcaça e cortes (peito, coxa, sobrecoxa, asa, coxa da asa, dorso, peito desossado e sassami) de machos abatidos aos 42 dias de idade.

Os resultados encontrados neste estudo corroboram com de Tavárez et al. (2011), onde não observaram diferença para peso de carcaça, rendimento de carcaça e peito, quando testaram a inclusão de antioxidantes (Etoxiquina e Galato de Propilo) em dois níveis (0 ou 135 mg/kg) e qualidade de óleo (óleo de soja fresco ou óleo de soja oxidado) em machos abatidos aos 43 dias de idade. Souza et al. (2013), também não encontraram diferença para rendimento de carcaça e cortes, quando avaliaram a suplementação de 25-OH-D<sub>3</sub> e redução de cálcio e fósforo disponível nas rações de machos aos 42 dias de idade.



Tabela 3 - Efeito dos tratamentos sobre peso vivo, peso de carcaça, rendimento de carcaça e cortes (peito, coxa, sobrecoxa, asa, coxa da asa, dorso, peito desossado e sassami) em relação ao peso de carcaça de machos abatidos aos 42 dias de idade.

VARIÁVEIS	Controle	CTX+25	Valor de P	CV%	SEM
Peso vivo <sup>1</sup> (g)	2844,40	2885,15	0,1657	2,73	78,39
Peso de carcaça <sup>2</sup> (g)	2104,00	2122,19	0,4241	2,90	61,40
Rendimento de carcaça <sup>3</sup> (%)	73,96	73,56	0,2160	1,19	0,88
Peito (%)	41,12	41,35	0,5450	2,55	1,05
Coxa (%)	13,04	12,95	0,3919	2,25	0,29
Sobrecoxa (%)	16,45	16,35	0,6133	3,21	0,53
Asa (%)	5,06	5,03	0,5162	2,54	0,13
Coxa da asa (%)	5,28	5,17	0,1606	4,02	0,21
Dorso (%)	18,90	18,70	0,2061	2,33	2,34
Peito desossado (%)	36,68	37,22	0,1300	2,58	0,96
Sassami (%)	6,16	6,22	0,1293	1,74	0,11

<sup>1</sup>Peso da ave pós jejum alimentar.

<sup>2</sup>Peso da ave abatida sem penas, sangue, vísceras, pés, cabeça e pescoço.

<sup>3</sup>Relação entre o peso da carcaça e o peso vivo da ave, expresso em porcentagem.

CV% = Coeficiente de variação

SEM = Erro padrão da média

### Características físico-químicas da carcaça

Machos de corte suplementados com Cantaxantina + 25-OH-D<sub>3</sub> na dieta de 1-21 dias de idade (Tabela 4), apresentaram maior coloração (P<0,05) de carne de peito, especificamente sob teor de amarelo (b\*).

Esse resultado é devido principalmente à capacidade pigmentante e antioxidante da Cantaxantina na carcaça de frangos de corte, onde vários autores descrevem uma alta relação entre a oxidação de lipídeos e a oxidação dos pigmentos de carnes. Conforme O'Grady et al. (2001) os radicais livres produzidos durante a oxidação lipídica podem oxidar o átomo de ferro ou desnaturar a molécula de mioglobina, assim alterando negativamente a cor da carne. A taxa de descoloração está intimamente ligada com a taxa de oxidação da mioglobina induzida pela oxidação lipídica (CHENG et al., 2007).

Resultados de Shang et al. (2014) corroboram com os encontrados neste estudo, onde constataram menor luminosidade e maior teor de vermelho e amarelo na carcaça de frangos de corte, quando foram aumentados os níveis de concentrado de fermentação de *Hericiium caput-medusae* como antioxidante na dieta. Os resultados corroboram com Lee et al. (2012), onde relataram que a suplementação do resíduo do talo de *Pleurotus Eryngii* na alimentação de frangos de corte até os 35 dias de idade, influenciou significativamente na cor da carne expresso

por ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ), onde os maiores valores de  $L^*$  e menores valores de  $a^*$  e  $b^*$  foram obtidos no grupo controle.

Tavárez et al. (2011), testaram efeitos de diferentes tipos de óleo e inclusão de antioxidante (Etoxiquina e Galato de Propilo) e concluíram que o teor de amarelo ( $b^*$ ) foi aumentado quando incluído óleo oxidado, mas inalterada pela inclusão antioxidante. O teor de vermelho ( $a^*$ ) não foi alterado por qualquer tratamento. Já Ryu et al. (2005) relataram que frangos de corte suplementados com selênio e  $\alpha$ -tocoferol utilizados na dieta com função antioxidante até os 42 dias de idade, não apresentaram diferença na coloração da carne de peito ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ) e a luminosidade ( $L^*$ ) tendeu a diminuir à medida que o período de armazenamento foi estendido.

A suplementação de Cantaxantina + 25-OH-D<sub>3</sub> na dieta de machos de corte (Tabela 4), não influenciou ( $P>0,05$ ) as variáveis de pH, força de cisalhamento, capacidade de retenção de água e perda por cocção de amostras de carne de peito aos 42 dias de idade. Estes resultados corroboram com de alguns autores, onde observaram somente alterações mínimas nas características de carcaça e qualidade de carne quando utilizaram inclusão de antioxidantes na dieta (LIN et al., 1989; JIANG et al., 2009; MCGILL et al., 2011).

Resultados encontrados neste estudo, condizem com de Tavárez et al. (2011), onde não observaram diferença para as variáveis de pH final, capacidade de retenção de água, perda por cocção e força de cisalhamento de carne de peito de frangos de corte suplementados com diferentes tipos de óleo e inclusão de antioxidante (Etoxiquina e Galato de Propilo).

Tabela 4 - Características físico-químicas da carne de machos abatidos aos 42 dias de idade.

<b>Características</b>	<b>Controle</b>	<b>CTX+25</b>	<b>Valor de P</b>	<b>CV %</b>	<b>SEM</b>
Luminosidade ( $L^*$ )	52,40	52,46	0,9224	3,11	1,64
Teor de vermelho ( $a^*$ )	2,45	2,41	0,8550	23,54	0,57
Teor de amarelo ( $b^*$ )	7,06	7,76	0,0202 *	10,42	0,77
pH	5,85	5,83	0,4531	1,27	0,07
Força de cisalhamento (kgf/g)	5,16	4,83	0,2592	15,95	0,80
Capacidade de retenção de água (%)	88,88	89,08	0,7711	2,13	1,90
Perda por cocção (%)	28,26	28,32	0,9501	9,70	2,75

\* Significativo ( $P<0,05$ )

CV% = Coeficiente de variação

SEM = Erro padrão da média

Conforme os resultados apresentados na Tabela 5, observou-se maior ( $p<0,05$ ) coloração da pata de machos de corte suplementados com Cantaxantina + 25-OH-D<sub>3</sub> na dieta em relação ao grupo controle. Esse resultado é devido principalmente a Cantaxantina, que além

de ter características antioxidantes, também exerce papel pigmentante, em alimentos, frutas, legumes, carne de peixe, gema de ovos e pele de animais (DSM®).

Os resultados de pigmentação da pata (Tabela 5) correlacionam-se com os da coloração de peito (Tabela 4) onde em ambos, o grupo suplementado com Cantaxantina + 25-OH-D<sub>3</sub> na dieta apresentou maiores valores de coloração. Essa observação pode ser justificada conforme relatos de autores, que descrevem alta relação existente entre oxidação lipídica e oxidação de pigmentos.

Tabela 5 - Escores da pigmentação da pata de machos de corte aos 42 dias de idade.

<b>Controle</b>	<b>CTX+25</b>	<b>Valor de P</b>	<b>CV %</b>	<b>SEM</b>
3,1066	4,6755	0,0001 *	9,38	0,37

\* Significativo (P<0,05)

CV% = Coeficiente de variação

SEM = Erro padrão da média

Conforme os resultados apresentados no Gráfico 1, não houve diferença (P>0,05) na oxidação lipídica de amostras de carne de peito e de coxa em seus respectivos tempos de armazenamento 0, 30, 60 e 90 dias “*post-mortem*” entre o grupo controle e o grupo suplementado com Cantaxantina + 25-OH-D<sub>3</sub> na dieta.

Akbari et al. (2016) também não observaram impacto significativo nas concentrações de Malonaldeído (MDA) nos músculos de peito e da coxa após 12 e 48 h “*post-mortem*” e nas atividades da superóxido dismutase (SOD) e da glutathiona peroxidase (GSH-Px) quando testaram a suplementação de zinco como fonte antioxidante em dietas de machos de corte. Outros estudos com foco em antioxidantes naturais também demonstraram que a alimentação de frangos de corte com altos níveis de  $\alpha$ -tocoferol atrasa o início da formação de sabor desagradável oxidativo na carne de frango durante o armazenamento (WINNE e DIRINCK, 1996; RYU et al., 2005).

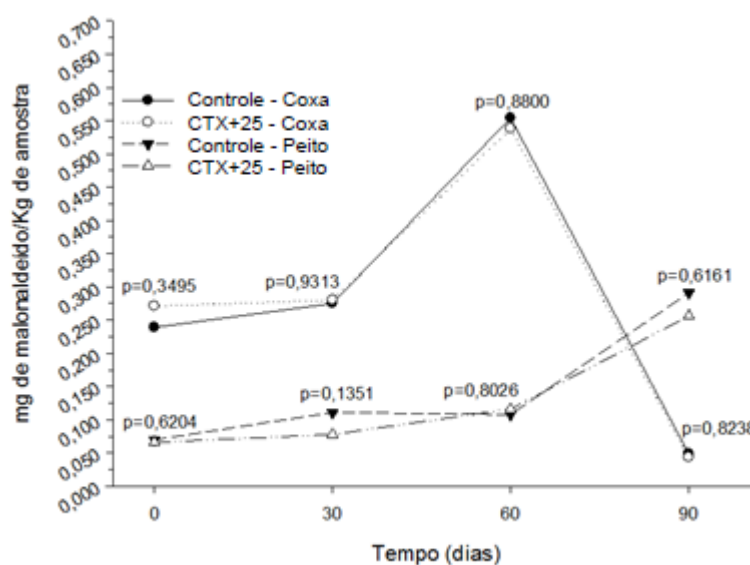
A técnica de TBARS, é caracterizada por quantificar o MDA, um dos principais produtos da decomposição dos hidroperóxidos de ácidos graxos poliinsaturados, formado durante o processo oxidativo. Tavárez et al. (2011) relataram produção reduzida de MDA em carne de peito de machos de corte alimentados com uma mistura comercial de Etoxiquina e Galato de Propilo como fonte antioxidante.

Conforme o Gráfico 1, percebe-se que os valores de TBARS da carne de coxa após os 60 dias de armazenamento, sofreram uma queda brusca. Esse resultado pode ser atribuído a capacidade do MDA combinar-se com outros componentes químicos dos alimentos, tais como

as proteínas e formar compostos estáveis que conduzem a uma subestimação do valor final de TBARS (SHAMBERGER, SHAMBERGER e WILLIS, 1977). Rao et al. (1996) encontraram redução nos valores de TBARS em carne de búfalo crua, entre 30 e 60 dias de armazenamento sob congelamento.

A diferença nos valores de TBARS encontrados entre carne de peito e coxa neste estudo, deve-se principalmente pela diferença de fibras musculares, onde as fibras musculares do peito têm menor teor de gordura, já as fibras musculares da coxa possuem maior teor de gordura, assim tornando-se mais propensas a oxidação lipídica. Além disso, a constituição das fibras são diferentes, sendo que existem dois tipos de músculos esqueléticos, o vermelho e o branco. O vermelho é constituído predominantemente por fibras oxidativas e o músculo branco é formado predominantemente por fibras glicolíticas (BANKS, 1992).

Gráfico 1 - Oxidação lipídica da carne de coxa e peito de machos



### Características ósseas

Conforme os resultados apresentados na Tabela 6, frangos de corte suplementados com Cantaxantina + 25-OH-D<sub>3</sub> na dieta, não apresentaram diferença ( $P>0,05$ ) na frequência de *Gait Score* quando avaliados aos 40 dias de idade. Os resultados encontrados no estudo corroboram com de Colet et al. (2015) onde não verificaram diferença no *Gait Score* de frangos de corte machos e fêmeas da linhagem Cobb<sup>®</sup>, quando suplementados com vitamina D<sub>3</sub> e a associação ao 25-OH-D<sub>3</sub>.

As avaliações de *Gait Score* foram desenvolvidas, inicialmente, para avaliar o bem-estar das aves, atualmente estão sendo utilizadas para se mensurar problemas locomotores. Um dos primeiros estudos avaliando *Gait Score* de frangos de corte mostrou que aves de linhagens comerciais apresentaram pior *Gait Score* em comparação a caipiras (KESTIN et al., 1992). Já em outro estudo, Brickett et al. (2007) relacionaram principalmente a diferença no ganho de peso entre machos e fêmeas, assim, consideraram que o macho tem pior forma de caminhar devido ao seu maior peso corporal. Outro fator que pode interferir na capacidade de andar do frango de corte é a idade, ou seja, quanto mais velho, maior comprometimento do sistema locomotor.

Tabela 6 - Frequência de *Gait Score* em machos aos 40 dias de idade.

<b>Escores</b>	<b>Controle</b>	<b>CTX+25</b>	<b>Valor de P</b>
<b>0</b>	96,38	97,08	0,4665
<b>1</b>	2,46	1,75	0,3603
<b>2</b>	1,16	1,17	0,9860

Escores; 0 - ave que caminhou normalmente e deu no mínimo dez passos ininterruptos, 1 - ave que apresentou dificuldade ao caminhar e deu entre seis a dez passos ininterruptos e 2 - ave que caminhou com muita dificuldade e deu menos de seis passos ininterruptos ou não caminhou

Conforme os resultados encontrados na Tabela 7, não foi observado diferença ( $P > 0,05$ ) no grau de *Black Bone Syndrome* (BBS) entre o grupo controle e o grupo suplementado com Cantaxantina + 25-OH-D<sub>3</sub> na dieta.

A BBS é definida como uma condição em que a superfície do osso e tecidos musculares adjacentes após o cozimento sofrem escurecimento (SMITH e NORTHCUTT, 2004). Efeitos negativos no mercado e na comercialização de produtos podem ser evidentemente percebidos. O processo de cocção também contribui neste processo, além de escurecer o sangue extravasado no tecido muscular (WHITEHEAD, 2010).

Pérez-Vendrell et al. (2011) observaram que a suplementação de 25-hidroxivitamina D na dieta de frangos pode ser eficaz na formação de uma estrutura óssea sólida, minimizando o extravasamento de sangue, assim minimizando a ocorrência de BBS. Whitehead (2009) descreve que aves suplementadas com 25-hidroxivitamina D na dieta, apresentaram redução de BBS.

Tabela 7 - Metodologia de *Black Bone Syndrome* (BBS) aplicada em coxa de machos.

	<b>Controle</b>	<b>CTX+25</b>	<b>Valor de P</b>
<b>Tíbia in natura</b>			
Luminosidade (L*)	56,75	56,71	0,9832
Aceitável (%)	77,78	71,11	0,4684
Intermediário (%)	22,22	28,89	0,7684
Inaceitável (%)	0,00	0,00	
<b>Tíbia Cozida</b>			
Aceitável (%)	82,22	80,00	0,7877
Intermediário (%)	17,78	20,00	0,7877
Inaceitável (%)	0,00	0,00	

Conforme os resultados apresentados na Tabela 8, não houve diferença nos percentuais de cinzas, cálcio e fósforo para o grupo suplementado com Cantaxantina + 25-OH-D<sub>3</sub> na dieta de 1-21 dias de idade em relação ao grupo controle.

O mesmo foi relatado por Oliveira et al. (2015), onde avaliaram três níveis de vitamina D (1250 UI vitamina D<sub>3</sub>; 3000 UI vitamina D<sub>3</sub> e 2760 UI de 25-OH-D<sub>3</sub>) fornecidos na ração até o 21º dia de vida, diante do estudo não houve diferenças entre os níveis de vitamina D para percentuais de cálcio e fósforo nas tíbias de machos Ross 308, Cobb 500 e Hybro.

Gómez-Verduzco et al. (2013) não observaram diferença nos percentuais de cinzas e P de tíbias de frangos de corte suplementados com vitamina D<sub>3</sub>, 25-OH-D<sub>3</sub> e sua combinação. Já a percentagem de cálcio aumentou em frangos suplementados com dietas incluindo 25-OH-D<sub>3</sub> + vitamina D<sub>3</sub> (nível comercial) em relação aos não suplementados com 25-OH-D<sub>3</sub> e vitamina D<sub>3</sub> níveis do NRC (1994) ou nível comercial. Fritts e Waldroup (2003) avaliaram seis níveis de colecalciferol e seis de 25-OH-D<sub>3</sub> (125; 250; 500; 1000; 2000 ou 4000 UI de vitamina D/kg de ração) em machos de corte de 1 a 42 dias de idade e observaram maior teor de cinzas ósseas e menor severidade de discondroplasia tibial para as aves alimentadas com 25-OH-D<sub>3</sub>.

Foi observado (Tabela 8) diferença (P<0,05) para força de ruptura óssea da tíbia, onde o grupo de aves suplementadas com Cantaxantina + 25-OH-D<sub>3</sub> na dieta apresentaram maiores valores de força de ruptura da tíbia. Este resultado pode estar atrelado ao fato do 25-OH-D<sub>3</sub> ter maior eficiência no organismo em relação a vitamina D<sub>3</sub>, assim influenciando diretamente nas concentrações de Ca e P dos ossos e melhorando a qualidade óssea da ave.

A menor absorção de Ca e P e menor força de ruptura óssea, pode estar relacionada à menor disponibilidade da vitamina D em aves de produção (ALMEIDA PAZ e BRUNO, 2006). Segundo Aburto et al. (1998), os efeitos da vitamina D<sub>3</sub> e dos metabólitos podem variar dependendo da resposta biológica, devido aos fatores externos, como os ambientais e internos como a variação genética.

Garcia et al. (2013), não encontraram diferença significativa para a resistência óssea, fornecendo colecalciferol ( $D_3$ ), e seus metabólitos  $1,25(OH)_2D_3$ ,  $25-OH-D_3$  e  $1\alpha(OH)D_3$  na dieta de frangos de corte. O mesmo foi relatado por Oliveira et al. (2015), onde avaliaram três níveis de vitamina D (1250 UI vitamina  $D_3$ ; 3000 UI vitamina  $D_3$  e 2760 UI de  $25-OH-D_3$  fornecidos na ração até o 21º dia de vida.

Tabela 8 - Força de ruptura óssea (Newton), percentual de cinzas, cálcio e fósforo na matéria seca desidratada da tíbia de machos aos 42 dias de idade.

Variáveis	Controle	CTX+25	Valor de P	CV %	SEM
F. Ruptura (N)	271,89	303,01	0,0047 *	9,65	27,7
Cinzas (%)	40,34	39,75	0,3799	4,43	1,77
Cálcio (%)	19,92	20,05	0,4891	2,09	0,41
Fósforo (%)	6,38	6,46	0,4251	3,78	0,24

\* Significativo ( $P < 0,05$ )

CV% = Coeficiente de variação

SEM = Erro padrão da média

## CONCLUSÃO

Machos de corte suplementados com Cantaxantina + 25-hidroxicolecalciferol ( $25-OH-D_3$ ) na dieta de 1-21 dias de idade, apresentaram maior ganho de peso corporal e melhor conversão alimentar nos períodos de 1-14 e de 1-21 dias de idade. Também apresentaram maior teor de amarelo ( $b^*$ ) no peito, maior pigmentação da pata aos 42 dias de idade e maior força de ruptura da tíbia.

A suplementação de Cantaxantina +  $25-OH-D_3$  na dieta de 1-21 dias de idade, não modificou as variáveis de *Black Bone Syndrome* (Síndrome do Osso Negro) e oxidação lipídica nos diferentes tempos de prateleira.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABURTO, A.; EDWARDS, H.M.; BRITTON, W.M. The Influence of Vitamin A on the utilization and amelioration of toxicity of cholecalciferol, 25-hydroxycholecalciferol and 1,25 dihydroxycholecalciferol in young broiler chickens. **Poultry Science**, v.77, p.585-593, 1998.

AKBARI, R.; KAKHKI, M.; BAKHSHALINEJAD, R.; SHAFIEE, M. Effect of dietary zinc and  $\alpha$ -tocopheryl acetate on broiler performance, immune responses, antioxidant enzyme activities, minerals and vitamin concentration in blood and tissues of broilers. **Animal Feed Science and Technology**, v.221, p.12-26, 2016.

ALMEIDA PAZ, I. C. L.; BRUNO, L. D. G. Bone mineral density: Review. **Brazilian Journal of Poultry Science**. v.8, p.69-73, 2006.

ALMEIDA PAZ, I.C.L. Problemas locomotores e técnicas de mensuração. In: Conferência Apinco de Ciência e Tecnologia Avícola, Santos. Anais... Campinas: **FACTA**, p.57-68, 2008.

AMSA-AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION. **Research guidelines for cookery sensory and instrumental tenderness measurement of fresh meat**. Chicago, 1995.

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS - AOAC. Official methods of analysis. 14. ed. Washington D.C., p.1141, 1984.

BANKS, W. J. Tecido muscular. In: **Histologia veterinária aplicada**. 2. ed. São Paulo: Manole, cap.13, p.215-236, 1992.

BRICKETT, K.E.; DAHIYA, J.P.; CLASSEN, H.L.; ANNETT, C.B.; GOMIS, S. The impact of nutrient density, feed form, and photoperiod on the walking ability and skeletal quality of broiler chickens. **Poultry Science**, 2007.

BRITO, J.Á.G.; BERTECHINI, A.G.; FASSANI, É.J.; RODRIGUES, P.B.; LIMA, E.M.C.; MENEGHETTI, C. Efeito da vitamina D<sub>3</sub> e 25-hidroxicolecalciferol sobre o desempenho, o rendimento de carcaça e a morfologia intestinal de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.1712-1717, 2010.

CAO, F.L.; ZHANG, X.H.; YU, W.W.; ZHAO, L.G.; WANG, T. Effect of feeding fermented Ginkgo biloba leaves on growth performance, meat quality, and lipid metabolism in broilers. **Poultry Science**, v.91, n.5, p.1210-1221, 2012.

CHENG, J.H.; WANG, S.T.; OCKERMAN, H.W. Lipid oxidation and color change of salted pork patties. **Meat Science**, v.75, n.1, p.71-77, 2007.

COLET, S.; GARCIA, R.; ALMEIDA PAZ, I.; CALDARA, F.; BORILLE, R.; ROYER, A. Bone characteristics of broilers supplemented with Vitamin D. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v.17, n.3, p.325-332, 2015.

DELLES, R. M.; XIONG, Y.L.; TRUE, A.D.; AO, T.; DAWSON, K.A. Dietary antioxidant supplementation enhances lipid and protein oxidative stability of chicken broiler meat through promotion of antioxidant enzyme activity. **Poultry Science**, v.93, n.6, p.156-170, 2014.

EDWARDS JUNIOR, H.M. Studies on the efficacy of cholecalciferol and derivatives for stimulating phytate utilization in broilers. **Poultry Science**, p.1026-1031, 2002.

EDWARDS JUNIOR, H.M. Nutrition and skeletal problems in poultry. **Poultry Science**, v.79, n.7, p.1018-1023, 2000.

FRITTS, C.A.; WALDROUP, P.W. Comparison of cholecalciferol and 25-hydroxycholecalciferol in broiler diets designed to minimize phosphorus excretion. **Journal of Applied Poultry Research**, 2005.



FRITTS, C.A.; WALDROUP, P.W. Effect of source and level of vitamin d on live performance and bone development in growing broilers. **Journal of Applied Poultry Research**, 2003.

GARCIA, A.F.Q.M.; MURAKAMI, A.E.; DUARTE, C.R.; ROJAS, I.C.O.; PICOLI, K.P.; PUZOTTI, M.M. Use of vitamin D<sub>3</sub> and its metabolites in broiler chicken feed on performance, bone parameters and meat quality. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v.26, n.3, p.408-415, 2013.

GÓMEZ-VERDUZCO, G.; MORALES-LÓPEZ, R.; AVILA-GOZÀLEZ, E. Use of 25-hydroxycholecalciferol in diets of broiler chickens: effects on growth performance, immunity, and bone calcification. **Poultry Science**, 2013.

HAMM, R. **Advances in food research**. V.10, 1961.

HONIKEL, K. O. Influence of chilling on meat quality attributes of fast glycolysing pork muscles. In: Tarrant, P. V.; Eikelenboom, G.; Monin, G. **Evaluation and control of meat quality in pigs**. Dordrecht: Martinius Nijhoff, p.273-283, 1987.

JIANG, Z.; LIN, Y.; ZHOU, G.; LUO, L.; JIANG, S.; CHEN, F. Effects of dietary selenomethionine supplementation on growth performance, meat quality and antioxidant property in yellow broilers. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.57, n.20, p.9769-9772, 2009.

KESTIN, S.C.; KNOWLES, T.G.; TINCH, A.E.; GREGORY, N.G. Prevalence of leg weakness in broiler chickens and its relationship with genotype. **Veterinary Record**, v.131, p.190-194, 1992.

LEDWABA, M.F.; ROBERSON, K.D. Effectiveness of twenty-five-hydroxycholecalciferol in the prevention of tibial dyschondroplasia in Ross cockerels depends on dietary calcium level. **Poultry Science**, 2003.

LEE, T.T.; CIOU, J.Y.; CHIANG, C.J.; CHAO, Y.P.; YU, B. Effect of *Pleurotus eryngii* stalk residue on the oxidative status and meat quality of broiler chickens. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.60, n.44, p.11157-11163, 2012.

LIN, C.F.; ASGHAR, A.; GRAY, J.I.; BUCKLEY, D.J.; BOOREN, A.M.; CRACKEL, R.L.; FLEGAL, C.J. Effects of oxidised dietary oil and antioxidant supplementation on broiler growth and meat stability. **British Poultry Science**, p.30, n.4, p.855-864, 1989.

McGILL, J.; McGILL, E.; KAMYAB, A.; FIRMAN, J.D. Effect of high peroxide value fats on performance of broilers in an immune challenged state. **Journal of Poultry Science**, v.10, n.9, p.665-669, 2011.

NORTON, T.; SUN, D.W. Recent advances in the use of high pressure as an effective processing technique in the food industry. **Food and Bioprocess Technology**, v.1, n.1, p.2-34, 2008.

NRC. **Nutrient Requirements of Poultry**. 9<sup>th</sup>. National Academies Press, Washington, 1994.

O'GRADY, M.N.; MONAHAN, F.J.; MOONEY, M.T. Oxymyoglobin in bovine muscle systems as affected by oxidizing lipids, vitamin e and metmyoglobin reductase activity. **Journal of Muscle Foods**, v.12, n.1, p.19-35, 2001.

OLIVEIRA, R.P.; SANTOS, E.T.; SGAVIOLI, S.; GARCIA, R.G.; FARIA, D.E. Níveis de vitamina D sobre o desempenho e desenvolvimento ósseo de linhagens de frangos de corte. **Revista Brasileira de Medicina Veterinária e Zootecnia**, p.1-6, 2015.

PANDA, A.K.; CHERIAN, G. Role of Vitamin E in counteracting oxidative stress in poultry. **Poultry Science**, 2014.

PÉREZ-VENDRELL, A.M.; SOTO-SALANOVA, M.F.; MARTIN-POMÉS, E.; FOLEGATTI, E.; LLAURADÓ, L. Efecto del 25-hidroxicolecalciferol sobre los resultados productivos y la calidad del hueso y la carne de pollos broiler en condiciones normales o de estrés. **XVIII Simpósio Científico De Avicultura**, Santiago de Compostela, 0–3, 2011.

RAHARJO, S.; SOFOS, J.N.; SCHMIDT, G.R. Improved speed, specificity, and limit of determination of an aqueous acid extraction thiobarbituric acid-C18 method for measuring lipid peroxidation in beef. **Journal of Agricultural**, p.2182-2185, 1992.

RAO, S.V.R.; RAJU, M.V.L.N.; PANDA, A.K.; SAHARAI, P.N.; REDDY, M.R.; SUNDER, G. S.; SHARMA, R.P. Effect of surfeit concentrations of Vitamin D<sub>3</sub> on performance, bone mineralization and mineral retention in commercial broiler chicks. **Poultry Science**, v.45, p.25-30, 2008.

RAO, K.V.; KOWALE, B.N.; BABU, N.P.; BISHT, G.S. Effect of cooking and storage on lipid oxidation and development of cholesterol oxidation products in water buffalo meat. **Meat Science**, v.43, n.2, p.179-185, 1996.

ROSTAGNO, H.; ALBINO, L.F.; DONZELE, J.; GOMES, P.; DE OLIVEIRA, R.; LOPES, D.; EUCLIDES, R. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: Composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3ª edição, 2011.

RYU, Y.C.; RHEE, M.S.; LEE, K.M.; KIM, B.C. Effects of different levels of dietary supplemental selenium on performance, lipid oxidation, and color stability of broiler chicks. **Poultry Science**, v.84, n.5, p.809-815, 2005.

SAS Institute. SAS Users guid: Statistics. Version 9,4

SHAMBERGER, R.J.; SHAMBERGER, B.A.; WILLIS, C.E. Malonaldehyde content of food. **Journal of Nutrition**, v.107, n.8, p.1404-1409, 1977.

SHAMI, N.J.I.E.; MOREIRA, E.A.M. Lycopene as an antioxidant agent. **Revista de Nutrição**, v.17, n.2, p.227-236, 2004.

SHANG, H.M.; SONG, H.; JIANG, Y.Y.; DING, G.D.; XING, Y.L.; NIU, S.L.; WANG, L.N. Influence of fermentation concentrate of *Hericium caput-medusae* (Bull:Fr) Pers. On performance, antioxidant status, and meat quality in broilers. **Animal Feed Science and Technology**, v.198, p.166-175, 2014.

SMITH, D.; NORTHCUTT, J. Induced red discoloration of broiler breast meat: Effect of cook temperature and freezing. **International Journal of Poultry Science**, p.253-258, 2004.

SOUZA, C.S.; VIEITES, F.M.; VASCONCELLOS, C.H.F.; CALDERANO, A.A.; NUNES, R.V.; FERREIRA, C.M.; MORAES, G.H.K. Suplemento de 1,25-dihidroxicolecalciferol e redução de cálcio e fósforo disponível para frangos de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, p.519-525, 2013.

TATLI SEVEN, P. The effects of dietary turkish propolis and vitamin C on performance, digestibility, egg production and egg quality in laying hens under different environmental temperatures. **Journal of Animal Science**, v.21, n.8, p.1164-1170, 2008.

TAVÁREZ, M.A.; BOLER, D.D.; BESS, K.N.; ZHAO, J.; YAN, F.; DILGER, A.C.; KILLEFER, J. Effect of antioxidant inclusion and oil quality on broiler performance, meat quality, and lipid oxidation. **Poultry Science**, v.90, n.4, p.922-930, 2011.

TEDESCO, J.M.; VOLKWEISS, S.J.; BOHNEN, H. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: UFRGS, Departamento de Solos. Boletim Técnico n°5, 1985.

VAN LAACK, R.L.J.M.; LIU, C.; SMITH, M.O.; LOVEDAY, H.D. Characteristics of pale, soft, exudative broiler breast meat. **Poultry Science**, p.1057-1061, 2000.

WHITEHEAD, C.; FLEMING, B. The black bone syndrome in broilers – a challenge for breeders? **International Hatchery Practice**, v.23, n.8, p.7-8, 2008.

WHITEHEAD, C. Factores nutricionales que influyen en los problemas óseos actuales de los broilers. In XLVI Simpósio Científico de avicultura, Zaragoza, Espanha, p.69-80, 2009.

WHITEHEAD, C. Update on current European broiler bone problems. In Proceedings 21st Annual Australian Poultry Science Symposium; Sydney, Australia, p.22-25, 2010.

WINNE, A.; DIRINCK, P. Studies on vitamin E and meat quality effect of feeding high vitamin E levels to pigs on the sensory and keeping quality of cooked ham. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.45, p.4309-4317, 1996.

XIONG, Z.; SUN, D.W.; PU, H.; XIE, A.; HAN, Z.; LUO, M. Non-destructive prediction of thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) value for freshness evaluation of chicken meat using hyperspectral imaging. **Food Chemistry**, v.179, p.175-181, 2015.

YARGER, J.G.; QUARLES, C.L.; HOLLIS, B.W.; Safety of 25-hydroxycholecalciferol as a source of cholecalciferol in poultry rations. **Poultry Science**, p.1437-1446, 1995.

ZHANG, X.; LIU, G.; MCDANIEL, G.R.; ROLAND, D.A. Responses of broiler lines selected for tibial dyschondroplasia incidence to supplementary 25-hydroxycholecalciferol. **Journal of Applied Poultry Research**, v.25, 1997.

## 5. CAPÍTULO II

### Associação de Cantaxantina e 25-hidroxicolecalciferol na alimentação de fêmeas de corte

**Resumo:** O experimento foi realizado em um aviário experimental climatizado para frangos de corte do Laboratório de Avicultura (LAVIC) da Universidade Federal de Santa Maria, Brasil. O objetivo principal do estudo foi avaliar o efeito da Cantaxantina associada ao 25-hidroxicolecalciferol (25-OH-D<sub>3</sub>) na alimentação de fêmeas de corte. Foram utilizadas 1680 fêmeas Cobb-500<sup>®</sup> de um dia de idade, distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado (DIC), totalizando dois tratamentos com quinze repetições de 56 aves cada. Os tratamentos foram: Tratamento 1 (dieta controle) e Tratamento 2 (dieta controle + Cantaxantina e 25-OH-D<sub>3</sub> adicionado na dieta até 21 dias de idade). A fase experimental compreendeu um período de 43 dias. Aos 28 e 43 dias foi realizado o abate das aves para avaliação de cortes e, posteriormente fez-se as análises laboratoriais. Os parâmetros mensurados foram, ganho de peso, consumo de ração, conversão alimentar, rendimento de carcaça e cortes, características físico-químicas da carne (pH, coloração, capacidade de retenção de água, força de cisalhamento, perda por cocção e oxidação lipídica da carne nos diferentes tempos de prateleira 0, 30, 60 e 90 dias “*post-mortem*”), características ósseas (*Black Bone Syndrome*, *Gait Score*, força de ruptura da tibia e percentual de cálcio, fósforo e cinzas da tibia). Os dados foram submetidos à análise de variância, através do programa estatístico SAS (2013). Foram encontrados resultados significativos, para as variáveis de coloração da carcaça, onde fêmeas suplementadas com Cantaxantina + 25-OH-D<sub>3</sub> na dieta no período de 1-21 dias de idade, apresentaram maior (P<0,05) coloração de vermelho (a\*) e amarelo (b\*) na carne de peito quando abatidas aos 28 dias de idade. Quando abatidas aos 43 dias de idade apresentaram somente maior (P<0,05) rendimento de peito em relação ao grupo controle. Concluiu-se que fêmeas de corte suplementadas com Cantaxantina + 25-OH-D<sub>3</sub> na dieta de 1-21 dias de idade, apresentaram melhor coloração de peito quando abatidas aos 28 dias de idade, e quando abatidas aos 43 dias de idade, apresentaram somente maior rendimento de peito. A suplementação de Cantaxantina + 25-OH-D<sub>3</sub> na dieta, não modificou as variáveis de *Black Bone Syndrome* e oxidação lipídica nos diferentes tempos de prateleira.

**Palavras-chave:** Antioxidantes, *Black Bone Syndrome*, características ósseas, fêmeas de corte.

## CHAPTER II

### Association of Canthaxanthin and 25-hydroxycholecalciferol in the feed of female broilers

**ABSTRACT:** The study was conducted at the experimental aviary of broiler chickens in the Poultry Laboratory (LAVIC) at the Federal University of Santa Maria (UFSM), Brazil. The objective of the study was to evaluate the effect of Canthaxanthin associated with 25-hydroxycholecalciferol (25-OH-D<sub>3</sub>) in the feed of female broilers. Were used in 1680 one-day-old Cobb-500<sup>TM</sup> females were distributed in a completely randomized design, totaling two treatments with fifteen replicates of 56 birds each. The treatments were: Treatment one (control diet) and Treatment two (control diet + Canthaxanthin associated with 25-OH-D<sub>3</sub> added in diet up to 21 days of age). The experimental phase comprised a continuous period of 43 days, after the birds were slaughtered for performing laboratory tests. The parameters measured were, production performance (body weight gain, feed intake, feed conversion and carcass yield and cuts), physicochemical characteristics of carcass (pH, color, water-holding capacity, shear force, cooking loss and lipid oxidation of meat at different shelf times 0, 30, 60 and 90 days "*post-mortem*" and paw pigmentation), bone characteristics (*Black Bone Syndrome*, *Gait Score*, tibial rupture strength and percentage of calcium, phosphorus, and ashes of the tibia). The data were submitted to analysis of variance using the statistical program SAS. Significant results were found for the variables of carcass coloration, where females supplemented with Canthaxanthin + 25-OH-D<sub>3</sub> in the diet in the period of 1-21 days of age presented a higher (P<0.05) red (a\*) and yellow (b\*) content in the breast meat when slaughtered at 28 days of age. When they were slaughtered at 43 days of age, they presented only higher (P<0.05) breast yield in relation to the control group. It was concluded that females supplemented with Canthaxanthin + 25-OH-D<sub>3</sub> in the diet of 1-21 days of age presented better breast coloration when slaughtered at 28 days of age, and when slaughtered at 43 days of age presented only higher breast yield. Canthaxanthin + 25-OH-D<sub>3</sub> supplementation did not affected *Black Bone Syndrome* and lipid oxidation in different times of storage.

**Keywords:** Antioxidants, *Black Bone Syndrome*, carcass coloration, female broilers.

## INTRODUÇÃO

Atualmente os consumidores estão cada vez mais conscientes em relação aos benefícios da qualidade nutricional dos alimentos que consomem (Lee et al., 2012). Considerado um alimento popular, a carne de frango fornece nutrientes essenciais à saúde humana, incluindo proteínas, vitaminas e minerais, mas a sua qualidade pode ser afetada por muitos fatores, que envolvem condições de manuseio, armazenamento e variações de componentes bioquímicos (XIONG et al., 2015; NORTON e SUN, 2008).

As principais maneiras de analisar a qualidade de um produto de origem animal, são mensurações de pH, cor, capacidade de retenção de água, perdas por cocção, força de cisalhamento, oxidações de lipídeos e Síndrome do Osso Negro (*Black Bone Syndrome*). Uma forma de melhorar a qualidade de carnes, é através da utilização de aditivos na alimentação animal, área qual há uma crescente conscientização do benefício desses aditivos alimentares na nutrição (CAO et al., 2012).

Um aditivo comumente utilizado na indústria, são os antioxidantes, que tem como função principal minimizar os processos oxidativos, que acabam danificando biomoléculas importantes, principalmente de alimentos constituídos de fibras musculares, pois reações oxidativas continuam “*post-mortem*” do animal, sendo uma das principais causas de deterioração da qualidade durante o processamento e armazenamento dos produtos cárneos (DELLES et al., 2014). Dentre os inúmeros compostos antioxidantes temos a Cantaxantina (xantofila) que tem aplicações generalizadas nas indústrias farmacêutica, cosmética, pesqueira, avícola e alimentar (GHARIBZAHEDI et al., 2013; HOJJATI et al., 2014; NASRABADI e RAZAVI, 2010). Sua principal função é proteger as células de danos oxidativos provocados por radicais livres e por espécies reativas de oxigênio (SHAMI e MOREIRA, 2004).

O 25-hidroxicolecalciferol (25-OH-D<sub>3</sub>) é outro aditivo alimentar comumente utilizado na indústria avícola, devido o fato de ser considerado um metabólito intermediário entre a vitamina D<sub>3</sub> e a forma ativa desta no organismo, qual tem como principal função manter adequados os níveis plasmáticos de cálcio (Ca) e fósforo (P) em ação conjunta com o paratormônio (PTH) de forma mais rápida no metabolismo, assim funcionando basicamente como um hormônio esteróide (EDWARDS JUNIOR, 2000).

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da suplementação dietética de Cantaxantina associada ao 25-hidroxicolecalciferol (25-OH-D<sub>3</sub>), sobre os índices de desempenho zootécnico, características físico-químicas da carne e características ósseas de fêmeas de corte.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O estudo foi conduzido no Laboratório de Avicultura (LAVIC), pertencente ao Departamento de Zootecnia (DZ) da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, localizado na cidade de Santa Maria, RS.

### **Animais**

Foram utilizados 1680 pintos de corte, fêmeas de um dia de idade, da linhagem Cobb-500®, distribuídos em 30 boxes com 56 aves cada. As aves foram adquiridas da empresa JBS, unidade de Montenegro-RS, estas devidamente vacinadas contra as doenças de Gumboro, Newcastle, Bronquite Infeciosa e Marek.

### **Instalações e equipamentos**

As aves foram alojadas em um aviário experimental de 12x35m, totalizando 420m<sup>2</sup>, sua estrutura é constituída de laterais cercadas com tela e cortinas, cobertura isotérmica, sistema de resfriamento tipo pressão negativa, composto por cinco exaustores e um painel evaporativo na extremidade frontal do aviário controlado automaticamente por um controlador de ambiente.

O aviário experimental é composto de 60 boxes, com área interna de 3,61m<sup>2</sup>. Sendo cada box equipado com 4 bicos de bebedouros tipo *Nipple* e um comedouro tipo manual com capacidade de 20kg. A vazão dos bebedouros foi regulada para 40ml/minuto no alojamento, aumentando-se, gradativamente, até 120ml/minuto a partir dos 35 dias de idade até o abate conforme o manual da linhagem. O aquecimento das aves, na fase inicial foi por meio de uma campânula elétrica com lâmpada de 200 Watts por box. O material utilizado como cama aviária foi maravalha.

### **Dietas**

As aves foram submetidas a dois tratamentos, sendo o primeiro tratamento (Controle) composto somente pela dieta basal e o segundo tratamento (CTX+25) composto pela dieta basal

+ 0,1% de *MaxiChick*<sup>2</sup> na dieta de 1-21 dias de idade. O produto comercial *MaxiChick*<sup>®</sup>, é um aditivo composto pela associação de Cantaxantina + 25-OH-D<sub>3</sub>.

As exigências nutricionais foram determinadas segundo as recomendações do manual da linhagem Cobb-500<sup>®</sup> e Rostagno et al. (2011). As dietas experimentais foram preparadas na fábrica de ração localizada nas instalações do Laboratório de Avicultura, UFSM. A alimentação das aves foi dividida em cinco fases: Pré-inicial (1-7 dias), Inicial (8-21 dias), Crescimento I (22-28 dias), Crescimento II (29-35 dias) e Final (36 ao abate).

As dietas foram isonutritivas, compostas por ingredientes de origem vegetal e animal, a base de milho, farelo de soja, fontes de cálcio e fósforo, aminoácido sintético e inclusão de premix vitamínico e mineral. O produto estudado foi adicionado a dieta basal de 1 a 21 dias de idade, na inclusão de 0,1%, seguindo recomendações do fabricante. Após os 21 dias de idade as dietas utilizadas foram semelhantes.

Composição da dieta está detalhada na Tabela 1.

---

<sup>2</sup> *MaxiChick*<sup>®</sup> - DSM Nutritional Products Ltd, São Paulo, SP/Brasil.



Tabela 1- Composição das dietas para frangos de corte.

<b>Ingredientes (kg)</b>		<b>Pré-Inicial</b>	<b>Inicial</b>	<b>Cresc. I</b>	<b>Cresc. II</b>	<b>Final</b>
Milho		52,20	55,08	60,99	63,60	65,29
Farelo de Soja		39,40	35,70	30,50	28,00	26,60
Farinha de Carne		2,50	3,00	2,80	2,70	2,20
Óleo de Soja		3,40	4,20	3,90	3,90	4,10
Fosfato Bicálcico		0,40	0,09	-	-	-
Calcário Calcítico		0,73	0,65	0,53	0,54	0,61
<b>Micro Ingredientes</b>						
Sal		0,45	0,42	0,40	0,40	0,40
DL-Metionina		0,35	0,32	0,30	0,30	0,27
L-Lisina HCL		0,17	0,15	0,18	0,20	0,19
L-Treonina		0,05	0,03	0,06	0,06	0,05
Cloreto de Colina		0,12	0,13	0,10	0,07	0,06
Fitase		0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Premix Comercial <sup>1</sup>		0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
<b>Total</b>		<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
<b>Tratamentos</b>						
<i>Controle</i>		0	0	0	0	0
<i>CTX+25<sup>2</sup></i>		0,100	0,100	0	0	0
<b>Níveis Nutricionais Calculados</b>						
Energia Metabolizável	(kcal/kg)	2980	3080	3180	3210	3240
Proteína Bruta	%	23,30	22,00	20,00	19,00	18,22
Cálcio	%	0,95	0,90	0,80	0,78	0,74
Fósforo Disponível	%	0,47	0,44	0,41	0,40	0,37
Arginina Digestível	%	1,62	1,54	1,36	1,25	1,18
Lisina Digestível	%	1,30	1,20	1,10	1,05	1,00
Metionina Digestível	%	0,65	0,61	0,57	0,55	0,52
Met.+Cistina Digestível	%	0,96	0,90	0,84	0,81	0,77
Treonina Digestível	%	0,83	0,77	0,72	0,69	0,66
Triptofano Digestível	%	0,26	0,24	0,21	0,20	0,19
Isoleucina Digestível	%	0,90	0,84	0,75	0,71	0,68
Leucina Digestível	%	1,75	1,67	1,55	1,49	1,44
Valina Digestível	%	0,98	0,92	0,84	0,79	0,76
Histidina Digestível	%	0,56	0,53	0,48	0,46	0,44
Fenilalanina Digestível	%	1,05	0,98	0,88	0,83	0,80
Gordura Bruta	%	6,19	7,11	6,93	6,98	7,17
Fibra Bruta	%	2,73	2,60	2,46	2,39	2,35
Amido	%	33,21	34,99	38,64	40,26	41,28
Cinzas	%	5,10	4,72	4,21	4,05	3,87
Sódio	%	0,21	0,20	0,19	0,19	0,19
Cloro	%	0,38	0,36	0,35	0,35	0,35
Potássio	%	1,06	0,99	0,89	0,84	0,80

<sup>1</sup>Premix Comercial: Níveis mínimos de garantia por Kg de produto: Vitamina A: 5.546.000 UI/kg, Ferro: 24.800mg, Selenio 150mg, Vitamina D<sub>3</sub>: 1.339.000 UI/kg, Vitamina K<sub>3</sub>: 944mg, Vitamina B<sub>1</sub>: 1.005mg, Vitamina B<sub>6</sub>: 1.245mg, Acido Pantoténico: 5.890mg, Acido Fólico: 495mg, Cobre 4.280mg, Iodo: 500mg, Vitamina B<sub>2</sub>: 2.250 mg, Vitamina B<sub>12</sub>: 6.000 mcg, Niacina: 15.000 mg, B.H.T: 1.000 mg, Biotina: 50 mg, Manganês: 33.300mg, Zinco: 25.680mg, Vitamina E: 12.430 UI/kg.

<sup>2</sup>Produto composto pela associação de Cantaxantina (6.000mg/kg)+ 25-OH-D<sub>3</sub> (2.760.000 UI/kg).

## **Desempenho zootécnico**

Foram realizadas avaliações semanais das aves aos 0-7, 7-14, 14-21, 21-28, 28-35, 35-43 dias de idade, sendo mensurado: ganho de peso médio (GPM), consumo de ração (CR) e posteriormente calculado a conversão alimentar (CA) de cada repetição.

Aos 28 dias de idade foi realizado abate de 90 aves/tratamento, essas foram selecionadas dentro do peso médio da repetição ( $\pm 2,5\%$ ), para posteriores análises de rendimento de carcaça. Houve outro abate realizado aos 43 dias de idade, onde foi realizado abate de 90 aves/tratamento, essas foram selecionadas dentro do peso médio da repetição ( $\pm 2,5\%$ ). Após abate das aves, foi mensurado o rendimento de carcaça e cortes (coxa, sobrecoxa, asa, coxa da asa, peito inteiro, peito desossado, dorso e sassami). As aves foram abatidas no abatedouro do Colégio Politécnico da Universidade Federal de Santa Maria, adotando-se os métodos padrões de abate humanitário para aves conforme a normativa nº 3/2000.

## **Características físico-químicas da carcaça**

Para a mensuração das análises físico-químicas da carcaça (pH, cor, capacidade de retenção de água, perdas por cocção, força de cisalhamento), foram utilizadas 45 amostras de peito/tratamento por abate, sendo realizado um abate aos 28 e outro aos 43 dias de idade.

### pH

O pH das amostras de carne de peito foi mensurado imediatamente após o processo de *chiller* da carcaça no momento do abate das aves, através de aparelho pHmetro (Sentron, modelo 1001) acoplado a uma sonda Sentron tipo LanceFET, modelo 1074001, com ponta fina de penetração.

### Cor

Foi realizada através de um colorímetro Minolta Chroma Meter CR-300, sendo analisados os parâmetros L\* (luminosidade), a\* (teor de vermelho) e b\* (teor de amarelo). As leituras foram realizadas à temperatura ambiente após o processo de *chiller* da carcaça. Os valores foram coletados em três diferentes pontos do músculo *Pectoralis Major*. Estas avaliações foram feitas conforme a metodologia proposta por Van Laack et al. (2000).

### Capacidade de retenção de água

A medida de capacidade de retenção de água foi realizada utilizando a metodologia descrita por Hamm (1961). A determinação foi baseada na medição da perda de água liberada, quando aplicada uma pressão sobre o tecido muscular. Cubos de carne de 0,5g foram colocados entre dois papéis de filtro (12,5cm de diâmetro) e, estes entre duas placas de vidro (12x12x1cm), no qual é colocado peso de 10kg por 5 minutos. A amostra de carne de peito após o processo foi pesada e por diferença calculou-se a quantidade de água perdida. O resultado foi expresso em porcentagem de água exsudada em relação ao peso inicial da amostra.

### Perdas por cocção

Para as análises de perda por cocção, foram utilizados filés íntegros depois de 24h “*post-mortem*”. As amostras foram devidamente pesadas e posteriormente embaladas em papel laminado e grelhadas até atingir uma temperatura interna de 82 a 85°C. Após o cozimento, os filés foram retirados do papel laminado e os mesmos foram resfriados sobre papel absorvente à temperatura ambiente. Após, as amostras foram pesadas para averiguação da diferença de peso antes e após o cozimento. A diferença entre o peso inicial (peito “*in natura*”) e final (peito cozido) correspondeu à perda de peso por cozimento (HONIKEL, 1987).

### Força de cisalhamento

Para avaliação da força de cisalhamento foi utilizado o texturômetro TA.XT plus, equipado com dispositivo Warner Blatzler. A velocidade de descida e corte do dispositivo foi de 200 mm minutos<sup>-1</sup> (AMSA, 1995). Foram utilizadas as amostras usadas nas análises de perda por cocção. Foram retiradas cinco sub-amostras por filé de peito na forma de paralelepípedos com 1x1x2cm (altura, largura e comprimento, respectivamente), as quais foram colocadas com as fibras orientadas no sentido perpendicular às lâminas da *probe* Warner-Blatzler.

### Oxidação lipídica

A oxidação lipídica foi mensurada através das substâncias reativas ao Ácido Tiobarbitúrico (TBARS), através da técnica de Raharjo et al. (1992), qual mensura a quantidade de malonaldeído presente na carne. Foram utilizadas 15 amostras de carne de peito/tratamento/tempo e 15 amostras de carne de coxa/tratamento/tempo das aves abatidas aos 43 dias de idade. Os tempos adotados foram 0, 30, 60, 90 dias “*post-mortem*” com as amostras devidamente congeladas em freezer a -18°C. As amostras foram processadas e analisadas no

Núcleo Integrado de Desenvolvimento de Análises Laboratoriais (NIDAL) da Universidade Federal de Santa Maria.

### Pigmentação da pata

Aos 43 dias de idade foi realizado o método que avalia a pigmentação da pata das aves, este método é mensurado através de um leque de escores colorimétricos (DSM color Fan<sup>TM</sup>). Nesta metodologia foram utilizadas 90 aves/tratamento.

### **Características ósseas**

#### Gait Score

Aos 41 dias de idade, 100% das aves foram submetidas a metodologia de *Gait Score* de Almeida Paz (2008), que tem como principal finalidade avaliar a capacidade de locomoção e bem estar das aves. A metodologia adaptada por Almeida Paz (2008), é classificada em 3 escores, sendo, escore 0 - ave que caminhou normalmente e deu no mínimo dez passos ininterruptos, escore 1 - ave que apresentou dificuldade ao caminhar e deu entre seis a dez passos ininterruptos e escore 2 - ave que caminhou com muita dificuldade e deu menos de seis passos ininterruptos ou não caminhou.

#### Black Bone Syndrome (BBS)

Foi realizada a metodologia descrita por Whitehead e Fleming (2008), para avaliar a Síndrome do Osso Negro nas aves. Qual determina o extravasamento da matriz óssea para a área adjacente do osso. A metodologia adota 3 classificações de aparência visual, sendo nível aceitável, nível intermediário e nível inaceitável. Foram utilizados 45 pares de coxa/tratamento, onde foram congeladas por três dias, e após este período foram analisadas. A coxa direita foi utilizada para avaliar a luminosidade ( $L^*$ ) do osso, através de um colorímetro Minolta Chroma Meter CR-300, e também para avaliação macroscópica da cor do osso cru. A coxa esquerda foi cozida, e após, realizada a avaliação macroscópica da carne adjacente ao osso.

#### Força de Ruptura Óssea

Foi avaliada a força de ruptura óssea da tíbia conforme metodologia descrita por Creshaw (2003), com auxílio de uma prensa eletrônica (EMIC-DL10000) do Colégio Técnico Industrial de Santa Maria (CTISM-UFSM). Para análise de força de ruptura óssea foram utilizadas 45 tíbias do lado direito/tratamento. A coleta das tíbias foi realizada após o abate das

aves aos 43 dias de idade, sendo estas devidamente livres de material adjacente, para posterior análise de força de ruptura. Os ossos foram colocados na posição horizontal sobre dois suportes, sendo a pressão aplicada no centro dos mesmos. A quantidade máxima de força aplicada ao osso no momento de sua ruptura foi considerada como força de ruptura óssea.

#### Composição óssea da tíbia

Para análise da composição óssea da tíbia foram utilizadas as amostras das análises de força de ruptura óssea, estas foram desengorduradas utilizando éter de petróleo, secas em estufa, moídas em moinho tipo bola, conforme metodologia descrita pela AOAC (1984), após foram realizados os procedimentos que determinam as concentrações de cinzas, fósforo e cálcio das tíbias, através do método de Tedesco et al. (1985).

#### **Delineamento experimental e análise estatística**

Foi adotado um delineamento inteiramente casualizado (DIC), totalizando dois tratamentos com 15 repetições. Os dados apresentaram distribuição normal e foram submetidos à análise de variância (ANOVA). Admitiu-se que os dados de *Gait Score* e *Black Bone Syndrome* não atendem as pressuposições do modelo estatístico (normalidade e homogeneidade), portanto, aplicou-se o teste do Qui-Quadrado ao nível 5% de significância. A análise estatística foi realizada com o auxílio do programa estatístico SAS (Statistical Analysis System, 9.4).

### **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **Desempenho zootécnico**

Ao analisar os resultados de desempenho (Tabela 2) verificou-se que fêmeas suplementadas com Cantaxantina + 25-OH-D<sub>3</sub> na dieta no período de 1-21 dias de idade, não apresentaram diferenças nos índices de ganho de peso corporal, consumo de ração, conversão alimentar, índice de eficiência produtiva e viabilidade.

Os resultados encontrados no estudo corroboram com de outros autores, onde não encontraram diferença no desempenho das aves, quando submetidas a diferentes fontes de vitamina D na alimentação (ZHANG et al., 1997; EDWARDS JUNIOR, 2002; LEDWABA e ROBERSON, 2003; FRITTS e WALDROUP, 2005; RAO et al., 2008). Chou et al. (2009)

também não verificaram influência da adição de vitamina D (25-OH-D<sub>3</sub>) na dieta sobre o ganho de peso e a conversão alimentar. Entretanto alguns autores apontam maior efetividade do 25-OH-D<sub>3</sub> sobre o desempenho de frangos, principalmente na fase inicial, considerando que aves apresentam maior sensibilidade às fontes e níveis de suplementação de vitamina D (YARGER et al., 1995; FRITTS e WALDROUP, 2003).

Gómez-Verduzco et al. (2013) avaliando um lote misto de frangos de corte constataram que quando alimentados com dietas contendo vitamina D<sub>3</sub> (2000 UI/kg, nível comercial) com e sem adição de 25-OH-D<sub>3</sub> apresentaram maior ganho de peso corporal e melhor conversão alimentar em comparação com os frangos alimentados com dietas com um nível de vitamina D<sub>3</sub> recomendado pelo NRC (1994) e dietas com a única suplementação de 25-OH-D<sub>3</sub> no período experimental de 21 dias de idade. Souza et al. (2013) observaram que a inclusão de 25-OH-D<sub>3</sub> influenciou positivamente o ganho de peso e a conversão alimentar das aves, quando compararam seis níveis crescentes de inclusão de 25-OH-D<sub>3</sub> na dieta.

Os resultados do estudo corroboram com de Akbari et al. (2016), onde testaram a suplementação de zinco e  $\alpha$ -tocoferol na dieta de frangos de corte, e não encontraram resultados significativos sobre ganho de peso corporal, consumo de ração, conversão alimentar e taxa de mortalidade durante o período experimental. Já Tavárez et al. (2011) testaram a inclusão de Etoxiquina e Galato de Propilo em dois níveis (0 ou 135mg/kg) e qualidade de óleo (óleo de soja fresco ou óleo de soja oxidado), assim relatando maior ganho de peso corporal e maior consumo de ração, quando feita a inclusão de antioxidantes na dieta das aves.

A maioria das pesquisas baseadas em aves de corte, são executadas principalmente com machos. Salientando que as características entre os sexos são muito distintas, dentre algumas, cita-se maior desempenho e peso de carcaça para machos, já fêmeas acumulam maior quantidade de gordura corporal, o que compromete seu ganho de peso e conversão alimentar (STRINGHINI et al., 2003). Todos esses fatores acabam interferindo na comparação de resultados entre um macho e uma fêmea. Como prova das diferenças observamos os resultados dos machos (Capítulo I), que apresentaram melhor ganho de peso corporal nas fases iniciais (1-21 dias de idade) quando suplementados com Cantaxantina + 25-OH-D<sub>3</sub>. Já quando observado resultados de desempenho nas fêmeas (Capítulo II) não foi relatado diferença entre o grupo suplementado com Cantaxantina + 25-OH-D<sub>3</sub> e o grupo controle.

Tabela 2 - Ganho de peso corporal, ganho médio diário (GMD), consumo de ração, conversão alimentar, viabilidade criatória (VC) e índice de eficiência produtiva (IEP).

<b>Idade (dias)</b>	<b>Controle</b>	<b>CTX+25</b>	<b>Valor de P</b>	<b>CV%</b>	<b>SEM</b>
<b>Ganho de Peso (g)</b>					
<b>1-7</b>	152,57	152,67	0,9285	1,95	2,98
<b>1-14</b>	464,88	466,20	0,5981	1,45	6,77
<b>1-21</b>	918,98	929,71	0,1053	1,89	17,54
<b>1-28</b>	1396,49	1407,05	0,2567	1,78	24,98
<b>1-35</b>	1989,57	2000,00	0,2762	1,28	25,70
<b>1-43</b>	2510,86	2521,84	0,4851	1,68	42,50
<b>GMD</b>	58,39	58,64	0,4853	1,68	0,98
<b>Consumo de Ração (g)</b>					
<b>1-7</b>	178,64	177,85	0,5638	2,06	3,67
<b>1-14</b>	547,59	548,06	0,8399	1,15	6,30
<b>1-21</b>	1209,30	1216,24	0,2983	1,47	17,93
<b>1-28</b>	2027,70	2036,45	0,4394	1,50	30,51
<b>1-35</b>	3047,79	3048,14	0,9819	1,36	41,66
<b>1-43</b>	4237,53	4238,04	0,9787	1,22	52,01
<b>Conversão Alimentar</b>					
<b>1-7</b>	1,1711	1,1651	0,5281	2,21	0,02
<b>1-14</b>	1,1779	1,1757	0,6239	1,05	0,01
<b>1-21</b>	1,3161	1,3083	0,2232	1,30	0,01
<b>1-28</b>	1,4521	1,4474	0,4909	1,27	0,01
<b>1-35</b>	1,5318	1,5242	0,1769	0,99	0,01
<b>1-43</b>	1,6878	1,6809	0,4267	1,38	0,02
<b>VC (%)</b>	96,40	97,20	0,4193	2,76	2,67
<b>IEP (Pontos)</b>	322,84	335,11	0,4144	2,24	7,49

VC (%): Viabilidade Criatória em relação ao período experimental de 42 dias.

IEP (pontuação): Índice de Eficiência Produtiva.  $IEP = (GP * V\% / CA * N^{\circ} \text{ dias}) * 100$

CV% = Coeficiente de variação

SEM = Erro padrão da média

Conforme os resultados apresentados na Tabela 3, não foi observado diferenças no rendimento de carcaça das fêmeas abatidas aos 28 dias de idade. Já para as aves abatidas aos 43 dias de idade, onde se avaliou rendimento de carcaça e cortes (peito, coxa, sobrecoxa, asa, coxa da asa, dorso, peito desossado e sassami) observou-se somente diferença ( $P < 0,05$ ) para a variável de rendimento de peito, onde fêmeas suplementadas com Cantaxantina + 25-OH-D<sub>3</sub> na dieta no período de 1-21 dias de idade, apresentaram maior rendimento de peito em relação ao grupo controle.

Conforme alguns autores a suplementação com vitamina D (25-OH-D<sub>3</sub>) pode influenciar positivamente o rendimento de carcaça (KORVER, 2005; BRITO et al., 2010), e rendimento de peito (YARGER et al., 1995). Saunders-Blades e Korver (2006) também observaram efeito positivo do metabólito 25-OH-D<sub>3</sub> sobre o desenvolvimento do músculo do peito, rendimento e qualidade da carne em frangos de corte de 42 dias de idade.

Testes realizados por Papešová et al. (2008) demonstraram que 50 microgramas do metabólito 25-OH-D<sub>3</sub>/kg na dieta proporciona melhora no rendimento de peito, em comparação com níveis análogos de vitamina D<sub>3</sub>. O sexo afeta diretamente o rendimento da carne de peito, sendo que o crescimento de peito de ambos é semelhante até os 35 dias de idade, a partir desta fase as fêmeas passam a ter maior crescimento de peito do que os machos (MENDES et al., 2003).

Já Tavárez et al. (2011) não observaram diferença para peso de carcaça, rendimento de carcaça e peito, quando testaram a inclusão de antioxidantes (Etoxiquina e Galato de Propilo) em dois níveis (0 ou 135mg/kg) e qualidade de óleo (óleo de soja fresco ou óleo de soja oxidado) em machos abatidos aos 43 dias de idade.

Tabela 3 - Efeito dos tratamentos sobre peso vivo, peso de carcaça, rendimento de carcaça e cortes (peito, coxa, sobrecoxa, asa, coxa da asa, dorso, peito desossado e sassami) em relação ao peso de carcaça, de fêmeas abatidas aos 28 e 43 dias de idade.

<b>Características</b>	<b>Controle</b>	<b>CTX+25</b>	<b>Valor de P</b>	<b>CV%</b>	<b>SEM</b>
<b>28 DIAS</b>					
Peso vivo <sup>1</sup> (g)	1385,60	1398,47	0,2313	2,06	28,80
Peso de carcaça <sup>2</sup> (g)	990,86	997,93	0,3971	2,26	22,50
Rendimento de carcaça <sup>3</sup> (%)	71,51	71,37	0,5640	0,91	0,65
<b>43 DIAS</b>					
Peso vivo <sup>1</sup> (g)	2433,36	2445,18	0,5899	2,43	59,38
Peso de carcaça <sup>2</sup> (g)	1808,05	1812,31	0,7380	1,90	34,48
Rendimento de carcaça <sup>3</sup> (%)	74,48	74,35	0,6821	1,13	0,84
Peito (%)	40,44	41,16	0,0020 *	1,63	0,66
Coxa (%)	12,68	12,58	0,3345	2,36	0,29
Sobrecoxa (%)	15,80	15,64	0,2020	2,15	0,34
Asa (%)	4,98	5,04	0,3359	3,03	0,15
Coxa da Asa (%)	5,23	5,28	0,4685	3,41	0,18
Dorso (%)	20,37	20,06	0,2102	3,22	0,65
Peito Desossado (%)	36,64	36,67	0,9470	2,91	1,07
Sassami (%)	6,75	6,76	0,8806	3,95	0,26

\*Significativo (P<0,05)

CV% = Coeficiente de variação

SEM = Erro padrão da média

<sup>1</sup>Peso da ave pós jejum alimentar.

<sup>2</sup>Peso da ave abatida sem penas, sangue, vísceras, pés, cabeça e pescoço.

<sup>3</sup>Relação entre o peso da carcaça e o peso vivo da ave expresso em porcentagem.



### Características físico-químicas da carcaça

Conforme os resultados apresentados na Tabela 4, constatou-se que fêmeas de corte suplementadas com Cantaxantina + 25-OH-D<sub>3</sub> na dieta de 1-21 dias de idade, apresentaram maior ( $P < 0,05$ ) coloração de peito, especificamente sob teor de vermelho (a\*) e teor de amarelo (b\*), quando abatidas aos 28 dias de idade. Esse resultado é devido principalmente a Cantaxantina, que além de ter características antioxidantes, também exerce papel pigmentante (DSM<sup>®</sup>). Para as demais variáveis de pH, perdas por cocção e capacidade de retenção de água não foram observadas diferenças entre o grupo suplementado com Cantaxantina+25-OH-D<sub>3</sub> e o grupo controle.

Segundo Cheng et al. (2007) a taxa de descoloração está intimamente ligada com a taxa de oxidação da mioglobina, qual é induzida pela oxidação lipídica. Os radicais livres produzidos durante a oxidação lipídica podem oxidar o átomo de ferro ou desnaturar a molécula de mioglobina, assim alterando negativamente a cor da carne (O'GRADY et al., 2001).

Shang et al. (2014) observaram menor luminosidade e maior teor de vermelho e amarelo quando aumentados os níveis de concentrado de fermentação de *Hericium caput-medusae* como antioxidante na dieta de fêmeas de corte. Já Tavárez et al. (2011) testaram efeitos de diferentes tipos de óleo e inclusão de antioxidantes (Etoxiquina e Galato de Propilo) e concluíram que a inclusão antioxidante não alterou a coloração da carne.

Quando abatidas aos 43 dias de idade (Tabela 4) não foi observado diferença entre os tratamentos para as variáveis de pH, coloração de peito (L\*, a\*, b\*), perdas por cocção, força de cisalhamento e capacidade de retenção de água. O resultado de coloração de peito pode estar atrelado principalmente pelo período de suplementação da Cantaxantina + 25-OH-D<sub>3</sub> ser até os 21 dias de idade e o abate ser realizado aos 43 dias de idade, ou seja, o poder residual da suplementação é baixo.

Os resultados encontrados no trabalho corroboram com de Ryu et al. (2005), onde relataram que frangos de corte suplementados com selênio e  $\alpha$ -tocoferol na dieta até os 42 dias de idade, não apresentaram diferença na coloração da carne de peito. Alguns autores observaram somente alterações mínimas nas características de carcaça e qualidade de carne quando utilizaram inclusão de antioxidantes na dieta (LIN et al., 1989; JIANG et al., 2009; MCGILL et al., 2011).

Tabela 4 - Características físico-químicas da carne de fêmeas abatidas aos 28 e 43 dias de idade.

<b>Características</b>	<b>Controle</b>	<b>CTX+25</b>	<b>Valor de P</b>	<b>CV%</b>	<b>SEM</b>
<b>28 DIAS</b>					
Luminosidade (L*)	50,00	49,53	0,4369	3,24	2,62
Teor de vermelho (a*)	2,83	3,26	0,0367 *	17,45	0,53
Teor de amarelo (b*)	5,70	6,48	0,0438 *	16,61	1,01
pH	6,06	6,03	0,6224	2,12	0,12
Perda por cocção (%)	20,60	19,74	0,5201	17,97	3,62
Força de cisalhamento (kgf/g)	4,63	4,62	0,9851	12,21	0,56
<b>43 DIAS</b>					
Luminosidade (L*)	49,61	49,57	0,9368	3,17	1,57
Teor de vermelho (a*)	2,52	2,68	0,5152	24,75	0,64
Teor de amarelo (b*)	6,42	6,85	0,1064	10,60	0,10
pH	5,92	5,98	0,0642	1,43	0,08
Perda por cocção (%)	26,06	25,67	0,6869	10,10	2,61
Força de cisalhamento (kgf/g)	3,24	3,13	0,6525	21,85	0,69
Capacidade de retenção de água (%)	87,73	88,06	0,6630	2,33	2,05

\*Significativo (P&lt;0,05)

CV% = Coeficiente de variação

SEM = Erro padrão da média

Não foi observado (Tabela 5) diferença na coloração da pata de fêmeas de corte suplementadas com Cantaxantina + 25-OH-D<sub>3</sub> na dieta em relação ao grupo controle aos 43 dias de idade. O resultado encontrado para pigmentação da pata pode ser correlacionado com a coloração da carcaça das fêmeas abatidas aos 43 dias de idade (Tabela 4), onde para as duas variáveis a suplementação com Cantaxantina + 25-OH-D<sub>3</sub> não houve diferença em relação ao grupo controle.

Tabela 5 - Avaliação dos escores de pigmentação da pata de fêmeas aos 43 dias de idade.

<b>Controle</b>	<b>CTX+25</b>	<b>Valor de P</b>	<b>CV%</b>	<b>SEM</b>
4,0377	3,8444	0,3386	13,79	0,54

CV% = Coeficiente de variação

SEM = Erro padrão da média

Conforme os resultados apresentados no Gráfico 1, não houve diferença (P>0,05) na oxidação lipídica de amostras de carne de peito e de coxa em seus respectivos tempos de armazenamento 0, 30, 60 e 90 dias “post-mortem” entre o grupo controle e o grupo suplementado com Cantaxantina + 25-OH-D<sub>3</sub> na dieta.

Os resultados encontrados no presente estudo se correlacionam com de Akbari et al. (2016), onde testando a suplementação de zinco em dietas de frangos de corte, não observaram

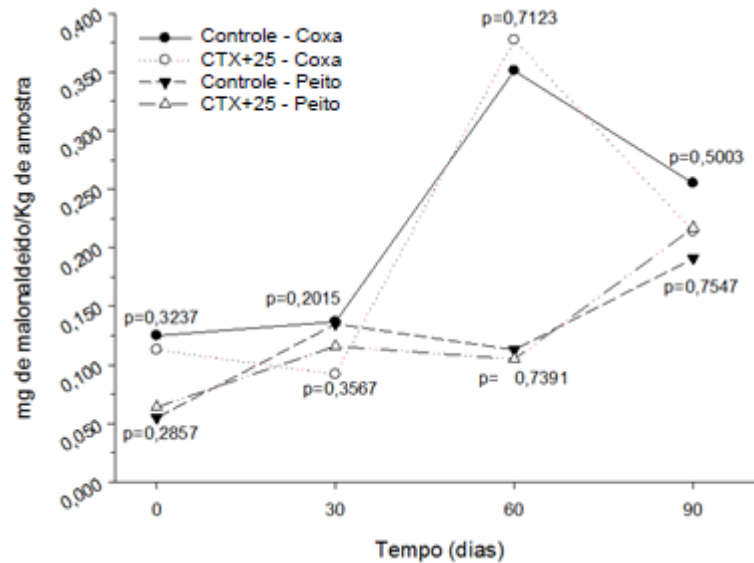
impacto significativo nas atividades da superóxido dismutase (SOD) e da glutathiona peroxidase (GSH-Px) ou nas concentrações de Malonaldeído (MDA) nos músculos de peito e da coxa após 12 e 48 h “*post-mortem*”.

Goñi et al. (2007) observaram uma redução de 25 e 58% nas concentrações de MDA em peito de frango e nos músculos da coxa, respectivamente, em resposta à suplementação dietética de  $\alpha$ -tocoferol (200mg/kg) em comparação com valores para aves alimentadas com dietas sem suplementação de  $\alpha$ -tocoferol, diferentemente dos resultados encontrados nesse estudo. Tavárez et al. (2011) também relataram produção reduzida de MDA em carne de peito de frangos de corte alimentados com uma mistura comercial de Etoxiquina e Galato de Propilo como fonte antioxidante na dieta de frangos de corte. Outros estudos com foco em antioxidantes naturais também demonstraram que a alimentação de frangos de corte com altos níveis de  $\alpha$ -tocoferol atrasa o início da formação de sabor desagradável oxidativo na carne de frango durante o armazenamento (WINNE e DIRINCK, 1996; RYU et al., 2005).

Através do Gráfico 1 podemos observar que os valores de TBARS da carne de coxa após os 60 dias de armazenamento, sofreram uma queda brusca. Esse resultado pode ser explicado por estudo de Rao et al. (1996), onde constataram redução nos valores de TBARS em carne de búfalo crua, entre 30 e 60 dias de armazenamento sob congelamento, esta redução foi atribuída às interações com as proteínas presentes no alimento. De acordo com Shamberger, Shamberger e Willis (1977), o MDA pode combinar-se com outros componentes químicos dos alimentos, tais como as proteínas, assim, formando compostos estáveis, que conduzem a uma subestimação do valor final de TBARS.

Observa-se no Gráfico 1, diferença nos valores de TBARS encontrados entre carne de peito e coxa, isso ocorre principalmente pela diferença das fibras musculares, onde as fibras musculares do peito têm menor teor de gordura em relação as fibras musculares da coxa, assim tornando-se mais propensas a oxidação lipídica. Banks (1992) descreve que existem dois tipos de músculos esqueléticos, o vermelho e o branco, sendo o vermelho constituído predominantemente por fibras oxidativas e o branco por fibras glicolíticas.

Gráfico 1 - Oxidação lipídica da carne de coxa e peito de fêmeas



### Características ósseas

Conforme os resultados apresentados na Tabela 6, fêmeas de corte suplementadas com Cantaxantina + 25-OH-D<sub>3</sub> na dieta, não apresentaram diferença ( $P > 0,05$ ) na frequência de *Gait Score* quando avaliadas aos 41 dias de idade.

Os resultados encontrados no estudo corroboram com de Colet et al. (2015) onde não verificaram diferença no *Gait Score* de frangos de corte machos e fêmeas da linhagem Cobb<sup>®</sup>, quando suplementados com vitamina D<sub>3</sub> e a combinação desta com 25-OH-D<sub>3</sub>. A metodologia de *Gait Score* inicialmente, foi desenvolvida para avaliar o bem-estar das aves, mas consequentemente está sendo utilizada para se mensurar problemas locomotores. Um dos primeiros estudos avaliando *Gait Score* de frangos de corte mostrou que aves de linhagens comerciais apresentaram pior *Gait Score* em comparação a caipiras (KESTIN et al., 1992).

Brickett et al. (2007) descreve que o *Gait Score* está relacionado principalmente na diferença no ganho de peso entre machos e fêmeas, qual acomete principalmente a forma de caminhar dos machos devido ao seu maior peso. Outro fator que pode interferir na capacidade de andar do frango de corte é a idade, ou seja, quanto mais velho, maior comprometimento do sistema locomotor.

Tabela 6 - Frequência de *Gait Score* em fêmeas aos 41 dias de idade.

<b>Escores</b>	<b>Controle</b>	<b>CTX+25</b>	<b>Valor de P</b>
<b>0</b>	98,20	98,49	0,6657
<b>1</b>	1,39	1,37	0,9852
<b>2</b>	0,41	0,14	0,3127

Escores; 0 - ave que caminhou normalmente e deu no mínimo dez passos ininterruptos, 1 - ave que apresentou dificuldade ao caminhar e deu entre seis a dez passos ininterruptos e 2 - ave que caminhou com muita dificuldade e deu menos de seis passos ininterruptos ou não caminhou

Avaliando os resultados da incidência de *Black Bone Syndrome* (BBS) em coxas de fêmeas de corte (Tabela 7), não foi observado diferença ( $P>0,05$ ) entre o grupo controle e o grupo suplementado com Cantaxantina + 25-OH-D<sub>3</sub> na dieta. A BBS é conceituada como uma síndrome que afeta a superfície do osso e tecidos musculares adjacentes (SMITH e NORTH CUTT, 2004). Sendo que o processo de cocção também contribui neste processo, além de escurecer o sangue extravasado no tecido muscular (WHITEHEAD, 2010). Afetando principalmente a característica visual do produto comercializado.

Em estudo Pérez-Vendrell et al. (2011), concluíram que a suplementação de 25-hidroxivitamina D na dieta de frangos pode ser eficaz na formação de uma estrutura óssea sólida, minimizando o extravasamento de sangue e conseqüentemente à aparição de BBS. Whitehead (2009) também observou redução de BBS quando as aves foram suplementadas com 25-hidroxivitamina D na dieta.

Tabela 7 - Metodologia de *Black Bone Syndrome* (BBS) aplicada em coxas de fêmeas.

	<b>Controle</b>	<b>CTX+25</b>	<b>Valor de P</b>
<b>Tíbia in natura</b>			
Luminosidade (L*)	57,78	55,74	0,1072
Aceitável (%)	75,56	73,33	0,8090
Intermediário (%)	24,44	26,67	0,8090
Inaceitável (%)	0,00	0,00	
<b>Tíbia Cozida</b>			
Aceitável (%)	88,89	86,67	0,7476
Intermediário (%)	11,11	13,33	0,7476
Inaceitável (%)	0,00	0,00	

Conforme os resultados apresentados na Tabela 8, não houve diferença na força de ruptura da tíbia e nos percentuais de cinzas, cálcio e fósforo para o grupo suplementado com Cantaxantina + 25-OH-D<sub>3</sub> na dieta em relação ao grupo controle.

Os resultados encontrados no estudo corroboram com de Garcia et al. (2013), onde não encontraram diferença significativa para a resistência óssea, fornecendo colecalciferol ( $D_3$ ), e seus metabólitos  $1,25(OH)_2D_3$ ,  $25-OH-D_3$  e  $1\alpha(OH)D_3$  na dieta de frangos de corte. O mesmo foi observado por Oliveira et al. (2015), onde avaliaram três níveis de vitamina D (1250 UI vitamina  $D_3$ ; 3000 UI vitamina  $D_3$  e 2760 UI de  $25-OH-D_3$  fornecidos na ração até o 21º dia de vida, diante do estudo não houve diferenças entre os níveis de vitamina D para força de ruptura óssea e percentuais de cálcio e fósforo nas tíbias.

Segundo Aburto et al. (1998) os efeitos da vitamina  $D_3$  e dos metabólitos podem variar dependendo da resposta biológica, devido aos fatores externos, como os ambientais e internos como a variação genética. A menor absorção de cálcio e fósforo e menor força de ruptura óssea, pode estar relacionada à menor disponibilidade da vitamina D em aves de produção (ALMEIDA PAZ e BRUNO, 2006).

Resultados de Gómez-Verduzco et al. (2013) corroboram com os do presente estudo, onde não observaram diferença nos percentuais de cinzas e fósforo de tíbias de frangos de corte suplementados com vitamina  $D_3$ ,  $25-OH-D_3$  e sua combinação. Em estudo Fritts e Waldroup (2003) avaliaram seis níveis de colecalciferol e seis de  $25-OH-D_3$  (125; 250; 500; 1000; 2000 ou 4000 UI de vitamina D/kg de ração) em machos de corte de 1 a 42 dias de idade, observaram maior teor de cinzas ósseas e menor severidade de discondroplasia tibial para as aves alimentadas com  $25-OH-D_3$ .

Tabela 8 - Força de ruptura óssea (Newton), percentual de cinzas, cálcio e fósforo na matéria seca desengordurada da tíbia de fêmeas.

<b>Variáveis</b>	<b>Controle</b>	<b>CTX+25</b>	<b>Valor de P</b>	<b>CV%</b>	<b>SEM</b>
F. Ruptura (N)	241,244	244,244	0,6866	7,24	17,57
Cinzas (%)	42,12	42,07	0,9687	7,69	3,24
Cálcio (%)	20,63	21,46	0,1155	6,40	1,34
Fósforo (%)	6,84	6,94	0,5468	5,89	0,40

CV% = Coeficiente de variação

SEM = Erro padrão da média

## CONCLUSÃO

Fêmeas de corte suplementadas com Cantaxantina + 25-hidroxicolecalciferol na dieta de 1-21 dias de idade, apresentaram maior coloração de carne de peito, especificamente no teor de vermelho (a\*) e no teor de amarelo (b\*) quando abatidas aos 28 dias de idade, e quando abatidas aos 43 dias de idade apresentaram maior rendimento de peito.

A suplementação de Cantaxantina + 25-hidroxicolecalciferol na dieta de 1-21 dias de idade, não modificou as variáveis de desempenho zootécnico, *Black Bone Syndrome* (Síndrome do Osso Negro) e oxidação lipídica nos diferentes tempos de prateleira.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABURTO, A.; EDWARDS, H.M.; BRITTON, W.M. The Influence of Vitamin A on the utilization and amelioration of toxicity of cholecalciferol, 25-hydroxycholecalciferol and 1,25 dihydroxycholecalciferol in young broiler chickens. **Poultry Science**, v.77, p.585-593, 1998.

AKBARI, R.; KAKHKI, M.; BAKHSHALINEJAD, R.; SHAFIEE, M. Effect of dietary zinc and  $\alpha$ -tocopheryl acetate on broiler performance, immune responses, antioxidant enzyme activities, minerals and vitamin concentration in blood and tissues of broilers. **Animal Feed Science and Technology**, v.221, p.12-26, 2016.

ALMEIDA PAZ, I. C. L.; BRUNO, L. D. G. Bone mineral density: Review. **Brazilian Journal Poultry Science**. v.8, p.69-73, 2006.

ALMEIDA PAZ, I.C.L. Problemas locomotores e técnicas de mensuração. In: Conferência Apinco de Ciência e Tecnologia Avícola, Santos. Anais... Campinas: **FACTA**, p.57-68, 2008.

AMSA-AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION. **Research guidelines for cookery sensory and instrumental tenderness measurement of fresh meat**. Chicago, 1995.

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analysis**. 14. ed. Washington D.C, p.1141, 1984.

BANKS, W. J. Tecido muscular. In: **Histologia veterinária aplicada**. v.2, cap.13, p.215-236, 1992.

BRICKETT, K.E.; DAHIYA, J.P.; CLASSEN, H.L.; ANNETT, C.B.; GOMIS, S. The impact of nutrient density, feed form, and photoperiod on the walking ability and skeletal quality of broiler chickens. **Poultry Science**, 2007.

BRITO, J.Á.G.; BERTECHINI, A.G.; FASSANI, É.J.; RODRIGUES, P.B.; LIMA, E.M.C.; MENEGHETTI, C. Efeito da vitamina D<sub>3</sub> e 25-hidroxicolecalciferol sobre o desempenho, o rendimento de carcaça e a morfologia intestinal de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, V.39, 1712-1717, 2010.

CAO, F.L.; ZHANG, X.H.; YU, W.W.; ZHAO, L.G.; WANG, T. Effect of feeding fermented Ginkgo biloba leaves on growth performance, meat quality, and lipid metabolism in broilers. **Poultry Science**, v.91, n.5, p.1210-1221, 2012.

CHENG, J.H.; WANG, S.T.; OCKERMAN, H.W. Lipid oxidation and color change of salted pork patties. **Meat Science**, v.75, n.1, p.71-77, 2007.

CHOU, S.H.; CHUNG, T.K.; YU, B. Effects of supplemental 25-hydroxycholecalciferol on growth performance, small intestine morphology, and immune response of broiler chickens. **Poultry Science**, v.88, p.2333-2341, 2009.

COLET, S.; GARCIA, R.; ALMEIDA PAZ, I.; CALDARA, F.; BORILLE, R.; ROYER, A. Bone characteristics of broilers supplemented with Vitamin D. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v.17, n.3, 325-332, 2015.

CRENSHAW, T. D. **Nutricional manipulation of bone mineralization in developing gilts.** in Allen D. Lemans. Swine conference, 30. Minnesota. Proceedings. Minnesota: Veterinary Outreach Programs, v.30, p.183-189, 2003.

DELLES, R. M.; XIONG, Y.L.; TRUE, A.D.; AO, T.; DAWSON, K.A. Dietary antioxidant supplementation enhances lipid and protein oxidative stability of chicken broiler meat through promotion of antioxidant enzyme activity. **Poultry Science**, v.93, n.6, p.1561–1570, 2014.

EDWARDS JUNIOR, H.M. Nutrition and skeletal problems in poultry. **Poultry Science**, v.79, n.7, p.1018-1023, 2000.

EDWARDS JUNIOR, H.M. Studies on the efficacy of cholecalciferol and derivatives for stimulating phytate utilization in broilers. **Poultry Science**, p.1026-1031, 2002.

FRITTS, C.A.; WALDROUP, P.W. Comparison of cholecalciferol and 25-hydroxycholecalciferol in broiler diets designed to minimize phosphorus excretion. **Journal Applied Poultry Research**, 2005.

FRITTS, C.A.; WALDROUP, P.W. Effect of source and level of vitamin d on live performance and bone development in growing broilers. **Journal Applied Poultry Research**, 2003.

GARCIA, A.F.Q.M.; MURAKAMI, A.E.; DUARTE, C.R.; ROJAS, I.C.O.; PICOLI, K.P.; PUZOTTI, M.M. Use of vitamin D<sub>3</sub> and its metabolites in broiler chicken feed on performance, bone parameters and meat quality. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v.26, n.3, p.408-415, 2013.

GHARIBZAHEDI, S.M.T.; RAZAVI, S. H.; MOUSAVI, S.M. Ultrasound-assisted formation of the canthaxanthin emulsions stabilized by arabic and xanthan gums. **Carbohydrate Polymers**, v.96, n.1, p.21-30, 2013.

GÓMEZ-VERDUZCO, G.; MORALES-LÓPEZ, R.; AVILA-GOZÀLEZ, E. Use of 25-hydroxycholecalciferol in diets of broiler chickens: effects on growth performance, immunity, and bone calcification. **Poultry Science**, 2013.



GOÑI, I.; BRENES, A.; CENTENO, C.; VIVEROS, A.; SAURA-CALIXTO, F.; REBOLE, A.; ESTEVEZ, R. Effect of dietary grape pomace and vitamin e on growth performance, nutrient digestibility, and susceptibility to meat lipid oxidation in chickens. **Poultry Science**, p.508-516, 2007.

HAMM, R. **Advances in food research**. Vol. 10, 1961.

HOJJATI, M.; RAZAVI, S.; H.; REZAEI, K.; GILANI, K. Stabilization of canthaxanthin produced by *Dietzia natronolimnaea* HS-1 with spray drying microencapsulation. **Journal of Food Science and Technology**, v.51, n.9, p.2134-2140, 2014.

HONIKEL, K. O. Influence of chilling on meat quality attributes of fast glycolysing pork muscles. In: Tarrant, P. V.; Eikelenboom, G.; Monin, G. **Evaluation and control of meat quality in pigs**. Dordrecht: Martinius Nijhoff, p.273-283, 1987.

JIANG, Z.; LIN, Y.; ZHOU, G.; LUO, L.; JIANG, S.; CHEN, F. Effects of dietary selenomethionine supplementation on growth performance, meat quality and antioxidant property in yellow broilers. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.57, n.20, p.9769-9772, 2009.

KESTIN, S.C.; KNOWLES, T.G.; TINCH, A.E.; GREGORY, N.G. Prevalence of leg weakness in broiler chickens and its relationship with genotype. **Veterinary Record**, v.131, p.190-194, 1992.

KORVER, D. Research, analytical techniques and practical experiences using HyD™. In: Arkansas Nutrition Conference, 2005, Arkansas. **Proceedings**, 2005.

LEDWABA, M.F.; ROBERSON, K.D. Effectiveness of twenty-five-hydroxycholecalciferol in the prevention of tibial dyschondroplasia in ross cockerels depends on dietary calcium level. **Poultry Science**, 2003.

LEE, T.T.; CIOU, J.Y.; CHIANG, C.J.; CHAO, Y.P.; YU, B. Effect of *Pleurotus eryngii* stalk residue on the oxidative status and meat quality of broiler chickens. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.60, n.44, p.11157-11163, 2012.

LIN, C.F.; ASGHAR, A.; GRAY, J.I.; BUCKLEY, D.J.; BOOREN, A.M.; CRACKEL, R.L.; FLEGAL, C.J. Effects of oxidised dietary oil and antioxidant supplementation on broiler growth and meat stability. **British Poultry Science**, v.30, n.4, p.855-864, 1989.

MENDES, A.A.; MOREIRA, J.; GARCIA, R.G. Qualidade da Carne de Peito de Frango de corte. **Revista Nacional da Carne**, v.317, 2003.

McGILL, J.; McGILL, E.; KAMYAB, A.; FIRMAN, J.D. Effect of high peroxide value fats on performance of broilers in an immune challenged state. **Journal of Poultry Science**, v.10, n.9, p.665-669, 2011.

NASRI NASRABADI, M.R.; RAZAVI, S.H. Enhancement of canthaxanthin production from *Dietzia natronolimnaea* HS-1 in a fed-batch process using trace elements and statistical methods. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**, v.27, n.4, p.517-529, 2010.

NORTON, T.; SUN, D.W. Recent advances in the use of high pressure as an effective processing technique in the food industry. **Food and Bioprocess Technology**, v.1, n.1, p.2-34, 2008.

NRC. **Nutrient Requirements of Poultry**. 9<sup>th</sup> rev. ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC, 1994.

O'GRADY, M.N.; MONAHAN, F.J.; MOONEY, M.T. Oxymyoglobin in bovine muscle systems as affected by oxidizing lipids, vitamin e and metmyoglobin reductase activity. **Journal of Muscle Foods**, v.12, n.1, p.19-35, 2001.

OLIVEIRA, R.P.; SANTOS, E.T.; SGAVIOLI, S.; GARCIA, R.G.; FARIA, D.E. Níveis de vitamina D sobre o desempenho e desenvolvimento ósseo de linhagens de frangos de corte. **Ars Veterinária**, p.1-6, 2015.

PAPEŠOVÁ, L.; FUČÍKOVÁ, A.; PÍPALOVÁ, M.; TUPÝ, P. The synergic effect of vitamin D3 and 25-hydroxycholecalciferol/ calcidiol in broiler diet. **Scientia Agriculturae Bohemica**, v.39, n.3, p.273-277, 2008.

PÉREZ-VENDRELL, A.M.; SOTO-SALANOVA, M.F.; MARTIN-POMÉS, E.; FOLEGATTI, E.; LLAURADÓ, L. Efecto del 25-hidroxicolecalciferol sobre los resultados productivos y la calidad del hueso y la carne de pollos broiler en condiciones normales o de estrés. **XVIII Simpósio Científico De Avicultura**, Santiago de Compostela, p.0-3, 2011.

RAHARJO, S.; SOFOS, J.N.; SCHMIDT, G.R. Improved speed, specificity, and limit of determination of an aqueous acid extraction thiobarbituric acid-C18 method for measuring lipid peroxidation in beef. **Journal of Agricultural**, p.2182-2185, 1992.

RAO, S.V.R., RAJU, M.V.L.N., PANDA, A.K., SAHARAI, P.N., REDDY, M.R., SUNDER, G. S.; SHARMA, R.P. Effect of surfeit concentrations of Vitamin D<sub>3</sub> on performance, bone mineralization and mineral retention in commercial broiler chicks. **Poultry Science**, v.45, p.25-30, 2008.

RAO, K.V.; KOWALE, B.N.; BABU, N.P.; BISHT, G.S. Effect of cooking and storage on lipid oxidation and development of cholesterol oxidation products in water buffalo meat. **Meat Science**, v.43, n.2, p.179-185, 1996.

ROSTAGNO, H.; ALBINO, L.F.; DONZELE, J.; GOMES, P.; DE OLIVEIRA, R.; LOPES, D.; EUCLIDES, R. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: Composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3<sup>o</sup> edição, 2011.

RYU, Y.C.; RHEE, M.S.; LEE, K.M.; KIM, B.C. Effects of different levels of dietary supplemental selenium on performance, lipid oxidation, and color stability of broiler chicks. **Poultry Science**, v.84, n.5, p.809-815, 2005.

SAS Institute. SAS Users guid: Statistics. Version 9,4.

SAUNDERS-BLADES, J.; KORVER, D. HyD and poultry: bones and beyond. **European Poultry Conference**, Verona, Italy, 2006.

SHAMI, N.J.I.E.; MOREIRA, E.A.M. Lycopene as an antioxidant agent. **Revista de Nutrição**, v.17, n.2, p.227-236, 2004.

SHAMBERGER, R.J.; SHAMBERGER, B.A.; WILLIS, C.E. Malonaldehyde content of food. **Journal of Nutrition**, v.107, n.8, p.1404-1409, 1977

SHANG, H.M.; SONG, H.; JIANG, Y.Y.; DING, G.D.; XING, Y.L.; NIU, S.L.; WANG, L.N. Influence of fermentation concentrate of *Hericium caput-medusae* (Bull:Fr) Pers. On performance, antioxidant status, and meat quality in broilers. **Animal Feed Science and Technology**, v.198, p.166-175, 2014.

SMITH, D.; NORTHCUTT, J. Induced red discoloration of broiler breast meat: Effect of cook temperature and freezing. **International Journal of Poultry Science**, v.3, p.253-258, 2004.

SOUZA, C.S.; VIEITES, F.M.; VASCONCELLOS, C.H.F.; CALDERANO, A.A.; NUNES, R.V.; FERREIRA, C.M.; MORAES, G.H.K. Suplemento de 1,25-dihidroxicolecalciferol e redução de cálcio e fósforo disponível para frangos de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, p.519-525, 2013.

STRINGHINI, J.H.; LABOISSIÉRE, M.; MURAMATSU, K. et al. Avaliação do Desempenho e Rendimento de Carcaça de Quatro Linhagens de Frangos de Corte Criadas em Goiás. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.1, p.183-190, 2003.

TAVÁREZ, M.A.; BOLER, D.D.; BESS, K.N.; ZHAO, J.; YAN, F.; DILGER, A.C.; KILLEFER, J. Effect of antioxidant inclusion and oil quality on broiler performance, meat quality, and lipid oxidation. **Poultry Science**, v.90, n.4, p.922-930, 2011.

TEDESCO, J.M.; VOLKWEISS, S.J.; BOHNEN, H. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: UFRGS, Departamento de Solos. Boletim Técnico n°5, 1985.

VAN LAACK, R.L.J.M.; LIU, C.; SMITH, M.O.; LOVEDAY, H.D. Characteristics of pale, soft, exudative broiler breast meat. **Poultry Science**, p.1057-1061, 2000.

WHITEHEAD, C.; FLEMING, B. The black bone syndrome in broilers – a challenge for breeders? **International Hatchery Practice**, v.23, n.8, p.7-8, 2008.

WHITEHEAD, C. Factores nutricionales que influyein en los problemas óseos actuales de los broilers. In **XLVI Simpósio Científico de avicultura**, Zaragoza, Espanha, p.69-80, 2009.

WHITEHEAD, C. Update on current European broiler bone problems. In **Proceedings 21<sup>st</sup> Annual Australian Poultry Science Symposium**; Sydney, Australia, p.22-25, 2010.

WINNE, A.; DIRINCK, P. Studies on vitamin E and meat quality effect of feeding high vitamin E levels to pigs on the sensory and keeping quality of cooked ham. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.45, p.4309-4317, 1996.

XIONG, Z.; SUN, D.W.; PU, H.; XIE, A.; HAN, Z.; LUO, M. Non-destructive prediction of thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) value for freshness evaluation of chicken meat using hyperspectral imaging. **Food Chemistry**, v.179, p.175-181, 2015.

YARGER, J.G.; QUARLES, C.L.; HOLLIS, B.W.; GRAY, R.W. Safety of 25-hydroxycholecalciferol as a source of cholecalciferol in poultry rations. **Poultry Science**, p.1437-1446, 1995.

ZHANG, X.; LIU, G.; MCDANIEL, G.R.; ROLAND, D.A. Responses of broiler lines selected for tibial dyschondroplasia incidence to supplementary 25-hydroxycholecalciferol. **Journal Applied Poultry Research**, v.25, 1997.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A suplementação de Cantaxantina + 25-OH-D<sub>3</sub> na dieta de machos de corte até os 21 dias de idade, é uma alternativa para melhorar parâmetros de desempenho nas fases iniciais de produção, melhorar características de coloração da carcaça e patas aos 42 dias de idade e aumentar a força de ruptura óssea da tíbia. Já o benefício da suplementação de Cantaxantina + 25-OH-D<sub>3</sub> na dieta até os 21 dias de idade para fêmeas de corte, foi melhorar a coloração da carcaça aos 28 dias de idade e aumentar o rendimento de peito aos 43 dias de idade.

Através do estudo, foi observado que a resposta da suplementação de Cantaxantina + 25-OH-D<sub>3</sub> na dieta, é diferente entre machos e fêmeas, sendo destacado principalmente variáveis de desempenho e características de coloração da carcaça. Estas informações são relevantes para futuras pesquisas.

Há poucos estudos que abordam a influência da Cantaxantina na dieta de frangos de corte. Nesse sentido devem ser conduzidos novos estudos com diferentes dosagens e fases de suplementação.

## 7. APÊNDICE

### Apêndice A - Aviário experimental utilizado



Fonte: Autoria própria

### Apêndice B - Alojamento das aves



Fonte: Autoria própria

### Apêndice C - Unidades experimentais



Fonte: Autoria própria

#### Apêndice D - Pesagem semanal das aves



Fonte: Autoria própria

#### Apêndice E - Abate das aves.



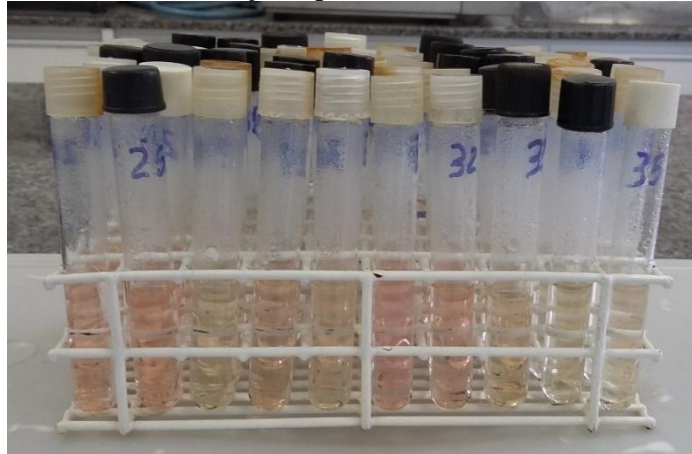
Fonte: Autoria própria

#### Apêndice F – Análise de força de ruptura óssea da tíbia.



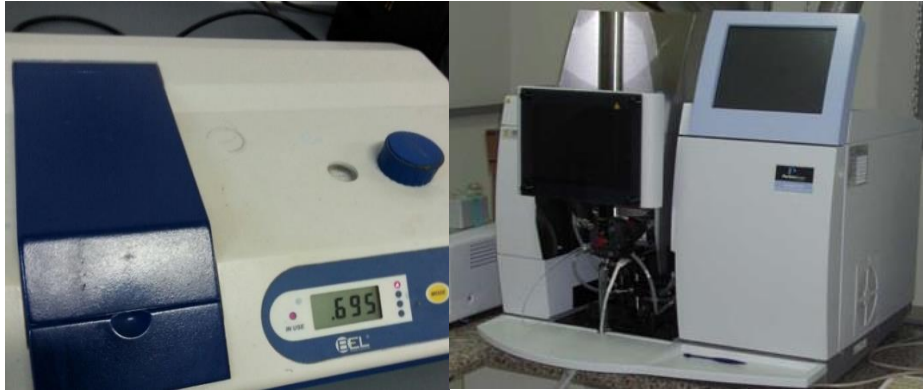
Fonte: Autoria própria

Apêndice G – Análise de oxidação lipídica (TBARS)



Fonte: Autoria própria

Apêndice F – Leituras de Cálcio e Fósforo da tíbia.



Fonte: Autoria própria

Apêndice G – Análise de força de cisalhamento da carne



Fonte: Autoria própria



Apêndice H – Fábrica de rações do laboratório de avicultura – LAVIC - UFSM



Fonte: Autoria própria

Apêndice H – Pessoas envolvidas no estudo



Fonte: Autoria própria