

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE ZOOTECNIA**

**CLAUDECIR ANTONIO ARTIFON JUNIOR**

**A qualidade do componente lipídico da ração:  
Análise morfológica do trato gastrointestinal e do  
crescimento de frangos de corte**

**FLORIANÓPOLIS - SC  
2023**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE ZOOTECNIA**

**CLAUDECIR ANTONIO ARTIFON JUNIOR**

**A qualidade do componente lipídico da ração:  
Análise morfológica do trato gastrointestinal e do  
crescimento de frangos de corte**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
como exigência para obtenção do Diploma de  
Graduação em Zootecnia da Universidade Federal  
de Santa Catarina.

Orientador: Prof. Fabiano Dahlke

**FLORIANÓPOLIS - SC  
2023**

Artifon Junior, Claudécir Antonio

A qualidade do componente lipídico da ração: :Análise morfológica do trato gastrointestinal e do crescimento de frangos de corte / Claudécir Antonio Artifon Junior ; orientador, Fabiano Dahlke, 2023.

55 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Graduação em Zootecnia, Florianópolis, 2023.

Inclui referências.

1. Zootecnia. 2. Desempenho. 3. Morfometria intestinal. 4. Óleo peroxidado. 5. Vitamina E. I. Dahlke, Fabiano. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Zootecnia. III. Título.

Claudecir Antonio Artifon Junior

## **A Qualidade Do Componente Lipídico Da Ração: Análise morfológica do trato gastrointestinal e do crescimento de frangos de corte**

Esta Monografia de Trabalho de Conclusão de Curso foi julgada aprovada e adequada para obtenção do grau de Zootecnista.

Florianópolis, 14 de junho de 2023.

**Banca Examinadora:**

---

Prof. Dr. Fabiano Dahlke  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Prof. Dr. André Luís Ferreira Lima  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Msc. Eng. Agrônomo Sebastião Ferreira Magagnin

## DEDICATÓRIA

Este trabalho é dedicado a Deus, aos meus pais, avós, noiva e orientador, pois sem eles não teria chego até aqui.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pois sem a Graça Dele não estaria aqui.

Aos meus pais, Claudedir e Regina, pelo apoio e suporte durante toda minha vida, mesmo que em muitos momentos eu não me considere merecedor.

Aos meus avós, Mario e Conceição, por me darem moradia e apoio durante o período da faculdade.

A minha noiva, Thaís, por todo apoio e compreensão, sempre me ajudando nos momentos mais difíceis.

Ao meu orientador e amigo, Fabiano Dahlke, a quem devo não só este trabalho, mas muitos momentos memoráveis, muitas recordações preciosas, minha evolução como acadêmico, entre diversas outras questões que me faltariam páginas e palavras para descrever.

Ao meu professor e amigo, André Luíz Ferreira Lima, pelo suporte durante a vida acadêmica e pela honra de participar da banca avaliadora do meu TCC.

Ao meu amigo Sebastião (Tião), pelo apoio durante a graduação e pela honra de participar da banca avaliadora do meu TCC.

Aos meus professores Diego e Lenzi, por todo suporte e apoio na minha jornada dentro da graduação.

Ao meu amigo Augusto, por todo apoio, não só dentro, mas também fora da vida acadêmica.

Aos membros do Laboratório de Avicultura-UFSC, por terem me acolhido e apoiado.

## RESUMO

O uso de ingredientes lipídicos de baixa qualidade pode causar danos à saúde das aves e gerar prejuízos na cadeia produtiva. Este estudo avaliou os efeitos do óleo de soja oxidado e da superdosagem de vitamina E na ração sobre a morfometria do trato gastrointestinal e o desempenho zootécnico de frangos. Foram utilizados 864 frangos de corte machos, criados até 21 dias de idade. As aves foram alimentadas com rações contendo óleo de soja de baixa oxidação (2,7 mEq de  $O_2$ /kg) ou alta oxidação (205 mEq de  $O_2$ /kg), níveis crescentes de vitamina E (75, 150 e 300 mg/kg de ração) com ou sem adição de antioxidante comercial. Foram avaliados, no 21º dia de criação, peso de proventrículo, moela, intestino delgado, intestino grosso, fígado, pâncreas, altura dos vilos, profundidade de cripta e número de células caliciformes no íleo. As variáveis zootécnicas (consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar) também foram avaliadas nas fases pré-inicial (1 a 7 dias) e inicial (até 21 dias de idade). Houve redução do consumo de ração e do ganho de peso dos frangos na primeira semana de idade quando alimentados com dietas contendo óleo com alto grau de peroxidação. O uso de altas doses de Vitamina E (150 ou 300 mg/kg) melhorou o consumo de ração e o ganho de peso dos frangos na fase Pré-inicial. A qualidade do óleo de soja e o nível de Vitamina E promoveram profundas alterações na morfometria do TGI. Quando usado óleo contendo 205mEq/kg de peróxido ou baixo nível de vitamina E (75mg/kg) houve aumento do peso de fígado e do pâncreas dos frangos, redução na altura das vilosidades, profundidade de cripta e número de células. Porém, a superdose de Vitamina E atenuou os efeitos deletérios provocados pelos radicais livres e produtos primários da peroxidação na mucosa intestinal. Conclui-se que o uso na ração de óleo oxidado compromete o desempenho do frango na fase pré-inicial. No entanto, a adição de vitamina E em níveis acima do praticado pela indústria avícola atenua os efeitos deletérios da peroxidação na taxa de crescimento. A peroxidação lipídica é capaz de promover alterações morfológicas, no fígado, pâncreas e nas vilosidades intestinais. Estes efeitos podem ser atenuados com a inclusão de altos níveis de vitamina E.

**Palavras-chave:** desempenho, morfometria intestinal, óleo peroxidado, vitamina E.

## LISTA DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1 – Ilustração do trato gastrointestinal (TGI) em frangos.....   | 15 |
| Figura 2 – Efeito da dieta contendo óleo de soja com baixa (2,7 mEq/kg - colunas da esquerda) ou alta taxa de oxidação (205 mEq/kg - colunas da direita) com inclusão de níveis crescentes de vitamina E na taxa de crescimento dos frangos na primeira semana..... | 44 |
| Figura 3 – Desdobramento da interação entre uso de óleo de soja com baixo ou alto índice de peróxido, nível de inclusão de vitamina E na ração na altura de vilosidades no íleo de frangos de corte com 21 dias de idade.....                                       | 51 |
| Figura 4 – Desdobramento da interação entre uso de óleo de soja com baixo ou alto índice de peróxido e nível de inclusão de vitamina E na ração na profundidade de cripta das vilosidades do íleo de frangos de corte com 21 dias de idade.....                     | 52 |

## LISTA DE TABELAS

|   |    |
|---|----|
| Tabela 1- Tratamentos experimentais.....  | 39 |
| Tabela 2- Ingredientes e composição química das rações basais.....  | 40 |
| Tabela 3- Efeito da dieta contendo óleo de soja com baixa e alta oxidação, níveis crescentes de vitamina E e antioxidante comercial no consumo de ração (CR), ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA) de frangos de corte nas fases pré-inicial e inicial.....                          | 44 |
| Tabela 4- Peso de proventrículo + moela (PM), intestino delgado (ID), fígado e pâncreas de frangos de corte alimentados com ração contendo óleo de soja com baixa ou alto índice de peróxido, níveis crescentes de vitamina E e antioxidante comercial (Expresso em g/100g de peso vivo)..... | 48 |
| Tabela 5- Altura de vilos (AV), profundidade de cripta (PC) e número de células caliciformes (CC) no íleo de frangos de corte alimentados com dietas contendo óleo de soja com baixo ou alto índice de peróxido, níveis crescentes de vitamina E e antioxidante comercial.....                | 49 |

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

TGI – Trato gastrointestinal

ID - Intestino delgado

ATP - Adenosina trifosfato

ERO - Espécies reativas de oxigênio

RL - Radicais livres

ERN - Espécies reativas de nitrogênio

AGPI - Ácidos graxos poli-insaturados

DNA - Ácido desoxirribonucleico

SOD - Superóxido dismutase

BHA - Butilato de hidroxianisol

## SUMÁRIO

|  |    |
|--|----|
| 1.INTRODUÇÃO .....   | 12 |
| 2.OBJETIVOS .....  | 14 |
| 2.1. Objetivo Geral .....  | 14 |
| 2.2.Objetivos Específicos .....  | 14 |
| 3.REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....  | 15 |
| 3.1. Estrutura do Trato Gastrintestinal - TGI .....  | 15 |
| 3.2.Integridade funcional do TGI e digestão do alimento .....  | 17 |
| 3.3.Lipídeos.....  | 19 |
| 3.4.Lipídeos na ração.....   | 20 |
| 3.5.Qualidade de óleos e gorduras .....  | 21 |
| 3.6.Efeito da oxidação dos lipídeos na morfologia e fisiologia no animal.....  | 23 |
| 3.7.Sistemas antioxidantes do organismo.....   | 24 |
| 3.8.Antioxidantes Sintéticos na ração .....  | 26 |
| 4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....  | 28 |
| 5. A qualidade do componente lipídico da ração: Análize morfológica do trato<br>gastointestinal e do crescimento de frangos de corte ..... | 34 |

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil registrou em 2022 o abate de 6,11 bilhões de frangos, o segundo maior resultado da série histórica (IBGE, 2023). Com um mercado cada vez mais competitivo e exigente, faz-se necessário encontrar pontos ótimos de produção para evitar custos desnecessários, promover bem-estar animal e aumentar a produção de carne.

A evolução genética permitiu tornar os frangos precoces, vorazes e com ótima eficiência alimentar. Contudo, para alcançar o potencial genético de crescimento, deve ser fornecida ração com alta concentração energética obtida pela inclusão de alguma fonte lipídica (KESSLER; GALLINGER, 2000). Além do efeito calórico que óleos e gorduras trazem na alimentação, sua inclusão pode proporcionar benefícios secundários como a redução da pulverização das rações, redução da velocidade de passagem do alimento pelo trato gastrointestinal (TGI), serve de fonte de ácidos graxos essenciais as aves, auxilia na absorção de vitaminas lipossolúveis e reduz o incremento calórico (BRAGA; BAIÃO, 2001; JUNQUEIRA *et al.*, 2005).

Os lipídeos podem sofrer durante o processamento, armazenamento e consumo alterações químicas que levam a produção de substâncias indesejáveis (ARAÚJO, 2008). A principal alteração é conhecida como peroxidação ou oxidação, formando os peróxidos, radicais livres e outros produtos secundários altamente tóxicos como os aldeídos, cetonas e hidrocarbonetos (RACANICCI *et al.*, 2008; ROCHA *et al.*, 2014). Alimentos com estas características podem levar os frangos a uma condição conhecida como estresse oxidativo.

O efeito tóxico da gordura oxidada e dos produtos secundários da oxidação nas células pode ser observado por meio do aumento na proliferação celular no epitélio intestinal e hepático, podendo haver redução no tempo de vida das células do epitélio o que leva ao menor aproveitamento de alimentos e aumento da demanda energética e, por consequência, a uma elevação na exigência de manutenção dos animais. As modificações na função intestinal de aves alimentadas com gordura oxidada podem reduzir a capacidade de absorção de glicose que, por sua vez, terá sua necessidade agravada em resposta ao déficit gerado pela baixa energia metabolizável da gordura oxidada (Dibner *et al.*, 1996).

Diante do exposto, o trabalho teve por objetivo avaliar o impacto da qualidade dos componentes lipídicos da ração e de altas doses de Vitamina E na morfometria da estrutura digestiva e no desempenho zootécnico dos frangos de corte.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

O Objetivo deste trabalho foi avaliar o impacto da qualidade do componente lipídico da ração na morfometria do trato gastrointestinal e no desempenho produtivo de frangos de corte.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Avaliar o impacto gerado pela utilização de óleo de soja com alto grau de peroxidação, na estrutura digestiva e no desempenho de frangos de corte;

Estudar os efeitos da inclusão de níveis crescentes de vitamina E, e possíveis interações com óleo oxidado na ração sobre a estrutura digestiva e desempenho de frangos.

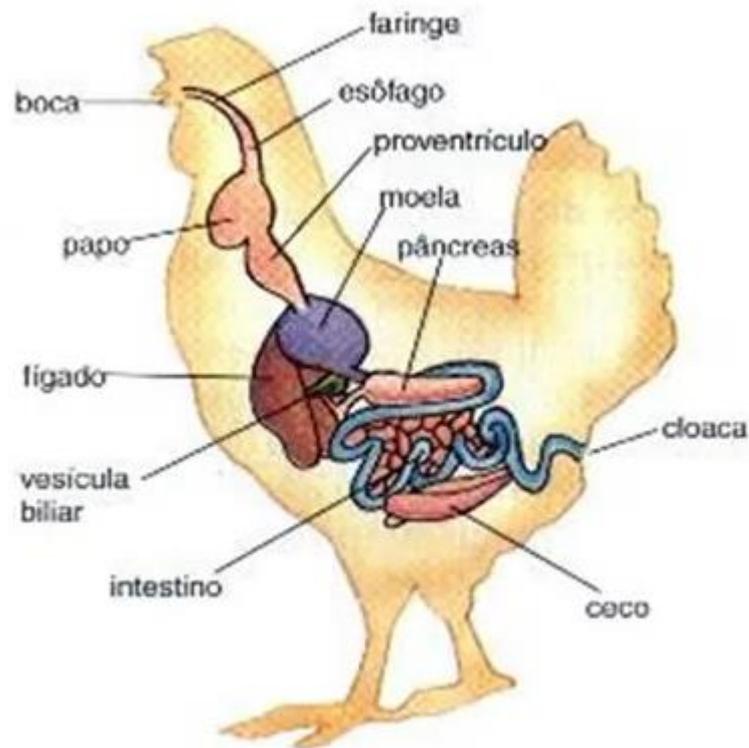
Verificar a ação de antioxidante comercial adicionado a ração em condições de estresse oxidativo.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Estrutura do Trato Gastrointestinal - TGI

O trato gastrointestinal (TGI) é um tubo oco e fibromuscular recoberto por epitélios especializados na ingestão, digestão e excreção. Além disso, TGI também atua como barreira entre o ambiente externo e interno desempenhando funções imunológicas. Dentre as secções do TGI das aves, o intestino delgado é considerado o principal local de digestão e absorção, sucedido pelo intestino grosso, com destaque aos cecos por serem importantes regiões de colonização de microrganismos (KOUTSOS; ARIAS, 2006).

**Figura1.** Ilustração do trato gastrointestinal (TGI) em frangos.



Fonte: <https://mundoeducacao.uol.com.br/biologia/sistema-digestorio-das-aves.htm>, 2023

O duodeno, primeira porção do intestino delgado (ID), consiste em uma alça que envolve o pâncreas e está localizada imediatamente após o ventrículo. Na sua

porção ascendente, localizam-se os ductos biliares e pancreático, responsáveis pela condução das secreções digestivas para o interior do intestino. O jejuno, próximo segmento, é a porção mais extensa do ID e encontra-se organizado em diversas alças. Já o íleo segue a partir do jejuno, iniciando-se no divertículo vitelino (Merkel) e delimitado subsequentemente pelo ponto de ligação cecocólico. O intestino grosso é dividido em cecos, cólon e reto. Os cecos originam-se na junção ileocólica e seguem percursos paralelos e opostos ao íleo, sendo firmados pelas pregas ileocecais. A decomposição bacteriana da celulose ocorre neste segmento. O cólon tem cerca de 10 cm de comprimento e é ligado a cloaca por uma ligeira dilatação (MACARI *et al.*, 2002).

A parede do TGI é composta por quatro camadas: mucosa, submucosa, muscular e serosa, estas por sua vez formadas por células e tecidos altamente especializados nos processos de digestão, absorção, produção de muco, entre outros. A mucosa intestinal apresenta projeções microscópicas denominadas vilosidades ou *vilos*, responsáveis por auxiliar no processo de digestão e aumentar a área superficial interna de absorção dos nutrientes. As vilosidades apresentam diversos tipos celulares em sua estrutura, contudo, cerca de 80% são células absorptivas chamadas de enterócitos e, em menor proporção, são encontradas células caliciformes. Os enterócitos apresentam projeções voltadas para o lúmen intestinal denominadas de *microvilos* que são responsáveis por aumentar ainda mais a área superficial levando a um aumento de absorção. As células caliciformes, por sua vez, são responsáveis pela produção de muco e encontram-se intercaladas ao longo da superfície dos *vilos* entre os enterócitos. A produção de muco é uma forma de o organismo proteger-se de agentes agressores e estressores situados no lúmen intestinal (PABST; ROTHKÖTTER, 1999; ROCHA *et al.*, 2014).

O que confere características próprias a cada segmento de intestino delgado é o número e o tamanho das suas vilosidades, sendo que a capacidade absorptiva é diretamente proporcional ao número e ao tamanho dos *vilos*. Em geral, aves com vilosidades mais altas apresentam melhor absorção de nutrientes. No entanto, os *vilos* apresentam formatos distintos de acordo com a sua localização. No duodeno são arredondados no ápice, mais altos e mais estreitos em relação aos do jejuno. No íleo são mais curtos e mais largos do que os do jejuno, enquanto que no intestino grosso são os mais densos e curtos (BOARO, 2009).

Na base das vilosidades estão localizadas estruturas denominadas criptas de

Lieberkühn, onde estão situadas células indiferenciadas que fazem parte do processo de renovação celular. Esta renovação é contínua e, na medida em que as células migram em direção ao topo dos *vilos*, se diferenciam predominantemente em enterócitos (BOARO, 2009). Ao chegarem ao ápice dos *vilos*, as células passam pelo processo de apoptose e são expelidas no lúmen intestinal. Fatores nutricionais, fisiológicos e imunológicos afetam a taxa de renovação celular da mucosa. Alguns nutrientes específicos podem estimular a taxa de proliferação celular bem como alguns hormônios, mediadores de processos inflamatórios e outros fatores que podem exercer o mesmo efeito (JEURISSEN *et al.*, 2002; BOARO, 2009).

Subjacente à camada mucosa, dentro de cada vilosidade está localizada a lâmina própria, que consiste em uma rede estrutural que além de firmar o epitélio, contém fibras nervosas, assim como uma gama de células imunológicas (imunoglobulinas, linfócitos B e T, macrófagos, eosinófilos, mastócitos e células dendríticas) importantes na defesa do organismo contra agentes estranhos e patógenos (KOUTSOS; ARIAS, 2006).

Os tecidos do TGI apresentam alta atividade metabólica se comparados a outros tecidos do corpo. Esta alta atividade é acompanhada pela grande demanda por nutrientes a qual pode variar de acordo com o estado de saúde e nutricional do animal e com a microbiota presente no TGI (JEURISSEN *et al.*, 2002; BOARO, 2009). O processo de perda e renovação celular denominado de “*turnover*” é o responsável pelo consumo de grande parte da energia e nutrientes. Além disso, funções como a síntese de enzimas e mucina, o processo de quebra e transporte de nutrientes também são responsáveis pelo aumento das exigências nutricionais de manutenção (ROCHA *et al.*, 2014). Nas aves, em particular nos frangos de corte, o TGI é o órgão que necessita de maior aporte de nutrientes e consome de 23% a 36% do total de energia e de 23% a 38% do total de proteína absorvida pelo organismo (GODDEERIS *et al.*, 2002).

A superfície absorptiva do TGI é coberta por uma camada de muco composta predominantemente por glicoproteínas sintetizadas e secretadas pelas células caliciformes. A primeira barreira seletiva é a camada de mucina que recobre todo epitélio do TGI auxiliando na manutenção da saúde e integridade intestinal, lubrificando as superfícies do epitélio, protegendo a mucosa dos microrganismos patogênicos e das agressões físico-químicas da digesta. Associada à sua função de proteção, a mucina também está envolvida na filtragem de compostos no TGI, uma

vez que atua como uma barreira de difusão entre o lúmen e a mucosa para nutrientes, drogas, toxinas e macromoléculas (JEURISSEN *et al.*, 2002; HORN *et al.*, 2009).

A mucina presente no lúmen está relativamente protegida das enzimas proteolíticas por conta dos oligossacarídeos presentes em sua estrutura, sendo pouco digerida no intestino delgado (ADAMS, 2007). No entanto, grande parte da mucina será catabolizada pelas bactérias ou excretada por meio da descamação intestinal, sendo de qualquer maneira não aproveitada pelo animal (KOUTSOS; ARIAS, 2006). A secreção excessiva de mucina eleva a perda endógena de nutrientes e também prejudica a absorção dos mesmos pela barreira formada entre a digesta e as enzimas.

Entretanto, uma camada muito fina de muco pode favorecer o potencial de invasão de organismos patogênicos (JEURISSEN *et al.*, 2002).

As mucinas intestinais têm em sua composição uma porção protéica rica em aminoácidos como a treonina, a serina e a prolina ligada a centenas de oligossacarídeos. A fração de carboidratos da camada de muco é composta basicamente por galactose, fucose, N-acetilglucosamina, N-acetilgalactosamina e ácido siálico (JEURISSEN *et al.*, 2002; KOUTSOS; ARIAS, 2006).

### 3.2 Integridade funcional do TGI e digestão do alimento

As células intestinais têm uma alta taxa metabólica para suportar suas funções secretórias e absorptivas, são constantemente renovadas pela proliferação de Células *Totipotentes* situadas na cripta de Lieberkuhn (DIBNER; RICHARDS, 2004). Caso ocorram lesões ou injúrias no TGI, a exigência nutricional pode aumentar significativamente elevando a necessidade de proteínas e energia para a renovação e manutenção celular o que leva a uma queda dos nutrientes disponíveis para o crescimento animal (ROCHA *et al.*, 2010).

O TGI é a via de entrada de nutrientes e macromoléculas essenciais ao desenvolvimento produtivo das aves. Seu funcionamento está intimamente relacionado com a estrutura das células epiteliais intestinais, portanto, para uma digestão e absorção adequada dos nutrientes pelo animal é fundamental que a estrutura morfológica do TGI esteja íntegra. No entanto, manter a saúde gastrointestinal é uma tarefa altamente complexa e depende do equilíbrio entre

macro e micro-estruturas do intestino, tecido linfóide associado ao intestino e camada mucosa, microbiota intestinal e dieta ofertada (ADAMS, 2007). Desta maneira, qualquer fator que altere a saúde intestinal influenciará o organismo animal como um todo, alterando a absorção e necessidades de nutrientes e conseqüentemente a produtividade (DIBNER; RICHARDS, 2004).

Em frangos de corte o TGI passa a se desenvolver a partir de 18 horas de incubação, porém, os mecanismos fisiológicos responsáveis pela absorção, só iniciam a partir do 18º dia. Apesar de o TGI estar anatomicamente formado no momento da eclosão, suas capacidades digestiva e absorptiva ainda não estão atuando de maneira eficiente devido a sua imaturidade (MAIORKA, 2002).

A integridade das células epiteliais da mucosa do TGI pode vir a ser afetada pelas características químicas e físicas das dietas ofertadas aos frangos (MAIORKA, 2002), dietas peletizadas podem contribuir para o aumento do número de vilosidades do duodeno, uma vez que o aumento no tamanho da partícula tem relação direta com o aumento na profundidade das criptas e altura dos vilos (DAHLKE *et al.* 2003). Uma maior integridade da parede intestinal leva a melhor absorção de nutrientes, mas também reduz o gasto energético ligado a reposição de células danificadas por agentes patogênicos (REIS; VIEITES, 2019).

Há basicamente dois eventos citológicos envolvidos no desenvolvimento da mucosa: renovação celular (proliferação e diferenciação das células localizadas na cripta e ao longo das vilosidades) e extrusão (perdas celulares que ocorrem no topo do vilos). O balanço entre esses dois processos determina a taxa de renovação da mucosa intestinal (proliferação-migração-extrusão) para manutenção da altura dos vilos (MAIORKA *et al.*, 2006).

### 3.3 Lipídeos

Os lipídios são compostos quimicamente diversos, no entanto, apresentam a insolubilidade em água como a principal característica (LEHNINGER *et al.*, 2000). Fazem parte dos lipídeos os óleos e as gorduras. A maneira como os lipídios estão dispostos na natureza varia de acordo com os alimentos que os contém. Grande parte dos lipídios contém na sua estrutura os ácidos graxos que podem estar na forma livre (ácidos graxos livres) ou na forma conjugada a uma molécula de glicerol formando triglicerídeos (FATS IN ANIMAL FEEDS, 1985). No entanto, alguns grupos

não possuem ácidos graxos na sua composição, entre eles os terpenos, esteróis e algumas vitaminas lipossolúveis (SAKOMURA *et al.*, 2014).

Os átomos de carbono dos ácidos graxos são quimicamente mais reduzidos e, com isso, sua oxidação libera mais de duas vezes a energia liberada pelos carboidratos. Os ácidos graxos são hidrofóbicos, ou seja, como reserva de energia não necessitam carregar consigo o peso e o volume extra de água que está sempre associada aos polissacarídeos quando armazenados. Além disso, os triglicerídeos armazenados nos adipócitos sob a pele funcionam como isolante térmico (LEHNINGER *et al.*, 2000).

A reserva de energia é uma das principais funções biológicas dos lipídeos, porém também podem ser estruturais, compondo a membrana celular, apresentar função de cofatores enzimáticos, agentes emulsificantes no trato digestivo, carreadores de elétrons, hormônios, entre outros. Com relação à estrutura das ligações entre os carbonos, podem ser definidos como saturados, insaturados, monoinsaturados ou poli-insaturados. Ácidos graxos que contêm somente ligações simples são caracterizados como saturados e encontram-se em estado sólido quando em temperatura ambiente apresentando cadeia linear. Os ácidos graxos que contêm uma ou mais ligações duplas são chamados de insaturados e encontram-se na forma líquida quando em temperatura ambiente, geralmente não apresentam cadeia ramificada, porém, alguns podem apresentar anéis, metilações e grupos hidroxilas. O ácido graxo monoinsaturado é aquele que apresenta apenas uma ligação dupla na sua estrutura, já os poli-insaturados apresentam duas ou mais ligações duplas entre os carbonos (LEHNINGER *et al.*, 2000; SAKOMURA *et al.*, 2014).

Os ácidos graxos podem também ser categorizados de acordo com o comprimento de sua cadeia carbônica: ácidos graxos de cadeia curta possuem menos de oito carbonos, ácidos graxos de cadeia média possuem de oito a 11 carbonos, ácidos de cadeia intermediária possuem de 12 a 15 carbonos e ácidos de cadeia longa possuem 16 ou mais carbonos (BUTOLO, 2001).

#### 3.4. Lipídios na ração

A principal fonte de energia de uma dieta são os carboidratos, no entanto, os óleos e gorduras são amplamente utilizados em rações para frangos de corte devido

a sua alta concentração de energia e pela elevada exigência de energia pelas aves. Além disso, a inclusão de lipídios favorece a redução da pulverização das rações, melhora a velocidade de passagem do alimento pelo TGI, é fonte de ácidos graxos essenciais, auxilia na absorção de vitaminas lipossolúveis e reduz o incremento calórico (BRAGA; BAIÃO, 2001; JUNQUEIRA *et al.*, 2005). As fontes lipídicas podem também modificar a metabolizabilidade de nutrientes para frangos de corte. Por isso, óleos vegetais e gorduras de aves são comumente utilizados (SARAE *et al.*, 2014).

A digestibilidade é o principal fator que afeta o valor de energia metabolizável dos óleos e gorduras, esta, por sua vez, é dependente de diversos fatores, entre eles: comprimento da cadeia carbônica e número de duplas ligações presentes no ácido graxo; presença ou ausência de ligação éster; se a gordura está na forma de triglicerídeo ou como ácido graxo livre; o arranjo específico do ácido graxo saturado e insaturado no glicerol na molécula do triglicerídeo; idade da ave; relação de ácido graxo insaturado e saturado na mistura de ácidos graxos livres; flora intestinal; composição da dieta na qual os ácidos graxos são fornecidos e a quantidade de triglicerídeo adicionado na dieta (ZDUŃCZYK *et al.*, 2001; POORGHASEMI *et al.*, 2013; SARAE *et al.*, 2014; TUFARELLI *et al.*, 2015).

### 3.5 Qualidade de óleos e gorduras

Os lipídeos da ração podem sofrer durante o processamento, armazenamento e consumo, alterações químicas que podem levar a produção de substâncias indesejáveis (SURAI, 2007). A principal alteração é o processo conhecido como peroxidação ou oxidação que conduz a formação de peróxidos, radicais livres e outros produtos secundários que são altamente tóxicos (RACANICCI *et al.*, 2008). Alimentos com estas características podem levar os frangos a uma condição conhecida como estresse oxidativo. Além disso, a deterioração provocada pela oxidação lipídica reduz a palatabilidade, gera odores desagradáveis e reduz o valor nutritivo (SURAI, 2007).

Alguns produtos resultantes da oxidação são tóxicos, como exemplo os derivados da decomposição de hidroperóxidos, como alcoóis, aldeídos (malonaldeído), cetonas, ésteres e outros hidrocarbonetos. Estes compostos podem ser mensurados e são um bom indicador do estado de preservação do alimento. A oxidação caracteriza-se pela perda de elétrons por um átomo ou molécula. Um

agente oxidante age como receptor de elétrons das moléculas que oxida enquanto um agente redutor é um doador de elétrons (VANNUCCHI *et al.*, 1998).

A oxidação e a geração de radicais livres constituem um processo fisiológico contínuo, pois durante os processos metabólicos, principalmente nas mitocôndrias, esses radicais atuam como mediadores para a transferência de elétrons nas várias reações bioquímicas. Sua produção, em proporções adequadas, possibilita a geração de adenosina trifosfato, ou ATP (energia), por meio da cadeia transportadora de elétrons, fertilização do óvulo, ativação de genes e participação de mecanismos de defesa durante o processo de infecção (BARBOSA *et al.*, 2010).

A produção contínua de radicais livres durante os processos metabólicos resulta no desenvolvimento de mecanismos de defesa antioxidante, com o objetivo de limitar os níveis intracelulares destes compostos e controlar a ocorrência de danos. O desequilíbrio entre os compostos oxidantes (Radicais livres) e a capacidade do organismo de neutralizá-los é chamado de estresse oxidativo. Há vários fatores exógenos que podem desencadear o estresse oxidativo nos animais, entre eles, a dieta. Deficiências em Vitamina C e D, deficiência em zinco, quantidade e qualidade dos lipídios (VIZZOTTO, 2017).

Os radicais livres cujo elétron desemparelhado encontra-se centrado nos átomos de oxigênio ou nitrogênio, são denominadas espécies reativas de oxigênio-EROs (BARREIROS E DAVI, 2006). A oxidação, portanto, tem grande influência no valor nutricional e na qualidade de produtos que são utilizados na nutrição animal, principalmente quando se fala em lipídeos utilizados na fabricação de ração (SAKOMURA *et al.*, 2014).

Os fatores que interferem na oxidação de lipídeos são: os ácidos graxos constituintes, como, por exemplo, os ácidos linoleico e linolênico que oxidam entre 64 e 100 vezes mais rapidamente que o ácido oleico; a quantidade de oxigênio presente que pode levar a uma aceleração da oxidação; a atividade da água que está envolvida nas atividades catalíticas dos metais; a temperatura do processo e armazenagem do produto uma vez que temperaturas maiores aceleram a oxidação; e a exposição à radiação solar, que é um potente acelerador (VIZZOTTO, 2017). Outros fatores como a presença de agentes pró-oxidantes, principalmente os metais pesados e os grupos heme das moléculas de mioglobina, enzimas lipo-oxidases e pigmentos de clorofila também catalisam a reação de oxidação, pois, principalmente a clorofila leva a maior absorção de energia luminosa e transfere para o oxigênio

triplete gerando o estado de oxigênio singlete (JORGE, 2009, VIZZOTTO, 2017).

A reação de oxidação dos lipídeos pode ocorrer através de vários mecanismos. O mecanismo de auto-oxidação é o mais comum e é constituído por três fases: iniciação, propagação e terminação que, por sua vez, são geradas por meio de reações em cadeia (MARIUTTI; BRAGAGNOLLO, 2009; JORGE, 2009). Quanto maior for o grau de insaturação do ácido graxo componente do triglicérido, maior será a intensidade da oxidação (VIZZOTTO, 2017).

A fase de iniciação contém alta energia de ativação e compreende a formação de radicais livres. No entanto, essa fase não ocorre espontaneamente e é necessária a presença de catalisadores para facilitar a reação. A segunda fase é o momento em que o radical reagirá com o oxigênio, originando o radical peroxila. No início desta fase ocorre um acúmulo de hidroperóxido que, com o decorrer do tempo, por conta de sua instabilidade, começam a se decompor. Desta forma, obtêm-se os compostos responsáveis pelo odor desagradável conhecido como ranço. A fase de terminação é caracterizada pela redução na quantidade de ácidos graxos insaturados e pela formação de compostos estáveis, uma vez que os radicais livres se ligam uns aos outros (JORGE, 2009; VIZZOTTO, 2017). Alterações organolépticas já surgem na fase de propagação, porém, muito mais acentuadas durante a última fase, levando a possível ocorrência de alterações na cor, odor e viscosidade do óleo (JORGE, 2009).

O mecanismo de foto-oxidação ocorre através da presença de luz e de moléculas foto sensibilizadoras presentes. O produto primário deste mecanismo é o hidroperóxido, no qual o grupo peroxila está ligado a um dos carbonos da dupla ligação. O oxigênio singlete reage com a dupla ligação produzindo um hidroperóxidoalílico, o que leva à alteração na configuração da molécula de cis para trans. Um segundo mecanismo que leva a oxidação de lipídeos é o de termoxidação ocorrendo na presença de altas temperaturas às quais os lipídeos são expostos. Essas condições ocorrem quando os produtos são utilizados em fornos de micro-ondas ou em frituras por imersão. Outro mecanismo é a oxidação enzimática, que é catalisada pela enzima lipoxigenase que é proteína ligada a um metal possuindo um átomo de ferro no centro. Esta, por sua vez, está presente em muitas matérias vegetais, em microrganismos e em enzimas com atividades similares em tecidos animais. Por ser uma enzima, apresenta especificidade de ação, quanto ao substrato e quanto à forma de agir (OETTERER *et al.*, 2006).

### 3.6 Efeito da oxidação dos lipídios na morfologia e fisiologia no Animal

A formação de radicais livres (RL) no ingrediente ou dentro do organismo, quando não neutralizada pelos agentes antioxidantes, pode causar a degradação oxidativa dos ácidos graxos insaturados da membrana da célula animal, levando ao desequilíbrio físico-químico e disfunções celulares (COMBS, 1998).

O efeito tóxico da gordura oxidada e dos produtos secundários da oxidação nas células pode ser observado por meio do aumento na proliferação celular no epitélio intestinal e hepático podendo haver redução no tempo de vida das células epiteliais, o que leva ao menor aproveitamento de alimentos, aumento da demanda energética e, por consequência, a uma elevação na exigência de manutenção dos animais. As modificações na função intestinal de aves alimentadas com gordura oxidada podem reduzir a capacidade de absorção de glicose, que, por sua vez, terá sua necessidade agravada em resposta ao déficit gerado pela baixa energia metabolizável da gordura oxidada (DIBNER *et al.*, 1996). A maior presença de peróxidos pode influenciar, também, na redução da altura dos *vilos* do intestino e, por consequência, menor absorção (ROCHA *et al.*, 2014).

O fígado atua como um filtro biológico e é normalmente um dos primeiros órgãos afetados pelos produtos secundários da peroxidação. Já na mucosa intestinal, qualquer aumento na taxa de renovação celular, causado por estes compostos, aumentará os requerimentos de manutenção e, por consequência, reduz a eficiência da conversão alimentar (ROBEY; SHERMER, 1994).

Apesar de essencial para vários processos fisiológicos, quando o sistema antioxidante não consegue manter o nível ideal de RL, inicia-se o estresse oxidativo (GESSNER *et al.*, 2016; HUSSAIN *et al.*, 2016;). O estresse oxidativo é considerado um dos principais estímulos para o desencadeamento de processos inflamatórios (HUSSAIN *et al.*, 2016) e os produtos de células envolvidas nos processos inflamatórios podem levar a produção de mais RL, iniciando-se assim, um ciclo vicioso entre estresse oxidativo e processo inflamatório (GESSNER *et al.*, 2016) podendo danificar lipídeos, proteínas e ácidos nucleicos (FELLENBERG; SPEISKY, 2006; HUSSAIN *et al.*, 2016) causando diversas patologias que prejudicam o crescimento animal (TRAESEL *et al.*, 2011).

### 3.7 Sistemas antioxidantes do organismo

Substâncias oxidantes podem tanto ser geradas em processos endógenos, como também podem ser adquiridas de fontes exógenas como a alimentação (SURAI, 2007; WINTERBOURN, 2008). Entre as principais substâncias oxidantes, podemos citar algumas espécies reativas de nitrogênio (ERN) e algumas espécies reativas de oxigênio (ERO) que por sua vez, são radicais livres (RL), ou seja, substâncias com espécies químicas com um ou mais elétrons desemparelhados, tornando-os assim altamente instáveis (HARVEY, 2008).

Um exemplo de fonte endógena é o metabolismo normal, tendo em vista que constantemente produz RL durante a respiração celular nas mitocôndrias (WINTERBOURN, 2008). Os metais de transição, essenciais para os organismos, também podem produzir RL através da reação de Fenton que consiste na interação com peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) levando à produção de radical hidroxila (FELLENBERG; SPEISKY, 2006; ROCHE *et al.*, 2008). A principal fonte exógena de substâncias oxidantes é a dieta, sobretudo quando contém óleos vegetais ricos em ácidos graxos poli-insaturados (AGPI). Além da dieta, doenças, vacinações e altas temperaturas podem ser fontes de estresse para os animais, o que leva a geração de RL (SURAI, 2007).

Durante a produção de energia pelo organismo, nem todo o oxigênio utilizado como acceptor de elétrons na cadeia respiratória mitocondrial será reduzido à água. Este processo leva à formação natural de espécies reativas de oxigênio (ROS), possuindo uma potente função oxidante (TURRENS, 2003). As espécies reativas de oxigênio podem atuar de maneira benéfica para o organismo, como moléculas sinalizadoras em várias reações orgânicas quando em baixa concentração (DOWLING; SIMMONS, 2009), porém, quando em excesso, causar danos as biomoléculas como DNA, proteínas e lipídeos (TRACHOOTHAM *et al.*, 2008) sendo consideradas prejudiciais ao organismo animal (KHATLAB, 2016).

A constante exposição do organismo a compostos oxidantes pode ser apontada como à causa de diversas doenças crônicas (HUSSAIN *et al.*, 2016). Em frangos de corte o aparecimento de doenças crônicas é improvável devido ao curto período de vida. Entretanto, a contínua exposição pode levar a um processo contínuo de inflamação, o que representa um custo energético para o animal, além

de ocorrer um aumento da permeabilidade vascular levando a uma facilitação da entrada de moléculas e patógenos na circulação sistêmica aumentando a susceptibilidade a doenças (GESSNER *et al.*, 2016).

As EROs podem ser eliminadas do organismo por meio de substâncias conhecidas como antioxidantes, substâncias presentes nos sistemas biológicos que podem ser oxidados por EROs, levando a uma diminuição da taxa de reação da ERO com membranas lipídicas, proteínas e DNA (STINEFELT, 2003). O organismo animal dispõe de diversos mecanismos enzimáticos de defesa antioxidante, como os baseados nas ações das enzimas superóxido dismutase (SOD) (ALUWONG *et al.*, 2013)

A SOD está presente no organismo dos animais sob diferentes formas e em diferentes localidades: a enzima superóxido dismutase contendo manganês em seu sítio ativo (Mn-SOD) está presente nas mitocôndrias e a SOD que contém cobre e zinco em seu sítio ativo (CuZn-SOD) pode ser encontrada no citosol (HALLIWELL, 1994), ambas atuando no controle da produção de radicais livres. A SOD é fundamental na eliminação do superóxido, gerando nessa reação denominada dismutação o peróxido de hidrogênio e oxigênio. O peróxido de hidrogênio formado pode ser eliminado através de reações catalisadas pela enzima catalase ou pelo sistema da glutathionaperoxidase (ALUWONG *et al.*, 2013).

O principal mecanismo de ação dos antioxidantes consiste na remoção de RL (FELLENBERG; SPEISKY, 2006) e também no sequestro de metais de transição inibindo a produção de RL (HUSSAIN *et al.*, 2016). O sistema antioxidante é formado por diferentes sistemas podendo ser caracterizados como enzimáticos e não enzimáticos, como tocoferóis (vitamina E), ácido ascórbico (vitamina C), carotenoides ( $\beta$ -caroteno), ácido úrico, glutathiona e polifenóis, além de proteínas que se ligam a metais de transição (APAK *et al.*, 2007; SURAI, 2007; GESSNER *et al.*, 2016).

### 3.8 Antioxidantes Sintéticos na ração

A adição de antioxidantes sintéticos nas rações de frangos de corte é prática comum, visando à prevenção da rancificação da ração (LOETSCHER *et al.*, 2013). A capacidade de atuação de antioxidantes depende não apenas da reatividade química, ou seja, sua capacidade de aprisionar radicais livres, quelar metais, entre

outros, mas também de sua interação com componentes do alimento, localização física e condições ambientais (MAURIUTTI; BRAGAGNOLO,2009). Aumentar a ingestão de antioxidantes dietéticos é considerado a melhor forma para prevenir o estresse oxidativo (SURAI, 2007).

Os antioxidantes sintéticos comumente usados nas rações são o butilato de hidroxianisol conhecido como BHA o butilato de hidroxitolueno, ou BHT. Embora os antioxidantes sintéticos sejam utilizados para controlar a oxidação lipídica na ração, pouco é conhecido sobre sua capacidade de estabilizar lipídios no organismo animal e mesmo na carne, quando fornecido aos músculos através da dieta (HESS *et al.*, 2003).

A suplementação de vitamina E na dieta é uma forma eficiente de prevenir a rancificação (HESS *et al.*, 2003). Como antioxidante nos alimentos, a vitamina E exerce funções essenciais no organismo compondo as membranas celulares, inibindo a peroxidação lipídica dos ácidos graxos insaturados (BATISTA *et al.*, 2007), interrompendo as reações em cadeia na membrana, neutralizando a formação de radicais livres e produtos secundários da oxidação (ARAÚJO, 2008).

A estabilidade oxidativa, ou seja, a capacidade de um composto de não oxidar, é de grande importância para a garantia de qualidade do alimento. Agentes externos como luz, temperatura, tempo de estocagem e presença de metais podem acelerar o processo de deterioração dos produtos. Portanto, a vitamina E pode ser adicionada aos alimentos com o intuito de reduzir ou evitar processos oxidativos (BATISTA *et al.*, 2007).

#### 4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, C. A. (2007). Nutrition-Based Health (p. 179). Nottingham, UK: Nottingham University Press.

ALUWONG, T., KAWU, M., RAJI, M., DZENDA, T., GOVWANG, F., SINKALU, V., & AYO, J. (2013). Effect of yeast probiotic on growth, antioxidant enzyme activities and malondialdehyde concentration of broiler chickens. *Antioxidants*, 2(4), 326-339.

ARAÚJO, J.M.A.. Química de alimentos: teoria e prática. 4ª ed. Viçosa: Editora UFV; 2008.

BATISTA, E.C.S.; COSTA, A.G.V.; PINHEIRO-SANT'ANA, H.M. Adição da vitamina E aos alimentos: implicações para os alimentos e para a saúde humana. *Revista de Nutrição*, v.20, n.5, p.525-535, 2007.

BARREIROS ALBS, DAVI JM. Estresse oxidativo: Relação entre geração de espécies reativas e defesa do organismo. *Bahia, Quím Nova*. 2006;29(1):113-23.

BITENCOURT GOMES, P. E., LOPES, J. B., DA SILVA COSTA MOREIRA, E. M., MERVAL, R. R., MOREIRA FILHO, M. A., & LEMOS, J. G. S. D. (2020). Suplementação de zinco orgânico e vitamina E para frangos de corte em condições naturais de estresse por calor. *Acta VeterinariaBrasilica*, 14(4), 237-243.

BLOCK, M.C.; VAHL, H.A.; LANGE, L.; VAN DE BRAAK, A.E.; HEMKE, G.; HESSING, M. Nutrition and health of the gastrointestinal tract. Netherlands: Wageningen, 2002. p. 97-134.

BOARO, M. Morfofisiologia do trato intestinal. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 2009, Porto Alegre. Anais... Facta: Campinas, 2009. p. 262-274.

BRAGA, J.P.; BAIÃO, N.C. Suplementação lipídica no desempenho de aves em altas temperaturas. Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia, v.31, p.23-28, 2001.

BUTOLO, J.E. Utilização de ingredientes líquidos na alimentação animal. In: SIMPÓSIO SOBRE INGREDIENTES NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL, 2001. Campinas, Anais..., Campinas: CBNA, 2001. p.295-334.

BYRNE, D.V. et al. Sensory and chemical investigations on the effects of oven cooking on warmed-over flavor development in chicken meat. Meat Science, v.61, p.127-139, 2002.

CLOSE M.H.A. SARAEE, A. SEIDAVI, M. DADASHBEIKI, V. LAUDADIO, V. TUFARELLI. Effect of dietary supplementation with different levels of green tea powder and fish oil or their combination on carcass characteristics in broiler chickens Pak. J. Zool., 46 (2014), pp. 1767-1773.

DAHLKE, F.; RIBEIRO, A.M.L; KESSLER, A.M.; LIMA, A.R.; MAIORKA. A. Effects of cornparticle size and physical form of the diet on the gastrointestinal structures of broiler chickens. Revista Brasileira de Ciência Avícola, Campinas, v. 5, n. 1, p. 61-67, Apr. 2003.

DIBNER, J. J., ATWELL, C. A., KITCHELL, M. L., SHERMER, W. D., & IVEY, F. J. (1996). Feeding of oxidized fats to broilers and swine: effects on enterocyte turnover, hepatocyte proliferation and the gut associated lymphoid tissue. Animal feed Science and technology, 62(1), 1-13.

DIBNER, J. J., RICHARDS, J. D. (2004). The Digestive System : Challenges and Opportunities.

DOWLING, D. K., & SIMMONS, L. W. (2009). Reactive oxygen species as universal constraints in life-history evolution. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, 276(1663), 1737-1745.

DUARTE, F.D. Efeitos de fontes lipídicas em dietas para frangos de corte sobre o desempenho, rendimento e composição da carcaça. Minas Gerais. UFMG, 2007.

EBRAHIMI, A., QOTBI, A.A.A., SEIDAVI, A., LAUDADIO, V., TUFARELLI, V., 2014. Effect of different levels of dried sweet orange (*Citrus sinensis*) peel on broiler chickens growth performance. *Archiv. Tierz.*, 56: 11-17.

FATS IN ANIMAL FEEDS. [S.l.]: Milk Specialties Company, [1985?] para data provável. 22p.

FELLENBERG, M.A.; SPEISKY, H. Antioxidants: their effects on broiler oxidative stress and its meat oxidative stability. *World's Poultry Science Journal*, v. 62, p.53-70, 2006.

GARNSWORTHY, P.C.; COLE, D.J.A. Recent advances in animal nutrition. Thrumpton: Nottingham University Press, 1995.

GESSNER, D. K.; RINGSEIS, R.; EDER, K. Potential of plant polyphenols to combat oxidative stress and inflammatory processes in farm animals. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, p. 1-24. doi: 10.1111/jpn.12579, 2016.

GODDEERIS, B. M.; BOERSMA, W. J. A.; COX, E.; VAN DER STEDE, Y.; KOENEN, M. E.; VANCAENEGHEM, S.; MAST, J.; VAN DER BROECK, W. The porcine and avian intestinal immune system and its nutritional modulation.

GONÇALVES, F. G.; ZANINI, S. F.; FEITOSA, M. L.; GONÇALVES, E.P. M.; COLNAGO, G. L. Efeito da pimenta rosa associada a diversas dosagens de antibióticos em frangos de corte *Ciência Rural*, 2 ago. 2012. Disponível em: [HTTP://revistas.bvs-vet.org.br/crural/article/view/21497](http://revistas.bvs-vet.org.br/crural/article/view/21497). Acesso em: 02 jun. 2022.

GRAY, J.I.; GOMAA, E.A; BRUCKLEY, D.J. Oxidative quality and shelf life of meats. *Meat Science*, v.43, p.111-123, 2006.

HALLIWELL, B., & CROSS, C. E. (1994). Oxygen-derived species: their relation to

human disease and environmental stress. *Environmental health perspectives*, 102 (suppl 10), 5-12.

HARVEY, J. W. The erythrocyte: physiology, metabolism, and biochemical disorders. In: KANEKO, J. J.; HARVEY, J. W.; BRUSS, M. L. *Clinical Biochemistry of Domestic Animals*. 6. ed. San Diego: Academic Press, 2008. cap. 7, p. 173-240.

HESS, J. B. et al. Selenium nutrition and poultry meat quality. *Nutritional Biotechnology in the feed and food industries. Anais... Altech's 19th International Symposium*, Nottingham University Press, Nottingham, United Kingdom, p.107-112, 2003.

HORN, N.L., DONKIN, S.S., APPLGATE, T.J., ADEOLA, O.. Intestinal mucin dynamics: Response of broiler chicks and White Pekin ducklings to dietary threonine. *Poultry Science*, Volume 88, 2009.

HUSSAIN, T.; TAN, B., YIN, Y.; BLACHIER, F.; TOSSOU, M. C. B.; RAHU, N. Oxidative stress and inflammation: what polyphenols can do for us? *Oxidative Medicine Cellular Longevity*, v. 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE) Disponível em:< <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9203-pesquisas-trimestrais-do-abate-de-animais.html>>. Acessado em 01 de abril de 2023.

JEURISSEN, S. H., LEWIS, F., VAN DER KLIS, J. D., MROZ, Z., REBEL, J. M., & Ter Huurne, A. A. (2002). Parameters and techniques to determine intestinal health of poultry as constituted by immunity, integrity, and functionality. *Current issues in intestinal microbiology*, 3(1), 1-14.

JONES, F. T., ANDERSON, K. E., FERKET, P.R. Effect of Extrusion on Feed Characteristics and Broiler Chicken Performance. *Journal of Applied Poultry Research*, v. 4, i. 3, p. 300-309. 1oct. 1995.

JUNQUEIRA, O. M.; ANDREOTTI, M.O.; ARAUJO, L.F.; DUARTE, K.F.;

CANCHERINI, L.C.; RODRIGUES, E.A. Valor energético de algumas fontes lipídicas determinado com frangos de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.34, p.2335-2339, 2005.

KESSLER, A. M.; GALLINGER, C.I. Lipídios na nutrição de aves: digestão e absorção. Porto Alegre, UFRGS, 2000.

KHATLAB, A. D. S. (2016). Controle molecular do consumo voluntário de ração, metabolismo lipídico e do sistema de defesa antioxidante em frangos de corte (Master's thesis, Universidade Estadual de Maringá).

KOUTSOS, E. A.; ARIAS, V. J. Intestinal ecology: Interactions among the gastrointestinal tract, nutrition, and the microflora. *Journal of Applied Poultry Research*, v. 15, n. 1, p. 161-173, 2006.

LEHNINGER, A.J., NELSON, D.L., COX., M.M. Princípios de bioquímica. 2.ed. (2 reimpressão). São Paulo: Sarvier, 2000. 839p.

LOETSCHER, Y., KREUZER, M., & MESSIKOMMER, R. E. (2013). Oxidative stability of the meat of broilers supplemented with rosemary leaves, rosehip fruits, chokeberry pomace, and entire nettle, and effects on performance and meat quality. *Poultry science*, 92(11), 2938-2948.

MACARI, M. Fisiologia Aviária Aplicada A Frangos De Corte. São Paulo: Funep, FCAV/Unesp, 2002.

MAIORKA, A., BOLELI, I.C., MACARI, M. Desenvolvimento e reparo da mucosa intestinal. In: MACARIA, M.; FURLAN, R.L; GONZALES, E. (ed.). Fisiologia Aviária: Aplicada a frangos de corte. 2 ed. Jaboticabal: FUNEP, p.113-123, 2002.

MATEOS, G.G., SELL J.L., EASTWOOD J.A., 1982. Rate of food passage as influenced by level of supplemental fat. *PoultSci* 61:94–100.

PABST, R.; ROTHKÖTTER, H. J. Postnatal development of lymphocyte subsets in

different compartments of the small intestine of piglets. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, v. 72, n. 1-2, p. 167-173, 1999.

POORGHASEMI, M.; SEIDAVI, A.; QOTBI, A. A. A.; LAUDADIO, V.; TUFARELLI, V. Influence of Dietary Fat Source on Growth Performance Responses and Carcass Traits of broiler Chicks. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, v. 26, n. 5, p. 705-710, 01 maio 2013.

RACANICCI, A.M.C.; MENTEN, J.F.M.; BISMARA, M.A.; REGITANO-DARCE, M.A.B.; PINO, L.M. Efeito do uso de óleo de vísceras de aves na ração de frangos de corte sobre o desempenho, a composição da carcaça e a estabilidade oxidativa da carne da sobrecoxa. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.37, n.3, p.443-449, 2008.

REIS, T. L., & VIEITES, F. M. (2019). Antibiótico, prebiótico, probiótico e simbiótico em rações de frangos de corte e galinhas poedeiras. *Ciência Animal*, 29(3), 133-147.

ROBEY, W.; SHERMER, W. The damaging effects of oxidation. *Feed Mix*, v.2, n.5, p.22-26, 1994.

ROCHA, C. D., DA SILVA, A.V.F., Qualidade Do Óleo De Soja E Adição De Vitamina E Na Ração De Perus. Curitiba, Paraná, Universidade Federal do Paraná, 2010.

ROCHA, C. D., MAIORKA, A., DAHLKE, F., IJI, P., Impacto De Diferentes Alimentos Sobre A Estrutura Morfológica Intestinal E Digestibilidade Dos Nutrientes Em Frangos. Curitiba, Paraná, Universidade Federal do Paraná, 2014.

ROCHE, M.; RONDEUAU, P.; SINGH, N. R.; TARNUS, E.; BOURDON, E. The antioxidante properties of serum albumin. *Federation of European Biochemical Societies*, v. 582, p. 1783-1787, 2008.

ROSTAGNO, H. R., ALBINO, L. F. T., DONZELE, J. L., GOMES, P. C., OLIVEIRA, R. F., LOPES, D. C., EUCLIDES, R. F. (2011). Tabelas Brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. (H. S. Rostagno, Ed.) (3 ed., p. 252). Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa.

RUTZ, R., LIMA, G.J.M.M. Uso de antioxidantes em rações e subprodutos. In: Conferência Apinco de Ciência e Tecnologia Avícola; 1994; Santos, São Paulo. Brasil. Anais... Santos: Facta; p. 73-84, 2004.

SAKOMURA, N.K.; SILVA, J.H.V. da; COSTA, F.G.P.; FERNANDES, J.B.K.; HAUSCHILD, L. Nutrição de não ruminantes. Jaboticabal: Funep, 2014.

SARAE, M. H. A., et al. Effect of Dietary Supplementation with Different Levels of Green Tea Powder and Fish Oil or their Combination on Carcass Characteristics in Broiler Chickens. Pakistan J. Zool., vol. 46(6), PP. 1767-1773, 2014.

STINEFELT, B. M. (2003). Uric acid as an antioxidant and the effect of changes in plasma uric acid concentrations on broiler susceptibility to ascites, and, The effect of diet and strain on growth, feed efficiency, and amino acid retention in hybrid bluegill. West Virginia University.

SURAI, P.F., Natural Antioxidants in Poultry Nutrition: New developments. Avian Science Research Center, SAC, Scotland, UK, University of Glasgow, UK, 2007.

TRACHOOTHAM, D., LU, W., OGASAWARA, M. A., VALLE, N. R. D., & HUANG, P. (2008). Redox regulation of cell survival. Antioxidants & redox signaling, 10(8), 1343-1374.

TRAESEL, C. K.; LOPES, S. T. A.; WOLKMER, P.; SCHMIDT, C.; SANTURIO, J. M.; ALVES, S. H. Essential oils as substitutes for antibiotic growth promoters in broilers: soroproteins profile and lipid peroxidation. Ciência Rural, v. 41, p. 278-284, 2011.

TUFARELLI, V.; BOZZO, G.; PERILLO, A.; LAUDADIO, V. Effects of feeding different lipid sources on hepatic chisto pathology features and growth traits of broiler chickens. Acta Histochemica, v. 117, n. 8, p. 780-783, 2015.

TURRENS, J. F. (2003). Mitochondrial formation of reactive oxygen species. The Journal of physiology, 552(2), 335-344.

VALENTIM, J. K. et al. Aditivos emulsificantes em dietas de aves de produção. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 3, e1176932597, 2020.

VAN LAACK, R.L., LIU, C.H., SMITH, M.O., LOVEDAY, H.D. 2000. Characteristics of pale, soft, exudative broiler breast meat. *Poult. Sci.* 79:1057-1061.

VANNUCCHI, H., MOREIRA, E. A., DA CUNHA, D. F., JUNQUEIRA-FRANCO, M. V., BERNARDES, M. M., & Jordão-Jr, A. A. (1998). Papel dos nutrientes na peroxidação lipídica e no sistema de defesa antioxidante. *Medicina (Ribeirão Preto)*, 31(1), 31-44.

VIZZOTTO, E. Radicais livres e mecanismos de proteção antioxidante. *Disciplina de Fundamentos Bioquímicos dos Transtornos Metabólicos, Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, Universidade Federal do Rio Grande do Sul*, 2017. 10p.

WINTERBOURN, C. Reconciling the chemistry and biology of reactive oxygen species. *Nature Chemical Biology*, v. 4, p. 278-286, 2008.

ZDUŃCZYK, Z. (2001). Przeciwdrożdżycze i/lub prozdrowotne właściwości wtórnych metabolitów roślin. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 4(29), 150-155.

O artigo científico será submetido ao periódico “ScientiaAgricola”. As normas podem ser acessadas pelo endereço eletrônico: <https://www.revistas.usp.br/sa/onlineSubmission>. Acesso em: 15 mai. 2023.

## COVER PAGE

**Running Title:** Óleo peroxidado e Vitamina E em rações para frango.

Oxidized oil and vitamin E in broiler feed.

**Manuscript category:** Animal Science and Pastures.

### **A qualidade do componente lipídico da ração: Análise morfológica do trato gastrointestinal e do crescimento de frangos de corte**

### **Lipid quality of feed: Morphological analysis of the gastrointestinal tract and growth of broiler chickens**

Claudecir Antonio Artifon Júnior <sup>1</sup><https://orcid.org/0009-0009-6734-6894>, Heitor Sidnei Silveira <sup>1</sup><https://0000-0003-0365-9217>, Augusto Coronado <sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0002-2318-0994>, Sebastião Ferreira Magagnin <sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0001-8464-2868>, André Luis Ferreira Lima <sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0002-8525-5031>, Fabiano Dahlke <sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0001-9004-8435>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Santa Catarina - Departamento de Ciências Agrárias, laboratório Avicultura – UFSC. Rodovia Admar Gonzaga, 1346, Itacorubi, Florianópolis, Santa Catarina, CEP 88034-000

\*Correspondingauthor<juniorartifon@gmail.com>

## Resumo

O uso de ingredientes lipídicos, de baixa qualidade, pode causar danos à saúde das aves e gerar prejuízos na cadeia produtiva. Este estudo avaliou os efeitos do óleo de soja oxidado e de altas doses de vitamina E, na ração, sobre a morfometria do trato gastrointestinal e o desempenho zootécnico de frangos. Foram utilizados 864 frangos de corte, machos, criados até 21 dias de idade. As aves foram alimentadas com rações contendo óleo de soja de baixa oxidação (2,7 mEq de O<sub>2</sub>/kg) ou alta oxidado (205 mEq de O<sub>2</sub>/kg), níveis crescentes de vitamina E (75, 150 e 300 mg/kg de ração), com ou sem adição de antioxidante comercial. Foram avaliados, no 21º dia de criação, peso de proventrículo, moela, intestino delgado, intestino grosso, fígado, pâncreas; altura dos vilos, profundidade de cripta e número de células caliciformes – no íleo. As variáveis zootécnicas (consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar), também foram avaliadas, nas fases pré-inicial (1 a 7 dias) e inicial (até 21 dias de idade). Houve redução do consumo de ração e do ganho de peso dos frangos, na primeira semana de idade, quando alimentados com dietas contendo óleo com alto grau de peroxidação. O uso de altas doses de Vitamina E (150 ou 300 mg/kg) melhorou o consumo de ração e o ganho de peso dos frangos na fase Pré-inicial. A qualidade do óleo de soja e o nível de Vitamina E promoveram profundas alterações na morfometria do TGI, por exemplo, quando usado óleo contendo 205mEq/kg de peróxido, ou então, baixo nível de vitamina E (75mg/kg) houve aumento do peso de fígado e do pâncreas dos frangos. Redução na altura

das vilosidades, profundidade de cripta e número de células caliciformes, também foram observadas nos frangos alimentados com ração contendo óleo de baixa qualidade. Porém, os altos níveis de Vitamina E atenuaram os efeitos deletérios provocados pelos radicais livres e produtos primários da peroxidação na mucosa intestinal. Conclui-se que o uso na ração de óleo oxidado compromete o desempenho do frango na fase pré-inicial. No entanto, a adição de vitamina E, em níveis acima do praticado pela indústria avícola atenua os efeitos deletérios da peroxidação, na taxa de crescimento. A peroxidação lipídica é capaz de promover alterações morfológicas, no fígado, pâncreas e nas vilosidades intestinais. Estes efeitos podem ser atenuados com a inclusão de altos níveis de vitamina E.

**Palavras-chave:**desempenho, morfometria intestinal, óleo peroxidado, vitamina E.

#### **Abstract:**

The damage caused to broiler chickens (*Gallus gallusdomesticus*) from oxidized lipid sources in low-quality diets can result in losses in the production chain. This study aimed to evaluate the effects of the lipid component quality and vitamin E overdosing in the diet on gastrointestinal tract morphometry and zootechnical performance in broilers chickens. 864 broilers chickens from one to 21 days old were used. The birds were fed diets containing low or high oxidation soybean oil (2.7 mEq or 205 mEq of O<sub>2</sub>/kg), increasing levels of vitamin E (75, 150 and 300 mg/kg of diet), with or without a commercial antioxidant. On the 21st day, stomach weights (proventriculus and gizzard), small intestine, large intestine, liver, pancreas, villus height (µm), crypt depth (µm), and number of goblet cells - in the ileum (n° in 200 µm) were evaluated. The zootechnical variables (feed intake, weight gain, and feed conversion) were also evaluated in the pre-initial and initial phases. There was a reduction in feed intake and weight gain in broilers in the first week of age when fed diets containing highly peroxidized oil. Higher doses of vitamin E (150 and 300 mg/kg) improved feed intake and weight gain of broilers in the pre-initial phase. Soybean oil quality and vitamin E level promoted profound changes in TGI morphometry. For example, when using oil containing 205 mEq/kg of peroxide or low levels of vitamin E (75mg/kg), there was a increase in the liver and pancreas weight of broilers. A reduction in villus height, crypt depth, and number of goblet cells was also observed in broilers fed with low-quality diets. However, vitamin E over dosing attenuated the deleterious effects caused by free radicals and primary products of peroxidation in the intestinal mucosa. High concentrations of vitamin E neutralize the deleterious effects of peroxidized fat on broiler growth potential. In addition, the inclusion of vitamin E attenuated the effects caused by free radicals and primary products of peroxidation, demonstrated by the reduction in crypt depth as the vitamin E level increased and the reduction in liver weight at high doses.

**Keywords:** intestinal morphometry, performance, peroxidizedoil, vitamin E.

#### **Introdução**

A evolução genética permitiu tornar os frangos precoces, vorazes e com ótima eficiência alimentar. Contudo, para alcançar o potencial genético de crescimento, deve ser fornecida ração com alta concentração energética, obtida pela inclusão de alguma fonte lipídica (Kessler; Gallinger, 2000). Além do efeito calórico que óleos e gorduras trazem para a ração, sua inclusão pode proporcionar benefícios secundários como a redução da pulverização das rações, redução da velocidade de passagem do alimento pelo TGI, servem de fonte de ácidos graxos essenciais as aves, auxilia na absorção de vitaminas lipossolúveis e reduz o incremento calórico (Braga; Baião, 2001, Junqueira et al., 2005).

Os lipídeos podem sofrer durante o processamento, armazenamento e consumo alterações químicas que podem levar a produção de substâncias indesejáveis (Araújo, 2008). A principal alteração que deriva destes problemas é um processo conhecido como peroxidação ou oxidação, que forma peróxidos, radicais livres e outros produtos secundários, como os aldeídos, cetonas e hidrocarbonetos, altamente tóxicos (Racanizzi et al., 2008, Rocha et al., 2012). Alimentos com estas características podem levar os frangos a uma condição conhecida como estresse oxidativo.

O efeito tóxico da gordura oxidada e dos produtos secundários da oxidação nas células pode ser observado por meio do aumento na proliferação celular no epitélio intestinal e hepático, podendo haver redução no tempo de vida das células do epitélio o que leva ao menor aproveitamento de alimentos e aumento da demanda energética e, por consequência, a uma elevação na exigência de manutenção dos animais. As modificações na função intestinal de aves alimentadas com gordura oxidada podem reduzir a capacidade de absorção de glicose que por sua vez, terá sua necessidade agravada em resposta ao déficit gerado pela baixa energia metabolizável da gordura oxidada (Dibner et al., 1996).

A vitamina E é um antioxidante natural capaz de lidar com os efeitos deletérios provocados pela peroxidação (Surai, 2002). O nível de suplementação de Vitamina E recomendando para

dietas comerciais de linhagens de frangos de corte varia entre 20 a 100 mg/kg (NRC, 1994). No entanto, a determinação das exigências de vitamina E é difícil, pois ela é altamente variável em função de diversos fatores, incluindo a concentração e tipo de gordura adicionada à dieta, a concentração de selênio, a presença de antioxidantes e pró-oxidantes (Surai, 2002). Diante do exposto, o trabalho teve por objetivo avaliar o impacto da qualidade dos componentes lipídicos da ração e de altas doses de Vitamina E na morfometria da estrutura digestiva e no desempenho zootécnico dos frangos de corte.

## **Material e métodos**

Os procedimentos adotados neste ensaio foram aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais da UFSC, sob o protocolo CEUA nº 3505200422.

### ***Animais, instalações e manejo***

Foram utilizados 864 frangos de corte, machos, da linhagem comercial Cobb 500, avaliados de um a 21 dias de idade. As aves foram alojadas em unidades experimentais com dimensões de 2,25 m<sup>2</sup> proporcionando uma densidade populacional de seis aves por m<sup>2</sup>. Cada unidade foi revestida com cama de maravalha nova, com profundidade de aproximadamente dez cm, comedouros tipo tubulares e bebedouros pendulares. A ração e a água foram fornecidas à vontade durante todo o período experimental. A temperatura ambiente ao alojamento foi de 31°C, reduzindo gradativamente de acordo com a faixa de conforto térmico, para cada idade, respeitando as recomendações propostas pelo manual da linhagem. Os regimes de iluminação adotados também seguiram as recomendações do manual.

As aves foram criadas em condições experimentais visando o máximo de conforto e o mínimo

de estresse provocado por variáveis ou desafios comumente encontrados em criações comerciais, por exemplo, foi utilizada uma baixa densidade de lotação dentro de cada box, as aves não passaram por estresse hídrico/alimentar ou térmico e foi utilizada cama nova.

### ***Desenho experimental e dietas***

Foi utilizado um Delineamento Experimental Inteiramente ao Acaso, decomposto em um modelo fatorial 2 (níveis de qualidade do óleo alimentar) x 3 (níveis de inclusão, na ração, de vitamina E) x 2 (com ou sem inclusão de antioxidantes comercial), formando 12 tratamentos, com seis repetições de 12 aves por unidade experimental (Tabela 1).

As dietas experimentais (Tabela 2) foram produzidas à base de milho e farelo de soja, seguindo os níveis nutricionais sugeridos por Rostagno *et al.* (2011). Foram adotadas duas fases de alimentação, a Pré-Inicial (um a sete dias de idade) e a Inicial (oito a 21 dias). As rações foram isonutritivas e isoenergéticas, variando apenas na “qualidade oxidativa” do óleo de soja adicionado, o de baixa oxidação, com 2,7 mEq de O<sub>2</sub>/kg ou alta oxidação, contendo 205 mEq de O<sub>2</sub>/kg.

O óleo de soja foi adquirido de um varejista local, e teve o seu valor de peróxido determinado imediatamente à sua chegada, observando-se o nível de 2,7mEq de O<sub>2</sub>/kg. Este ingrediente foi mantido em câmara fria a 0° ± 2°C e umidade relativa do ar de 65% a 85% até o preparo das rações.

Tabela 1: Tratamentos Experimentais

| Tratamentos | Nível de Peróxido | Vitamina E<br>(mg/kg) | Antioxidante(g/ton) |
|-------------|-------------------|-----------------------|---------------------|
| T1          | 2,7 mEq/kg        | 75                    | 0                   |
| T2          | 2,7 mEq/kg        | 150                   | 0                   |

|     |            |     |     |
|-----|------------|-----|-----|
| T3  | 2,7 mEq/kg | 300 | 0   |
| T4  | 205 mEq/kg | 75  | 0   |
| T5  | 205 mEq/kg | 150 | 0   |
| T6  | 205 mEq/kg | 300 | 0   |
| T7  | 2,7 mEq/kg | 75  | 200 |
| T8  | 2,7 mEq/kg | 150 | 200 |
| T9  | 2,7 mEq/kg | 300 | 200 |
| T10 | 205mEq/kg  | 75  | 200 |
| T11 | 205 mEq/kg | 150 | 200 |
| T12 | 205 mEq/kg | 300 | 200 |

Para criar o óleo oxidado, panelas de alumínio, contendo 7 litros de óleo, foram aquecidas em fornos de convecção a  $95^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$  por até 18 dias. Foi realizado monitoramento diário visando acompanhar o estado oxidativo do ingrediente. Quando o óleo atingiu o nível alvo (205mEq de  $\text{O}_2/\text{kg}$ ), o aquecimento foi interrompido e o óleo oxidado foi resfriado à temperatura ambiente.

Tabela 2: Ingredientes e composição química das rações basais

| Ingredientes                               | Pré-inicial | Inicial |
|--|-------------|---------|
| Milho                                      | 49,83       | 53,02   |
| Farelo de soja                             | 41,60       | 38,01   |
| Óleo de soja <sup>1</sup>                  | 4,05        | 4,67    |
| Fosfato Monocálcico                        | 1,59        | 1,52    |
| Calcário                                   | 1,34        | 1,25    |
| Cloreto de sódio                           | 0,57        | 0,46    |
| Premix vitamínico e mineral <sup>2,3</sup> | 0,30        | 0,30    |
| DL-Metionina                               | 0,38        | 0,37    |
| L-Lisina                                   | 0,21        | 0,25    |
| L-Treonina                                 | 0,08        | 0,10    |
| Cloreto de Colina                          | 0,50        | 0,05    |
| Composição química (% na matéria natural)  |             |         |
| Proteína Bruta                             | 23,40       | 22,00   |
| Cálcio                                     | 0,95        | 0,89    |

|                               |         |         |
|-------------------------------|---------|---------|
| Fósforo                       | 0,44    | 0,42    |
| Sódio                         | 0,24    | 0,20    |
| Lisina                        | 1,30    | 1,25    |
| Metionina + Cisteína          | 0,98    | 0,94    |
| Treonina                      | 0,83    | 0,80    |
| Triptofano                    | 0,24    | 0,22    |
| Valina                        | 1,00    | 0,94    |
| Isoleucina                    | 0,93    | 0,87    |
| EnergiaMetabolizável(Kcal/Kg) | 3000,00 | 3100,00 |

<sup>1</sup>Tratamentos experimentais: adição de óleo de soja com baixa oxidação (2,7 mEq/kg) ou alta oxidação (205 mEq/kg);

<sup>2</sup>Suplementação por kg de ração pré-inicial: ácido nicotínico, 3.000mg; ácido fólico, 60mg; ácido pantotênico, 540mg; biotina, 0,75mg; colina, 31.000mg, vitamina A, 800.000UI; vitamina B1, 100mg; vitamina B2, 480mg, vitamina B6, 190mg; vitamina B12, 0,2mcg; vitamina D3, 640.000mg; vitaminaK3, 300mg; cálcio, 95g; cobalto, 30mg; cobre, 600mg; iodo, 90mg; ferro, 8.000mg; manganês, 6.700; zinco,5.200mg.

<sup>3</sup>Suplementação por kg de ração inicial: ácido nicotínico, 6.000mg; ácido fólico, 114mg; ácido pantotênico, 1.078mg; biotina, 15mg; colina, 60.000mg, vitamina A, 3.200.000UI; vitamina B1, 198mg; vitamina B2, 960mg, vitamina B6, 396mg; vitamina B12, 400mcg; vitamina D3, 640.000UI; vitaminaK3, 636mg; cálcio, 95g; cobalto, 60mg; cobre, 1.200mg; iodo, 186mg; ferro, 15.150mg; manganês,13.520;zinco, 10.080mg.

Ao final do processo de fabricação, de cada batida de ração, amostras de cada tratamento foram coletadas e encaminhadas para análise bromatológica.

### ***Variáveis analisadas***

#### ***Morfometria do TGI***

Ao 21º dia de criação seis aves por tratamento (uma ave por repetição), com peso idêntico ao peso médio da unidade experimental, foram selecionadas e submetidas a jejum de seis horas para o esvaziamento do trato gastrintestinal. As aves foram pesadas individualmente e eutanasiadas. Neste momento foram coletados e pesados, o estômago (proventrículo e moela), intestino delgado, intestino grosso, fígado e pâncreas. Os resultados dos parâmetros mensurados foram expressos em peso do órgão (g), relativos ao peso corporal. De cada ave foram extraída amostra com aproximadamente 4 cm do íleo. Este segmento de amostras foi

aberto longitudinalmente e, em seguida, lavado com solução tampão fosfato (0,1 M, pH 7,4), presas pelas bordas em papel cartolina e fixadas em solução de ALFAC (ácido acético 5%; formoldeído 10%; álcool 85%) por 24 horas. Posteriormente, realizou-se a sua lavagem em álcool 50%, para retirada do excesso de fixador, sendo desidratadas em série de concentração crescente de álcoois (70%, 80%, 90% e 100%), diafanizadas em xilol, infiltradas e incluídas em parafina. Foram produzidos cortes histológicos com 5 mm de espessura e corados com ácido periódico Schiff (PAS).

As variáveis mensuradas foram altura de vilo, profundidade de cripta e contagem do número de células caliciformes. Foram medidos 30 vilos (medição realizada a partir da região basal do vilo até seu ápice) e 30 criptas (da sua base até a região de transição cripta:vilosidade) por repetição, totalizando 180 medidas de altura de vilo e 180 medidas de profundidade de cripta por tratamento. O número de células caliciformes foi determinado ao longo de 200  $\mu$ m na parte média de 20 vilos (aumento de 200 vezes).

As análises dos vilos e criptas foram obtidas utilizando o sistema analisador de imagem (Motic Images Plus 2.0) acoplado ao microscópio (Olympus BH2 Olympus America INC., NY, USA). O pâncreas e fígado foram coletados e pesados úmidos.

### *Desempenho Produtivo*

As aves e ração foram pesadas semanalmente para a determinação do consumo de ração (CR), ganho de peso (GP) e índice de conversão alimentar (CA), corrigido para a mortalidade em cada um dos períodos. Foram avaliadas as fases pré-inicial (um a sete dias de idade) e Inicial (de um aos 21 dias de idade).

Para todos os tratamentos, o peso das aves ao alojamento – dia zero (Pt0) e peso aos sete dias (Pt7) foram usados para calcular o crescimento relativo do pintinho (CR) na fase pré-inicial,

onde CR foi definido como  $CR = 100 \times (Pt7 - Pt0)/Pt0$ .

### *Análise estatística*

Os dados coletados foram submetidos à análise de homogeneidade das variâncias (Teste de Bartlett) e normalidade dos resíduos (Shapiro-Wilk). Após verificada a distribuição normal e ausência de dados discrepantes, os dados foram submetidos à análise de variância, e na presença de diferença estatística entre os tratamentos as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade utilizando programa Statistix.

### **Resultados e Discussão**

Não houve interação significativa entre os fatores - uso de óleo de soja de baixa qualidade, níveis de vitamina E e uso de antioxidante comercial para nenhuma das variáveis zootécnicas nas fases pré-inicial e inicial (Tabela 3).

Avaliando-se os fatores principais, percebe-se a redução do consumo de ração ( $P=0,047$ ) e do ganho de peso dos frangos ( $P=0,039$ ) na fase pré-inicial quando alimentados com dietas cujo ingrediente lipídico apresenta alto grau de peroxidação.

A fase pré-inicial representa 16% do ciclo produtivo do frango de corte. No entanto, constitui a fase de maior crescimento percentual, quadruplicando o peso da ave em apenas sete dias. Falhas durante este período possivelmente irão comprometer o crescimento da ave.

Além disso, a fase pré-inicial é conhecida por ser um período sensível aos pintinhos, pois embora anatomicamente completo no final do período de incubação, alguns sistemas (digestivo, imunológico e termorregulador) sofrem consideráveis alterações morfofisiológicas logo após a eclosão como hiperplasia e diferenciação celular (Maiorka et al. 2006, Lamot, 2017). Por isso, há um desenvolvimento mais rápido do intestino delgado quando comparado ao peso corporal (crescimento alométrico) na primeira semana de idade, atingindo o máximo

desenvolvimento relativo entre o 4º e 8º dia após a eclosão. Alguns outros órgãos como fígado e pâncreas também atingem seu máximo crescimento relativo nos primeiros 10 dias de idade (Maiorka et al., 2000).

A principal reserva de energia do neonato, o saco vitelino, é insuficiente para suportar essas adaptações, pois atende a somente 29 % da energia e 45% dos lipídios requeridos pelo animal nos primeiros dias (Silva, 2015). Por isso, o fornecimento imediato de ração de qualidade com ingredientes de alta digestibilidade é essencial. Considerando-se, também, o curto ciclo de vida dos frangos de corte em sistemas de produção comercial, quando as mudanças de período pós-eclosão não são adequadamente atendidas, pode haver perdas significativas no desempenho zootécnico. Ainda, de acordo com Sakomura *et al.* (2014), há diminuição da palatabilidade e digestibilidade da ração derivada da oxidação lipídica, o que também explica a redução do consumo e do ganho de peso observados na primeira semana neste trabalho.

O uso de altas doses de Vitamina E (150 ou 300 mg/kg) melhorou o ganho de peso ( $P = 0,045$ ) dos frangos na primeira semana de idade. Já o uso de antioxidante comercial não alterou o consumo ( $P=0,445$ ,) ou ganho de peso ( $P=0,645$ ),

O nível de suplementação de Vitamina E recomendando para dietas comerciais de linhagens de frangos de corte varia entre 20 a 100 mg/kg (NRC, 1994). No entanto, a determinação das exigências de vitamina E é difícil, pois ela é altamente variável em função de diversos fatores, incluindo a concentração e tipo de gordura adicionada à dieta, a concentração de selênio, a presença de antioxidantes e pró-oxidantes. Além disso, é um nutriente com valor monetário elevado, o que leva a necessidade de suplementar as dietas com outros tipos de antioxidantes naturais ou sintéticos, como o selênio e vitamina C e o BHT respectivamente (Surai, 2002; Batista et al., 2007; Araújo, 2008).

A vitamina E é um antioxidante biológico e componente de membranas, por isso, tem importância funcional básica na manutenção da integridade da membrana celular,

principalmente contra a peroxidação lipídica. Seu envolvimento na função antioxidante refere-se à redução de radicais livres protegendo a célula contra potenciais reações de oxidação (Batista et al., 2007; Araújo, 2008). O aumento da sua concentração, nas rações, é recomendado em casos onde as aves estão expostas a condições de estresse e também em casos nos quais as rações são mantidas em locais e condições inapropriadas. Bitencurt Gomes *et. al.* (2020) encontraram em seu estudo, relação entre a adição de maiores quantidades de vitamina E e maior ganho de peso em aves sob estresse, ressaltando suas propriedades antioxidantes.

A conversão alimentar não foi afetada pelos tratamentos estudados. Já no período total de avaliação, de 1 a 21 dias de idade, o uso de óleo de soja oxidado, a variação nos níveis de Vitamina E ou o uso de antioxidante sintético não alteraram o consumo de ração, ganho de peso ou conversão alimentar ( $P>0,05$ ).

**Tabela 3.** Efeito da dieta contendo óleo de soja com baixa e alta oxidação, níveis crescentes de vitamina E e antioxidante comercial no consumo de ração (CR), ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA) de frangos de corte nas fases pré-inicial e Inicial.

|                |           | Efeitos principais       |       |       |                       |        |       |
|----------------|-----------|--------------------------|-------|-------|-----------------------|--------|-------|
|                |           | Pré-inicial (1 a 7 dias) |       |       | Inicial (1 a 21 dias) |        |       |
|                |           | CR                       | GP    | CA    | CR                    | GP (g) | CA    |
|                |           | (g)                      | (g)   |       | (g)                   |        |       |
| Óleo de soja   | 2,7mEq/kg | 158                      | 154   | 1,020 | 1132                  | 976    | 1,159 |
|                | 205mEq/kg | 149                      | 146   | 1,021 | 1104                  | 973    | 1,134 |
| Vitamina E     | 75        | 152                      | 149 b | 1,020 | 1118                  | 978    | 1,143 |
|                | 150       | 156                      | 154 a | 1,019 | 1104                  | 984    | 1,121 |
|                | 300       | 158                      | 156 a | 1,013 | 1112                  | 979    | 1,135 |
| Ant. Sintético | Sem       | 152                      | 147   | 1,034 | 1112                  | 978    | 1,137 |
|                | Com       | 155                      | 152   | 1,019 | 1120                  | 982    | 1,140 |
| Probabilidade  | Óleo      | 0,047                    | 0,039 | 0,364 | 0,432                 | 0,682  | 0,198 |
|                | Vitamina  | 0,06                     | 0,045 | 0,628 | 0,544                 | 0,460  | 0,145 |

|                      |       |       |       |       |       |       |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Antioxidante         | 0,445 | 0,645 | 0,534 | 0,443 | 0,198 | 0,785 |
| Óleo x Vit           | 0,986 | 0,432 | 0,671 | 0,986 | 0,170 | 0,334 |
| Óleo x Anti          | 0,160 | 0,238 | 0,324 | 0,423 | 0,455 | 0,276 |
| Vit x Anti           | 0,622 | 0,745 | 0,834 | 0,128 | 0,645 | 0,769 |
| Óleo x Vit x<br>Anti | 0,564 | 0,854 | 0,355 | 0,236 | 0,512 | 0,355 |
| CV%                  | 3,00  | 6,36  | 2,45  | 4,12  | 5,24  | 0,254 |

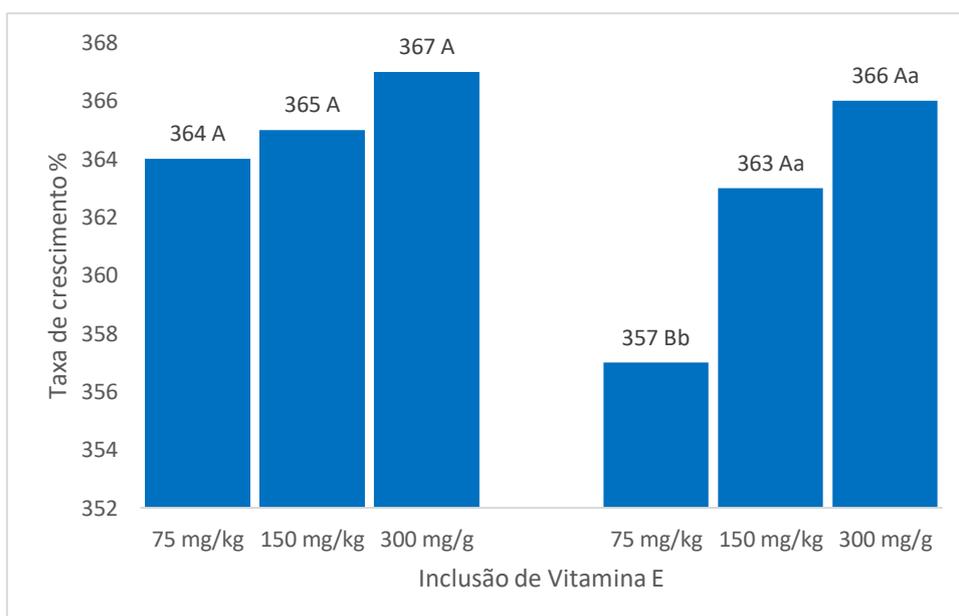
Uma das maneiras adotadas para avaliar o potencial de crescimento dos frangos é analisar o seu desenvolvimento na fase pré-inicial. Utilizando como ferramenta a Taxa de Crescimento (TC%) durante este período, verifica-se interação significativa entre os fatores presença de gordura oxidada e níveis de vitamina E na ração ( $P < 0,05$ ). Desdobrando a interação entre estes fatores (Figura 2), observa-se que quando utilizado óleo de soja oxidado (colunas da direita), a alta concentração de vitamina E (150 e 300 mg/kg de ração) neutraliza os efeitos deletérios da gordura peroxidada ( $P < 0,05$ ) no potencial de crescimento dos frangos (letras minúsculas). Verifica-se também, que nas rações em que foram empregados baixos níveis de vitamina E (75 mg/kg), as dietas contendo alto grau de peroxidação promoveram menor taxa de crescimento dos frangos (letra MAIÚSCULA).

O efeito tóxico da gordura oxidada e dos produtos secundários da oxidação nas células pode ser observado por meio do aumento na proliferação celular no epitélio intestinal e hepático, podendo haver redução no tempo de vida das células epiteliais, o que leva ao menor aproveitamento de alimentos e aumento da demanda energética e, por consequência, a uma elevação na exigência de manutenção dos animais. As modificações na função intestinal de aves alimentadas com gordura oxidada podem reduzir a capacidade de absorção de glicose, que, por sua vez, terá sua necessidade agravada em resposta ao déficit gerado pela baixa energia metabolizável da gordura oxidada (Dibner et al., 1996).

A quantidade de antioxidante disponível na dieta afeta sua capacidade de neutralizar efeitos

deletérios resultantes da peroxidação (Surai, 2007). A menor taxa de crescimento pode estar ligada ao processo de estresse oxidativo, uma vez que, em baixas quantidades, a vitamina E pode não ser suficiente para neutralizar os efeitos da peroxidação, provocando um aumento nas necessidades de manutenção do frango.

**Figura 2.** Efeito da dieta contendo óleo de soja com baixa (2,7 mEq/kg - colunas da esquerda) ou alta taxa de oxidação (205 mEq/kg - colunas da direita), com inclusão de níveis crescentes de vitamina E na taxa de crescimento dos frangos, na primeira semana.



Os resultados alométricos de órgãos do sistema digestório são apresentados na Tabela 4. Não houve interação significativa entre os fatores uso de óleo de soja com alta peroxidação, níveis de vitamina E e uso de antioxidante comercial, para as variáveis peso de proventrículo + moela (PM), intestino delgado (ID), fígado e de pâncreas ( $P > 0,05$ ). Ao avaliar os efeitos principais, observa-se que o uso de óleo de soja com alto grau de oxidação, o emprego de vitamina E em níveis acima do praticado pelas empresas avícolas e o uso de antioxidante comercial não afetaram ( $P > 0,05$ ) o peso do estômago (proventrículo e moela) e do intestino delgado dos frangos em fase de crescimento. No entanto, a presença de óleo de soja oxidado aumentou o peso do fígado ( $P = 0,04$ ) e de pâncreas ( $P = 0,022$ ). A inclusão, na ração de níveis altos de vitamina E reduziu o peso de fígado ( $P < 0,05$ ).

Uma das principais funções do pâncreas e fígado é a digestão de lipídeos, portanto, o aumento do peso do fígado e pâncreas, pode ser parte de um ajuste do organismo, na maior produção de secreções hepáticas e pancreáticas para a digestão da gordura, ou para compensar possível redução da digestibilidade da ração, contendo óleo oxidado (Mateos et al., 1982). Uma redução no peso de fígado, quando ocorreu a inclusão de maiores níveis de vitamina E, sugere um menor estresse causado ao organismo, uma vez que, com a neutralização dos efeitos deletérios da peroxidação, não há necessidade de uma maior metabolização de vitamina E para lidar com o estresse oxidativo. Resultados similares foram encontrados por Poorghasemi *et al.* (2013) quando adicionaram diferentes tipos de lipídios na ração.

Durante a fase de crescimento dos frangos, a estrutura gastrintestinal se adapta ou responde de diferentes formas às características da ração, aos ingredientes, contaminantes, aditivos alimentares, as condições ambientais e ao estresse. É sabido, por exemplo, que a frequência de alimentação e as características físicas da dieta (farelada ou peletizadas), altera o tamanho do inglúvio, proventrículo e moela (Dibner et al., 1996; Dahlke et al, 2003).

**Tabela 4.** Peso de proventrículo + moela (PM), intestino delgado (ID), fígado e pâncreas de frangos de corte alimentados com ração contendo óleo de soja com baixa ou alto índice de peróxido, níveis crescentes de vitamina E e antioxidante comercial (Expresso em g/100g de peso vivo).

|               |                 | Efeitos Principais |       |        |          |
|---------------|-----------------|--------------------|-------|--------|----------|
|               |                 | P+M                | ID    | Fígado | Pâncreas |
| Óleo          | 2,7 mEq/kg      | 3,34               | 4,96  | 2,96   | 0,25     |
|               | 205 mEq/kg      | 3,53               | 4,54  | 3,45   | 0,32     |
| Vitamina E    | 75              | 3,53               | 4,11  | 3,26 a | 0,26     |
|               | 150             | 3,68               | 4,56  | 2,98 b | 0,28     |
|               | 300             | 3,14               | 4,80  | 2,89 b | 0,29     |
| Antioxidante  | Sem             | 3,22               | 4,98  | 3,05   | 0,25     |
|               | Com             | 3,65               | 4,23  | 2,98   | 0,28     |
| Probabilidade | Óleo            | 0,327              | 0,363 | 0,04   | 0,022    |
|               | Vitamina        | 0,539              | 0,139 | 0,032  | 0,208    |
|               | Antioxidante    | 0,522              | 0,121 | 0,224  | 0,239    |
|               | Óleo x Vit      | 0,495              | 0,232 | 0,551  | 0,187    |
|               | Óleo x Anti     | 0,208              | 0,187 | 0,260  | 0,346    |
|               | Vit x Anti      | 0,633              | 0,132 | 0,322  | 0,820    |
|               | Ól x Vit x Anti | 0,271              | 0,566 | 0,402  | 0,557    |
| CV%           |                 | 12,35              | 11,20 | 8,30   | 17,32    |

Alterações na taxa de absorção e aproveitamento de nutrientes estão diretamente relacionados com a integridade do epitélio intestinal. Danos a mucosa podem aumentar significativamente a exigência de manutenção, disponibilizando quantidades menores de nutrientes necessários para o crescimento da ave (Dibner; Richards, 2004). Na Tabela 5, observa-se interação entre os fatores presença de óleo de soja com alta oxidação e altos níveis de vitamina E, para as variáveis altura de vilos ( $P=0,035$ ) e profundidade de cripta ( $P < 0,01$ ).

**Tabela 5.** Altura de vilos (AV), profundidade de cripta (PC) e número de células caliciformes (CC) no íleo de frangos de corte alimentados com dietas contendo óleo de soja com baixo ou alto índice de peróxido, níveis crescentes de vitamina E e antioxidante comercial

|               |                 | Efeitos principais   |                      |                               |
|---------------|-----------------|----------------------|----------------------|-------------------------------|
|               |                 | AV ( $\mu\text{m}$ ) | PC ( $\mu\text{m}$ ) | CC (n° em 200 $\mu\text{m}$ ) |
| Óleo          | 2,7 mEq/kg      | 735                  | 112,9                | 24                            |
|               | 205 mEq/kg      | 681                  | 137,8                | 32                            |
| Vitamina E    | 75              | 708,2                | 129,2                | 29 b                          |
|               | 150             | 724,8                | 123,5                | 24 a                          |
|               | 300             | 731,6                | 110,2                | 23 a                          |
| Antioxidante  | Sem             | 709                  | 124,7                | 25                            |
|               | Com             | 718                  | 122,3                | 26                            |
| Probabilidade | Óleo            | <0,01                | <0,01                | <0,01                         |
|               | Vitamina        | <0,01                | 0,05                 | 0,048                         |
|               | Antioxidante    | 0,089                | 0,265                | 0,124                         |
|               | Óleo x Vit      | 0,035                | <0,01                | 0,653                         |
|               | Óleo x Anti     | 0,125                | 0,223                | 0,745                         |
|               | Vit x Anti      | 0,465                | 0,650                | 0,187                         |
|               | ól x Vit x Anti | 0,898                | 0,128                | 0,599                         |
| CV%           |                 | 12,45                | 17,72                | 14,76                         |

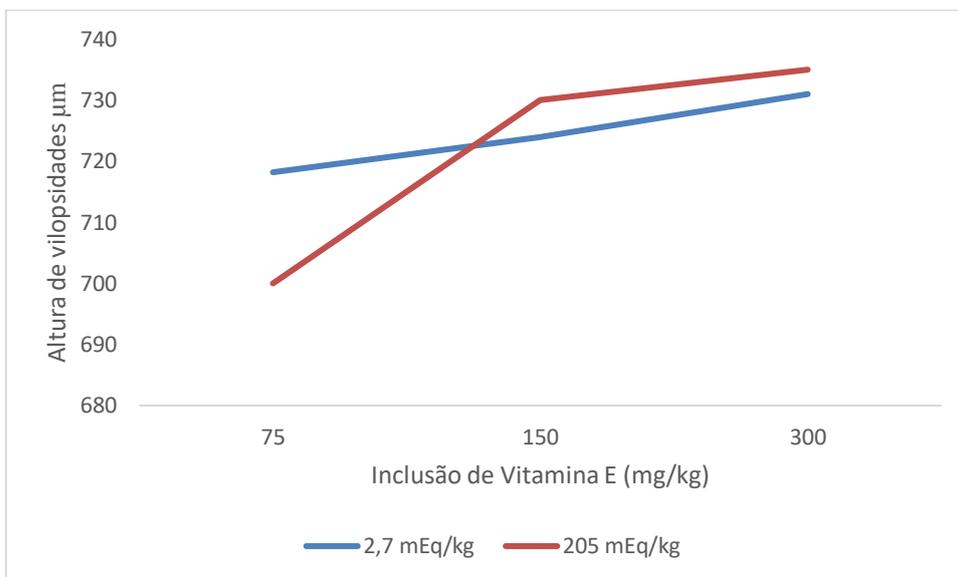
A presença de óleo de soja com alto índice de peróxido na ração, tem a capacidade de reduzir o tamanho dos vilos, presentes no íleo de frangos de corte com 21 dias de idade ( $P < 0,01$ ), também observado por Rocha *et al.* (2012). Através do desdobrando da interação entre gordura e vitamina E, apresentado na Figura 3, podemos notar que quando avaliado de forma isolada os níveis de vitamina, percebemos que a adição de 75 mg de Vitamina/kg foi insuficiente para manter a integridade da mucosa intestinal, quando utilizada ração contendo altos níveis de óleo oxidado. A altura das vilosidades foi mantida quando empregado maiores níveis de vitamina E na ração (150 e 300 mg/kg), mesmo quando as aves consumiram ração com alta oxidação, estando relacionado com a capacidade da vitamina E de neutralizar os

efeitos deletérios resultantes da peroxidação, quando em níveis suficientes.

Há um aumento importante na profundidade das criptas quando as aves se alimentam com dietas contendo óleo oxidado ( $P < 0,01$ ). O emprego de níveis crescentes de vitamina E, nas rações com gordura de diferentes características, Figura 4, indicam que altas concentrações de vitamina E são capazes, também, de atenuar os efeitos provocados pelos radicais livres e produtos primários da peroxidação, demonstrado pela redução da profundidade das criptas, à medida que aumentava o nível de vitamina E. É provável que a capacidade antioxidante da Vitamina E tenha neutralizado os radicais livres e interrompido a cadeia de propagação do processo oxidativo, diminuindo os danos causados pelos produtos primários e secundários da oxidação sobre o epitélio. Ao comparar os efeitos de diferentes níveis de óleo de soja oxidado com diferentes níveis de inclusão de vitamina E, em perus, Rocha (2010) encontrou resultados semelhantes em seu estudo.

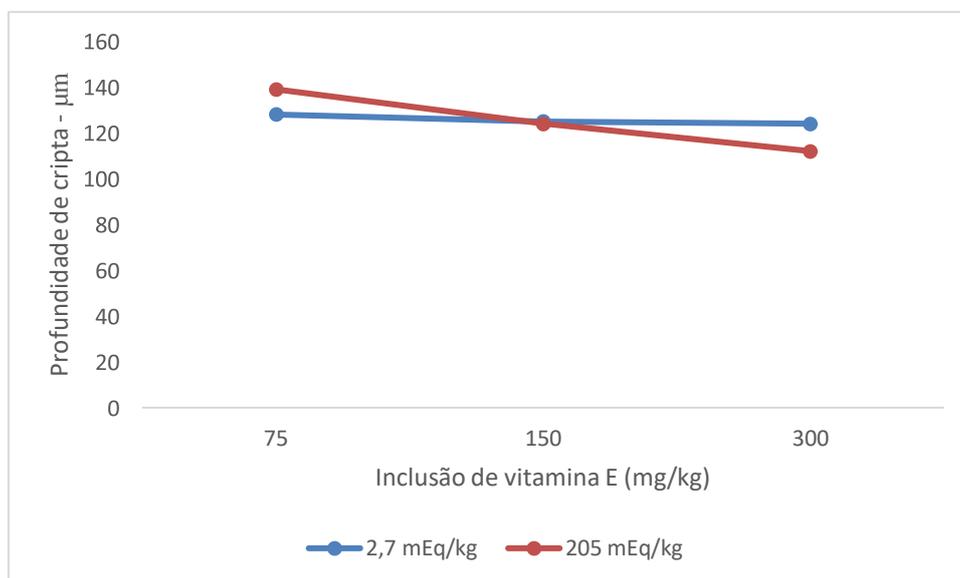
Não houve interação significativa entre os fatores estudados para a variável número de células caliciformes (Tabela 5). No entanto, houve um aumento no número de células quando as aves foram alimentadas com a ração de baixa qualidade ( $P < 0,01$ ), o que pode ser compreendido como uma forma do organismo se adaptar as agressões químicas provenientes da ração de baixa qualidade, tendo em vista que à medida que aumentou a concentração de Vitamina E na ração, reduziu o número de células caliciformes ( $P = 0,48$ ). Os resultados são consistentes com os obtidos por Rocha *et al.* (2014) que, em seu trabalho, compararam dietas contendo diferentes proporções de óleo de soja (OS), somado a diferentes níveis de inclusão de óleo ácido de soja (OAS), constatando que com o aumento da inclusão de OAS houve um aumento de células caliciformes. As células caliciformes desempenham funções fisiológicas que incluem a lubrificação da superfície epitelial, proteção à mucosa e restrição a difusão de nutrientes e toxinas, recobrando toda a superfície do epitélio intestinal (Horn *et al.*, 2009, Rocha *et al.*, 2014).

**Figura 3.** Desdobramento da interação entre uso de óleo de soja com baixo ou alto índice de peróxido, nível de inclusão de vitamina E na ração, na altura de vilosidades no íleo, de frangos de corte com 21 dias de idade.



**Figura 4.** Desdobramento da interação entre uso de óleo de soja com baixo ou alto índice de

peróxido e nível de inclusão de vitamina E na ração, na profundidade de cripta das vilosidades do íleo, de frangos de corte com 21 dias de idade.



Conclui-se que o uso na ração de óleo oxidado compromete o desempenho do frango na fase pré-inicial. No entanto, a adição de vitamina E, em níveis acima do praticado pela indústria avícola atenua os efeitos deletérios da peroxidação, na taxa de crescimento. A peroxidação lipídica é capaz de promover alterações morfológicas no fígado, pâncreas e nas vilosidades intestinais. Estes efeitos podem ser atenuados com a inclusão de altos níveis de vitamina E.

## Referências

ADAMS, C. A. (2007). Nutrition-Based Health (p. 179). Nottingham, UK: Nottingham University Press.

ALUWONG, T., KAWU, M., RAJI, M., DZENDA, T., GOVWANG, F., SINKALU, V., & AYO, J. (2013). Effect of yeast probiotic on growth, antioxidant enzyme activities and malondialdehyde concentration of broiler chickens. *Antioxidants*, 2(4), 326-339.

ARAÚJO, J.M.A.. Química de alimentos: teoria e prática. 4ª ed. Viçosa: Editora UFV; 2008.

BATISTA, E.C.S.; COSTA, A.G.V.; PINHEIRO-SANT'ANA, H.M. Adição da vitamina E aos alimentos: implicações para os alimentos e para a saúde humana. *Revista de Nutrição*, v.20, n.5, p.525-535, 2007.

BARREIROS ALBS, DAVI JM. Estresse oxidativo: Relação entre geração de espécies reativas e defesa do organismo. Bahia, Quím Nova. 2006;29(1):113-23.

BITENCOURT GOMES, P. E., LOPES, J. B., DA SILVA COSTA MOREIRA, E. M., MERVAL, R. R., MOREIRA FILHO, M. A., & LEMOS, J. G. S. D. (2020). Suplementação de zinco orgânico e vitamina E para frangos de corte em condições naturais de estresse por calor. *Acta VeterinariaBrasilica*, 14(4), 237-243.

BLOCK, M.C.; VAHL, H.A.; LANGE, L.; VAN DE BRAAK, A.E.; HEMKE, G.; HESSING, M. Nutrition and health of the gastrointestinal tract. Netherlands: Wageningen, 2002. p. 97-134.

BOARO, M. Morfofisiologia do trato intestinal. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 2009, Porto Alegre. Anais... Facta: Campinas, 2009. p. 262-274.

BRAGA, J.P.; BAIÃO, N.C. Suplementação lipídica no desempenho de aves em altas temperaturas. *Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia*, v.31, p.23-28, 2001.

BUTOLO, J.E. Utilização de ingredientes líquidos na alimentação animal. In: SIMPÓSIO SOBRE INGREDIENTES NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL, 2001. Campinas, Anais..., Campinas: CBNA, 2001. p.295-334.

BYRNE, D.V. et al. Sensory and chemical investigations on the effects of oven cooking on warmed-over flavor development in chicken meat. *Meat Science*, v.61, p.127-139, 2002.

CLOSE M.H.A. SARAEE, A. SEIDAVI, M. DADASHBEIKI, V. LAUDADIO, V. TUFARELLI. Effect of dietary supplementation with different levels of green tea powder and fish oil or their combination on carcass characteristics in broiler chickens Pak. J. Zool., 46 (2014), pp. 1767-1773.

DAHLKE, F.; RIBEIRO, A.M.L; KESSLER, A.M.; LIMA, A.R.; MAIORKA. A. Effects of cornparticle size and physical form of the diet on the gastrointestinal structures of broiler chickens. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, Campinas, v. 5, n. 1, p. 61-67, Apr. 2003.

DIBNER, J. J., ATWELL, C. A., KITCHELL, M. L., SHERMER, W. D., & IVEY, F. J. (1996). Feeding of oxidized fats to broilers and swine: effects on enterocyte turnover, hepatocyte proliferation and the gut associated lymphoid tissue. *Animal feed Science and technology*, 62(1), 1-13.

DIBNER, J. J., RICHARDS, J. D. (2004). *The Digestive System : Challenges and Opportunities*.

DOWLING, D. K., & SIMMONS, L. W. (2009). Reactive oxygen species as universal constraints in life-history evolution. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 276(1663), 1737-1745.

DUARTE, F.D. Efeitos de fontes lipídicas em dietas para frangos de corte sobre o desempenho, rendimento e composição da carcaça. Minas Gerais. UFMG, 2007.

EBRAHIMI, A., QOTBI, A.A.A., SEIDAVI, A., LAUDADIO, V., TUFARELLI, V., 2014. Effect of different levels of dried sweet orange (*Citrus sinensis*) peel on broiler chickens growth performance. *Archiv. Tierz.*, 56: 11-17.

FATS IN ANIMAL FEEDS. [S.l]: Milk specialties company, [1985?] para data provável. 22p.

FELLENBERG, M.A.; SPEISKY, H. Antioxidants: their effects on broiler oxidative stress and its meat oxidative stability. *World's Poultry Science Journal*, v. 62, p.53- 70, 2006.

GARNSWORTHY, P.C.; COLE, D.J.A. Recent advances in animal nutrition. Thrumpton: Nottingham University Press, 1995.

GESSNER, D. K.; RINGSEIS, R.; EDER, K. Potential of plant polyphenols to combat oxidative stress and inflammatory processes in farm animals. *Journal of Animal 32 Physiology and Animal Nutrition*, p. 1-24. doi: 10.1111/jpn.12579, 2016.

GODDEERIS, B. M.; BOERSMA, W. J. A.; COX, E.; VAN DER STEDE, Y.; KOENEN, M. E.; VANCAENEGHEM, S.; MAST, J.; VAN DER BROECK, W. The porcine and avian intestinal immune system and its nutritional modulation.

GONÇALVEZ, F. G.; ZANINI, S. F.; FEITOSA, M. L.; GONÇALVEZ, E.P. M.; COLNAGO, G. L. Efeito da pimenta rosa associada a diversas dosagens de antibióticos em frangos de corte *Ciência Rural*, 2 ago. 2012. Disponível em: [HTTP://revistas.bvs-vet.org.br/crural/article/view/21497](http://revistas.bvs-vet.org.br/crural/article/view/21497). Acesso em: 02 jun. 2022.

GRAY, J.I.; GOMAA, E.A; BRUCKLEY, D.J. Oxidative quality and shelf life of meats. *Meat Science*, v.43, p.111-123, 2006.

HALLIWELL, B., & CROSS, C. E. (1994). Oxygen-derived species: their relation to human disease and environmental stress. *Environmental health perspectives*, 102 (suppl 10), 5-12.

HARVEY, J. W. The erythrocyte: physiology, metabolism, and biochemical disorders. In: KANEKO, J. J.; HARVEY; J. W.; BRUSS, M. L. *Clinical Biochemistry of Domestic Animals*. 6. ed. San Diego: Academic Press, 2008. cap. 7, p. 173-240.

HESS, J. B. et al. Selenium nutrition and poultry meat quality. *Nutritional Biotechnology in the feed and food industries. Anais... Altech's 19th International Symposium*, Norttingham University Press, Norttingham, United Kingdom, p.107-112, 2003.

HORN, N.L., DONKIN, S.S., APPLGATE, T.J., ADEOLA, O.. Intestinal mucin dynamics: Response of broiler chicks and White Pekin ducklings to dietary threonine. *Poultry Science*, Volume 88, 2009.

HUSSAIN, T.; TAN, B., YIN, Y.; BLACHIER, F.; TOSSOU, M. C. B.; RAHU, N. Oxidative stress and inflammation: what polyphenols can do for us? *Oxidative Medicine Cellular Longevity*, v. 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE) Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9203-pesquisas-trimestrais-do-abate-de-animais.html>>. Acessado em 01 de abril de 2023.

JEURISSEN, S. H., LEWIS, F., VAN DER KLIS, J. D., MROZ, Z., REBEL, J. M., & Ter Huurne, A. A. (2002). Parameters and techniques to determine intestinal health of poultry as constituted by immunity, integrity, and functionality. *Current issues in intestinal microbiology*, 3(1), 1-14.

JONES, F. T., ANDERSON, K. E., FERKET, P.R. Effect of Extrusion on Feed Characteristics and Broiler Chicken Performance. *Journal of Applied Poultry Research*, v. 4, i. 3, p. 300-309. 1oct. 1995.

JUNQUEIRA, O. M.; ANDREOTTI, M.O.; ARAUJO, L.F.; DUARTE, K.F.; CANCHERINI, L.C.; RODRIGUES, E.A. Valor energético de algumas fontes lipídicas determinado com frangos de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.34, p.2335-2339, 2005.

KESSLER, A. M.; GALLINGER, C.I. Lipídios na nutrição de aves: digestão e absorção. Porto Alegre, UFRGS, 2000.

KHATLAB, A. D. S. (2016). Controle molecular do consumo voluntário de ração, metabolismo lipídico e do sistema de defesa antioxidante em frangos de corte (Master's thesis, Universidade Estadual de Maringá).

KOUTSOS, E. A.; ARIAS, V. J. Intestinal ecology: Interactions among the gastrointestinal tract, nutrition, and the microflora. *Journal of Applied Poultry Research*, v. 15, n. 1, p. 161-173, 2006.

LEHNINGER, A.J., NELSON, D.L., COX., M.M. Princípios de bioquímica. 2.ed. (2 reimpressão). São Paulo: Sarvier, 2000. 839p.

LOETSCHER, Y., KREUZER, M., & MESSIKOMMER, R. E. (2013). Oxidative stability of the meat of broilers supplemented with rosemary leaves, rosehip fruits, chokeberry pomace, and entire nettle, and effects on performance and meat quality. *Poultry science*, 92(11), 2938-2948.

MACARI, M. Fisiologia Aviária Aplicada A Frangos De Corte. São Paulo: Funep, FCAV/Unesp, 2002.

MAIORKA, A., BOLELI, I.C., MACARI, M. Desenvolvimento e reparo da mucosa intestinal. In: MACARIA, M.; FURLAN, R.L; GONZALES, E. (ed.). Fisiologia Aviária: Aplicada a frangos de corte. 2 ed. Jaboticabal: FUNEP, p.113-123, 2002.

MATEOS, G.G., SELL J.L., EASTWOOD J.A., 1982. Rate of food passage as influenced by level of supplemental fat. *PoultSci* 61:94–100.

PABST, R.; ROTHKÖTTER, H. J. Postnatal development of lymphocyte subsets in different compartments of the small intestine of piglets. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, v. 72, n. 1-2, p. 167-173, 1999.

POORGHASEMI, M.; SEIDAVI, A.; QOTBI, A. A. A.; LAUDADIO, V.; TUFARELLI, V. Influence of Dietary Fat Source on Growth Performance Responses and Carcass Traits of broiler Chicks. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, v. 26, n. 5, p. 705-710, 01

maio 2013.

RACANICCI, A.M.C.; MENTEN, J.F.M.; BISMARA, M.A.; REGITANO-DARCE, M.A.B.; PINO, L.M. Efeito do uso de óleo de vísceras de aves na ração de frangos de corte sobre o desempenho, a composição da carcaça e a estabilidade oxidativa da carne da sobrecoxa. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.37, n.3, p.443-449, 2008.

REIS, T. L., & VIEITES, F. M. (2019). Antibiótico, prebiótico, probiótico e simbiótico em rações de frangos de corte e galinhas poedeiras. *Ciência Animal*, 29(3), 133-147.

ROBEY, W.; SHERMER, W. The damaging effects of oxidation. *Feed Mix*, v.2, n.5, p.22-26, 1994.

ROCHA, C. D., DA SILVA, A.V.F., Qualidade Do Óleo De Soja E Adição De Vitamina E Na Ração De Perus. Curitiba, Paraná, Universidade Federal do Paraná, 2010.

ROCHA, C. D., MAIORKA, A., DAHLKE, F., IJI, P., Impacto De Diferentes Alimentos Sobre A Estrutura Morfológica Intestinal E Digestibilidade Dos Nutrientes Em Frangos. Curitiba, Paraná, Universidade Federal do Paraná, 2014.

ROCHE, M.; RONDEUAU, P.; SINGH, N. R.; TARNUS, E.; BOURDON, E. The antioxidante properties of serum albumin. *Federation of European Biochemical Societies*, v. 582, p. 1783-1787, 2008.

ROSTAGNO, H. R., ALBINO, L. F. T., DONZELE, J. L., GOMES, P. C., OLIVEIRA, R. F., LOPES, D. C., EUCLIDES, R. F. (2011). Tabelas Brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. (H. S. Rostagno, Ed.) (3 ed., p. 252). Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa.

RUTZ, R., LIMA, G.J.M.M. Uso de antioxidantes em rações e subprodutos. In: Conferência Apinco de Ciência e Tecnologia Avícola; 1994; Santos, São Paulo. Brasil. Anais... Santos: Facta; p. 73-84, 2004.

SAKOMURA, N.K.; SILVA, J.H.V. da; COSTA, F.G.P.; FERNANDES, J.B.K.; HAUSCHILD, L. Nutrição de não ruminantes. Jaboticabal: Funep, 2014.

SARAE, M. H. A., et al. Effect of Dietary Supplementation with Different Levels of Green Tea Powder and Fish Oil or their Combination on Carcass Characteristics in Broiler Chickens. *Pakistan J. Zool.*, vol. 46(6), PP. 1767-1773, 2014.

STINEFELT, B. M. (2003). Uric acid as an antioxidant and the effect of changes in plasma uric acid concentrations on broiler susceptibility to ascites, and, The effect of diet and strain on growth, feed efficiency, and amino acid retention in hybrid bluegill. West Virginia University.

SURAI, P.F., Natural Antioxidants in Poultry Nutrition: New developments. Avian Science Research Center, SAC, Scotland, UK, University of Glasgow, UK, 2007.

TRACHOOTHAM, D., LU, W., OGASAWARA, M. A., VALLE, N. R. D., & HUANG, P. (2008). Redox regulation of cell survival. *Antioxidants & redox signaling*, 10(8), 1343-1374.

TRAESEL, C. K.; LOPES, S. T. A.; WOLKMER, P.; SCHMIDT, C.; SANTURIO, J. M.; ALVES, S. H. Essential oils as substitutes for antibiotic growth promoters in broilers: soroproteins profile and lipid peroxidation. *Ciência Rural*, v. 41, p. 278-284, 2011.

TUFARELLI, V.; BOZZO, G.; PERILLO, A.; LAUDADIO, V. Effects of feeding different lipid sources on hepatic chisto pathology features and growth traits of broiler chickens. *Acta Histochemica*, v. 117, n. 8, p. 780-783, 2015.

TURRENS, J. F. (2003). Mitochondrial formation of reactive oxygen species. *The Journal of physiology*, 552(2), 335-344.

VALENTIM, J. K. et al. Aditivos emulsificantes em dietas de aves de produção. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 3, e1176932597, 2020.

VAN LAACK, R.L., LIU, C.H., SMITH, M.O., LOVEDAY, H.D. 2000. Characteristics of pale, soft, exudative broiler breast meat. *Poult. Sci.* 79:1057-1061.

VANNUCCHI, H., MOREIRA, E. A., DA CUNHA, D. F., JUNQUEIRA-FRANCO, M. V., BERNARDES, M. M., & Jordão-Jr, A. A. (1998). Papel dos nutrientes na peroxidação lipídica e no sistema de defesa antioxidante. *Medicina (Ribeirão Preto)*, 31(1), 31-44.

VIZZOTTO, E. Radicais livres e mecanismos de proteção antioxidante. *Disciplina de Fundamentos Bioquímicos dos Transtornos Metabólicos, Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, Universidade Federal do Rio Grande do Sul*, 2017. 10p.

WINTERBOURN, C. Reconciling the chemistry and biology of reactive oxygen species. *Nature Chemical Biology*, v. 4, p. 278-286, 2008.

ZDUŃCZYK, Z. (2001). Przeciwożywcze i/lub prozdrowotne właściwości wtórnych metabolitów roślin. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 4(29), 150-155.