



UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

Faculdade de Ciências Agrárias  
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia



## **COLINA NATURAL NA NUTRIÇÃO DE FRANGOS DE CORTE**

**Elivelton de Salles da Silveira**

Zootecnista

Dourados - MS

2025



UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

Faculdade de Ciências Agrárias  
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia



## **COLINA NATURAL NA NUTRIÇÃO DE FRANGOS DE CORTE**

**Elivelton de Salles da Silveira**

**Orientador Prof. Dr. Rodrigo Garófallo Garcia**

**Co-orientadora Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maria Fernanda de Castro Burbarelli**

**Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Zootecnia**

Dourados - MS

2025



Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

S587c Silveira, Elivelton De Salles Da  
Colina Natural na Nutrição de Frangos de Corte [recurso eletrônico] / Elivelton De  
Salles Da Silveira. -- 2025.  
Arquivo em formato pdf.

Orientador: Rodrigo Garófallo Garcia .  
Coorientadora: Maria Fernanda de Castro Burbarelli .  
Dissertação (Mestrado em Zootecnia)-Universidade Federal da Grande Dourados,  
2025.  
Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:  
<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. Aditivos Naturais. 2. Biocolina. 3. Fosfatidicolina. I. Garcia, Rodrigo Garófallo. II.  
Burbarelli, Maria Fernanda De Castro. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.



**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

**Colina natural na nutrição de frangos de corte**

Elivelton de Salles da Silveira

O presente trabalho em nível de Mestrado foi avaliado e aprovado, em 25 de fevereiro de 2025, pela banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Valquíria Cação Cruz-Polycarpo  
UNESP

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Cláudia Marie Komiyama  
FCA/UFGD

Prof. Dr. Rodrigo Garófallo Garcia  
Orientador – FCA/UFGD

## BIOGRAFIA DO AUTOR

Elivelton de Salles da Silveira, nascido em 28 de janeiro de 2000, filho de Mariolaine Moraes de Salles e Juscelino Pires da Silveira, natural de Julio de Castilhos – RS, Pinhal grandense de coração e criação, cidade ao qual tem um profundo respeito e admiração, pois foi onde viveu maior parte de sua vida. Iniciou a graduação em Zootecnia em março de 2018, na Universidade Federal de Santa Maria *campus* Palmeira das Missões – RS, participando desde o primeiro semestre até a conclusão do curso do Núcleo Integrado de Pesquisas Avícolas (NIPA), participando de projetos de pesquisas, execução de experimentos e monitor da disciplina de avicultura. Realizou a defesa de conclusão de curso com tema Níveis de polifenóis na produção e qualidade de ovos de codornas japonesas em 18 de janeiro de 2023, tendo sua colação de grau em 9 de fevereiro de 2023. Em março de 2023 ingressou no curso de mestrado *Stricto sensu* no Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Universidade Federal da Grande Dourados, sob orientação do Prof. Dr. Rodrigo Garófallo Garcia, no qual cursou disciplinas obrigatórias e optativas, conduziu a pesquisa de campo com frangos de corte com ênfase no estudo da inclusão de colina natural na dieta como parte da exigência do curso de Pós-graduação em Zootecnia da UFGD. Foi bolsista de mestrado, tendo recebido bolsa CAPES durante todo o período, o que possibilitou ter dedicação exclusiva para pesquisa.

*“O primeiro passo não é o suficiente para te  
levar onde você quer ir, mas ele vai te tirar de  
onde você não quer estar”*

Frei Jaime Bettega

## AGRADECIMENTOS

À minha família, minha amada mãe Mariolaine e meu padrasto Francisco Uliana, que sempre me apoiaram, acreditaram em mim e em meus sonhos, não medindo esforços para que tudo fosse possível! Amo vocês!

À minha namorada Hayleen Sá, que sempre se manteve ao meu lado, me dando suporte nos meus momentos mais difíceis, compartilhando alegrias e tristezas. Minha companheira, amiga e confidente. Te amo, meu amor!!!

Agradeço ao Professor Dr. Rodrigo Garófallo Garcia, por toda a orientação que foi me dada ao longo desses dois anos, ensinando, aconselhando, muitas vezes puxando a orelha e outras vezes sendo companheiro seja em sala de aula, aviário ou fábrica de ração. Sua dedicação e vontade para que as coisas funcionem de forma fluída inspiram não só a mim, mas todos que estão ao seu redor... Obrigado por tudo Professor!!!

À professora Dra. Maria Fernanda de Castro Burbarelli, que sempre fez de tudo para que nossa pesquisa fosse possível, não medindo esforços para conseguir ingredientes, equipamentos e parcerias para realização do experimento. Sendo um cerne mais do que importante para todo o grupo de pesquisa. Sua paixão pelo que faz, sua dedicação e constância me inspira. Obrigado por todo apoio e confiança!!!

Ao Deyvid Ricardo Schimidt Pazuch, Cássia Regina Teodoro, Felipe Cardoso Serpa, Lorraine Aline Barbosa de Lima, Deivid Kelly Barbosa e Caio Cesar dos Ouros, por toda amizade e aprendizado que pude ter com vocês durante este período. Vocês são responsáveis por momentos marcantes em minha trajetória, proporcionando diversas risadas, proporcionando que as atividades que realizamos juntos ficassem mais fluidas.

À todos os demais integrantes do Nesaq, pelo apoio na execução do experimento do projeto de pesquisa.

## SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES INICIAIS	6
1. INTRODUÇÃO	6
2. REVISÃO DE LITERATURA	7
2.1. ALIMENTAÇÃO DE FRANGOS DE CORTE	7
2.2. COLINA: PROPRIEDADES E FONTES	7
3. OBJETIVO(S)	12
3.1. OBJETIVO GERAL:	12
3.2. OBJETIVO ESPECÍFICO:	12
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	13
CAPÍTULO 2	18
ASPECTOS PRODUTIVOS E QUALITATIVOS DA PRODUÇÃO DE FRANGOS DE CORTE COM DIFERENTES NÍVEIS DE COLINA NATURAL DIETA	18
INTRODUÇÃO	2
MATERIAL E MÉTODOS	3
RESULTADOS	9
DISCUSSÃO	14
CONCLUSÃO	17
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	17
CAPÍTULO 3: CONSIDERAÇÕES FINAIS	21

## LISTA DE FIGURAS

**Figura 1:** Estrutura molecular da colina

8

## LISTA DE TABELAS

**Tabela 1:** Dieta experimental utilizadas nas fases pré-inicial, inicial, crescimento e terminação. 5

**Tabela 2:** Desempenho de frangos de corte machos Cobb alimentados com níveis crescentes de colina natural e colina sintética. 10

**Tabela 3:** Rendimento de carcaça e cortes comerciais, em gramas (g) e porcentagem (%), de frangos alimentados com diferentes níveis de colina vegetal e colina sintética. 12

**Tabela 4:** Qualidade de carne de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de inclusão de colina vegetal e colina sintética 13

**Tabela 5:** Avaliação bioquímica de sangue de frangos alimentados com colina natural 14

## COLINA NATURAL NA DIETA DE FRANGOS DE CORTE

**RESUMO –** Sendo um componente crucial para o desempenho de frangos de corte, a colina possui diversas funções no organismo das aves, participando do metabolismo lipídico, constituição celular e doadores de metil. Sua forma mais usual se dá de forma sintética com uso de cloreto de colina, possuindo algumas limitações quanto ao seu uso devido a alta higroscopicidade e presença de cloro na sua conformação. A colina natural, encontrada na maioria das plantas na forma de fosfatidicolina, além de não apresentar problemas de higroscopicidade, dispensa a necessidade de outros produtos para sua estabilização, além possuir uma maior biodisponibilidade. Para tal estudo, foram utilizados 1920 pintinhos de corte de 1 dia, da linhagem comercial Cobb 500; dispostos em um delineamento interiramente casualizado com 6 tratamentos e 8 repetições cada, totalizando 48 unidades experimentais com 40 animais cada. Os tratamentos foram compostos de quatro níveis de inclusão de colina natural (75, 150, 225 e 300 g/ton), um tratamento negativo (sem adição de colina) e um tratamento positivo (800 g/ton de cloreto de colina 60%). A fonte de colina natural utilizada neste estudo, bem como a colina sintética não apresentaram diferenças no desempenho até o período de 1-21 dias, bem como a não interferência na qualidade de carne e rendimento de carcaça. Entretanto, a colina natural apresentou variáveis de desempenho melhores para peso vivo nos períodos de 1 a 35 e 1 a 42 dias, indicando que os níveis de colina natural de 75 g/ton e 150 g/ton são boas alternativas ao cloreto de colina. Portanto, para a fonte de colina natural utilizada, a recomendação para a substituição do cloreto de colina é de níveis de 75 á 150 g/ton.

**Palavras-chaves:** Aditivos naturais, biocolina, fosfatidicolina.

## NATURAL CHOLINE IN THE DIET OF BROILER CHICKENS

**ABSTRACT –** As a crucial component for the performance of broiler chickens, choline has several functions in the bird's bodies, participating in lipid metabolism, cell structure, and as a methyl donor. Its most common form is synthetic, using choline chloride, which has some limitations due to its high hygroscopicity and the presence of chloride in its composition. Natural choline, found in most plants as phosphatidylcholine, not only avoids hygroscopicity issues but also does not require additional stabilization products and has higher bioavailability. For this study, 1,920 one-day-old broiler chicks of the Cobb 500 commercial strain were used, arranged in a completely randomized design with six treatments and eight replicates each, totaling 48 experimental units with 40 animals each. The treatments consisted of four levels of natural choline inclusion (75, 150, 225, and 300 g/ton), a negative treatment (without choline addition), and a positive treatment (800 g/ton of 60% choline chloride). The natural choline source used in this study, as well as synthetic choline, showed no differences in performance during the 1–21-day period, nor interference with meat quality and carcass yield. However, natural choline presented better performance variables for live weight during the 1-35 and 1-42 day periods, indicating that natural choline levels of 75 g/ton and 150 g/ton are good alternatives to choline chloride. Therefore, for the natural choline source used, the recommendation for replacing choline chloride is levels between 75 and 150 g/ton.

**Keywords:** Natural additives, biocholine, phosphatidylcholine.

## CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES INICIAIS

### 1. INTRODUÇÃO

A colina é reconhecida como um nutriente essencial na nutrição de aves, sendo obtida principalmente por meio de produtos dietéticos ricos nesse composto (BERNARDES et al., 2024), desempenhando funções importantes no metabolismo lipídico, na constituição de membranas e como precursora de neurotransmissores (BERTECHINI, 2004).

Seu papel se torna ainda mais significativo ao atuar, juntamente com a metionina, como um fator lipotrópico (DAZUK et al., 2021). Essa ação combinada ajuda o fígado a metabolizar as gorduras de forma eficiente, possibilitando que o organismo utilize e transporte lipídios com maior eficácia. Assim, evita-se o acúmulo excessivo de gordura nos hepatócitos, que é frequentemente conhecida como “fígado gorduroso”. (WORKEL et al., 2002).

No que diz respeito à promoção da sustentabilidade na produção de animais, procura-se utilizar insumos alternativos que possam substituir aqueles de custo elevado, os quais se mostram economicamente inviáveis, sem afetar a qualidade nutricional de frangos de corte. Neste cenário, a colina natural vem se alinhando à crescente demanda por práticas sustentáveis na produção animal (CHITITHOTI, 2024). Os extratos de plantas mostraram-se promissores para melhorar a digestão da ração para aves. Esses extratos podem facilitar a utilização do alimento ao intensificar a ação das enzimas digestivas e absorção de nutrientes. Substâncias de origem vegetal são adicionadas à dietas dos animais com o objetivo de aumentar a eficiência, promovendo a digestão eficaz e a redução de patógenos intestinais (ABDELLI et al., 2021).

Gupta et al. (2019) ressaltaram as vantagens da colina natural, incluindo a alta eficiência de absorção, baixa higroscopicidade, baixa conversão em trimetilamina (TMA) e altos teores de fosfatidilinositol e fosfatidilcolina. Essas características fazem da colina natural uma alternativa viável ao cloreto de colina sintético em dietas para animais, tem se mostrado uma fonte nutricional essencial, encontrada em plantas nas formas de fosfatidilcolina, colina livre e esfingomielina (CALDERANO et al., 2015). Ao passo que o cloreto de colina sintético pode causar desafios como a alta higroscopicidade, aceleração da perda oxidativa de vitaminas e formação de TMA no trato gastrointestinal das aves (BONA, 2020).

Diante desse contexto, o presente estudo tem como objetivo avaliar os efeitos da inclusão de um extrato poliherbal à base de colina natural na dieta de frangos de corte.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Alimentação de frangos de corte

A alimentação é um dos fatores mais importantes na avicultura, visto que, uma dieta adequada pode melhorar tanto a produtividade quanto o rendimento de carcaça das aves (SOUZA et al., 2008).

Para atingir esses resultados, o balanceamento ideal das dietas deve levar em conta tanto as características qualitativas dos ingredientes quanto sua disponibilidade, possibilitando a formulação de rações com baixo custo e alto rendimento (TONISSI et al., 2013). Além disso, as aves necessitam de diferentes tipos de dietas ao longo da sua vida, ajustadas à sua idade e às fases de desenvolvimento, pois em cada fase requer níveis nutricionais específicos para garantir crescimento saudável e desempenho ideal (GARCIA e GOMES, 2019).

De acordo com Valentim et al. (2021), na produção animal, o milho e o farelo de soja são os insumos mais utilizados, principalmente como fonte de energia e proteína, ambos essenciais ao funcionamento do organismo animal. A nutrição de aves geralmente inclui o uso de aditivos nas dietas para melhor atender às exigências nutricionais, visando alcançar o máximo desempenho produtivo. Com os avanços nas pesquisas em nutrição de frangos de corte, muitos ingredientes começaram a ser pesquisados, principalmente em relação ao uso de aditivos e nutrientes específicos com o objetivo de reduzir custos de produção e impactos ambientais (RODRIGUES e FILHO, 2015).

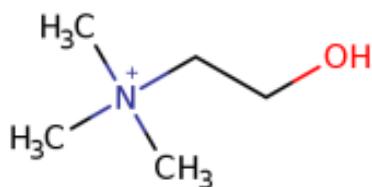
Diante desse cenário, a adoção de estratégias nutricionais, como o uso de aditivos alimentares que potencializam o desempenho zootécnico das aves, tem se destacado nas pesquisas. Esses aditivos desempenham papéis cruciais na melhoria da saúde intestinal, na otimização da absorção de nutrientes e no metabolismo lipídico. Entre os diversos aditivos estudados a colina tem atraído um interesse crescente, tanto por suas exigências nutricionais quanto por suas diferentes formas de apresentação e limitações de uso na alimentação das aves.

### 2.2. Colina: Importância e Funções

A colina é um nutriente fundamental na alimentação de frangos de corte, desempenhando diversas funções no metabolismo dos animais. De acordo com Gregg et al. (2022) a colina é uma amina quaternária envolvida em várias funções metabólicas importantes, incluindo o metabolismo lipídico, sinalização celular e formação de grupos metil para biossíntese. Está presente em todos os tecidos do

corpo e é um componente da estrutura celular que compõem a membrana fosfolipídica (ZEISEL et al., 2003).

**Figura 1:** Estrutura molecular da colina



Fonte: Adaptado de Dias (2021)

Segundo González e Silva (2020) a colina é sintetizada nos tecidos através de um processo de metilação sequencial da fosfatidil-etanolamina, contando com a contribuição de uma N-metiltransferase e a S-adenosilmetionina como doador de grupos metila. Além do seu processo de síntese endógena, ela pode ser adquirida por meio de dietas, principalmente por meio do consumo de fosfolipídeos. Os requerimentos são consideravelmente mais alta do que a da maioria das vitaminas, chegando a aproximadamente cerca de 2.000 ppm na alimentação. Nos tecidos, a colina faz parte dos fosfolipídeos das membranas e é liberada nas células pela ação da fosfolipase C, resultando na formação de diacilglicerol e fosfocolina. Uma fração reduzida é acetilada como acetil-CoA para produzir acetilcolina, neurotransmissor essencial do sistema nervoso parassimpático. Após a estimulação nervosa, a acetilcolina é hidrolisada pela enzima acetilcolinesterase, assegurando a regulação da transmissão neuronal.

Além disso, a colina influencia o metabolismo do colesterol, podendo atuar na redução dos níveis de colesterol sanguíneo em aves (SHARMA e RANJAN, 2015), o que reforça seu papel na saúde hepática e na eficiência produtiva.

A colina desempenha diversas funções essenciais no metabolismo animal. Está presente nos fosfolipídios das membranas celulares e organelas. Como microssomos e mitocôndrias, compõe a estrutura da lecitina (fosfatidilcolina) (IGWE et al., 2015), além disso, participa da maturação das cartilagens na matriz óssea (CALDERANO et al., 2015) e é fundamental no metabolismo lipídico, ajudando a prevenir o acúmulo de gordura no fígado. Também tem papel crucial na formação de acetilcolina, neurotransmissor essencial para o funcionamento neuromuscular (GONZÁLEZ e SILVA, 2019). Outra função importante da colina é sua atuação como doadora do grupo metil.

Em aves, esse grupo metil se torna disponível após sua conversão em betaina no fígado (IGWE et al., 2015), contribuindo para reações metabólicas como conversão de homocisteína em metionina (ZHANG et al., 2013). A colina e a metionina são os principais doadores de grupos metílicos no processo metabólico (ANDRIGUETTO et al., 1983). Essa ligação metabólica entre a colina e a metionina se dá pelo papel que ambas desempenham como doadoras de metil. A suplementação de colina na dieta de frangos pode atuar como fonte desses grupos, permitindo que a metionina seja mantida para desempenhar outras funções metabólicas vitais (SAEED et al., 2017).

No entanto, a transmetilação a partir da metionina é restrita, pois isso resultaria em um consumo excessivo desse nutriente, superando as necessidades para a síntese de proteínas (LEESON e SUMMERS, 2001). Conforme Baker (1983), existe uma interdependência metabólica entre a colina e a metionina, permitindo que uma possa poupar a outra. No entanto, mesmo em quantidades excessivas, a metionina não elimina a necessidade de suplementação de colina nas dietas de pintinhos. O autor ressalta que, em dietas de frangos de corte à base de milho e farelo de soja, a baixa presença de colina pode ser compensada, do ponto de vista metabólico, por níveis altos de metionina, promovem a biossíntese da colina necessária para atender a demanda metabólica.

### **2.3. Importância da Colina na nutrição de Frangos de Corte**

Em frangos, a inclusão de colina na alimentação é essencial para prevenir o retorno no crescimento e perose, provavelmente devido ao seu papel essencial no processo de maturação da cartilagem óssea (GONZÁLEZ e SILVA, 2019). O cloreto de colina é a principal fonte de colina utilizada na dieta das aves, desempenhando um papel essencial na nutrição e no metabolismo dos animais. Este aditivo é sintetizado quimicamente e definido como um sal composto apresentando de 60 a 70% de Colina e aproximadamente 25,4% de cloro (BONA, 2020).

As indicações dos requisitos de suplementação de colina para frangos de corte variam de acordo com a literatura científica, manuais de linhagens e recomendações de empresas de nutrição (POMPEU et al., 2013).

A colina é absorvida nas células por três sistemas de transporte: um transportador de alta afinidade  $\text{Na}^+$  dependente, o qual também disponibiliza colina para a produção de acetocolina em neurônio colinérgicos; transportadores de baixa afinidade que são independentes de  $\text{Na}^+$ , os quais fazem parte da família de transportadores de cátion orgânicos; e a difusão passiva (COMBS Jr., 2008). Nesse

sentido, a absorção da colina ocorre no intestino delgado, especificamente no duodeno e jejuno, onde é absorvida por enterócitos na forma de micelas. Posteriormente, à sua absorção, a colina é transportada pelos enterócitos e incorporada às lipoproteínas de alta densidade (HDL). O transporte ocorre via sistema linfático até o fígado, onde exerce sua principal função metabólica.

A colina livre, por sua vez, é absorvida por difusão passiva no intestino delgado. Quando presente em baixas quantidades no lúmen intestinal, sua absorção eficiente depende de carreadores específicos. No caso do cloreto de colina, a colina livre sofre ação dos microrganismos intestinais, o que reduz a sua capacidade de absorção. Aproximadamente 2/3 da colina livre total é transformada em trimetilamina a partir da ação desses microrganismos. Essa trimetilamina é absorvida pelo organismo, podendo ser depositada em carnes e ovos ou excretada via urina em um intervalo de 6 a 12 horas após o consumo (RUTZ, 2008).

Paralelamente, a fosfatidilcolina presente no lúmen é enzimaticamente processada por fosfolipases, que são produzidas tanto pelo pâncreas quanto pela mucosa intestinal. A fosfolipase A2, proveniente do pâncreas, faz a clivagem da ligação  $\beta$ -éster, enquanto a fosfolipase A1, oriunda da mucosa intestinal, atua na clivagem da ligação  $\alpha$ -éster. Por sua vez, a fosfolipase B remove ambos os ácidos graxos, resultando na formação de glicerilfosforilcolina. As enzimas da mucosa mostram-se menos eficientes em comparação às pancreáticas, o que faz com que a maior parte da fosfatidilcolina ingerida seja absorvida na forma de lisolecitina, resultante da ação da lipase pancreática. Essa lisolecitina é posteriormente reacilada no enterócito, restaurando a fosfatidilcolina. Ainda assim, parte da fosfatidilcolina pode ser absorvida de forma intacta, sem sofrer metabolismo microbiano no intestino (COMBS Jr., 2008).

Em frangos de corte, as exigências de colina variam de acordo com a idade das aves, sendo a capacidade de síntese significativamente menor nos pintinhos. De acordo com as Tabelas Brasileiras de Nutrição de Aves e Suínos (Rostagno et al., 2017), recomenda-se de colina para frangos de corte nas cinco primeiras semanas de vida é de 550, 496, 392, 320 e 287 mg/kg, respectivamente. O conhecimento das exigências de cada fase das aves para formular dietas adequadas é de suma importância, uma vez que, a deficiência de colina na dieta pode resultar no desenvolvimento de fígado gorduroso, também conhecido como esteatose hepática (BREMER, 1960).

Entretanto, no que se refere a deficiência de colina na dieta de aves em fases específicas de desenvolvimento pode levar as aves a desenvolverem síndrome do fígado gorduroso e perose, além de prejudicar a mobilização de gordura hepática

devido à baixa disponibilidade de lipoproteínas transportadoras (SELVAM et al., 2018). Isso acontece uma vez que, na ausência de colina em quantidade adequada, o fígado não consegue realizar a exportação dos lipídios de maneira eficiente levando ao acúmulo de gordura (COHEN, 1976). Por isso, é essencial que a suplementação de colina ocorra em todas as fases de desenvolvimentos das aves (SAEED e ALAGAWANY, 2017). Para a prevenção da síndrome do fígado gorduroso, a colina age em conjunto com a metionina, pois ambas são doadoras de grupamento metil (DIAS et al., 2022). Juntas, elas favorecem a mobilização de lipídios, promovendo a produção de lipoproteínas e facilitando o transporte de lipídios e colesterol (DAZUK et al., 2021).

Embora a toxicidade por excesso de colinas são baixos. As aves toleram ate 30.000 mg de colina/kg (LESSON e SUMMERS, 2001). Embora, os níveis dietéticos de colina equivalentes ao dobro das exigências estabelecidas pelo NRC (1994) não apresentam efeitos tóxicos, concentrações superiores podem interferir na utilização de vitamina B6 pelas aves (SAKOMURA, 2014).

#### **2.4. Efeitos da colina natural no desempenho zootécnico e na qualidade da carne de frangos de corte**

A colina desempenha um papel essencial em diversas rotas metabólicas, contribuindo para a integridade estrutural das membranas celulares e organelas MARIMUTHU e D'SOUZA, 2019). Na alimentação de animais, como frangos de corte, a principal fonte de colina geralmente é utilizada na forma de cloreto de colina. No entanto, outras fontes tem sido usadas como objeto de pesquisa, incluindo alternativas de origem vegetal.

De modo geral, a biodisponibilidade da colina presente nos vegetais varia entre 60 a 75%. O miho, por exemplo, contém aproximadamente 1.500 mg/kg, dos quais até 1.200 mg/kg, podem ser efetivamente utilizados, o que é suficiente para muitas espécies. Contudo, em aves, a suplementação torna-se necessária devido ao alto requerimento nas primeiras semanas de vida e à baixa capacidade de produção endógena nesse período (DIAS, 2021).

Khose et al. (2018) avaliaram a eficiência da suplementação de colina herbal e de cloreto de colina, observou-se que nas diferentes fases de crescimento (pré-inicial, inicial e final) dos frangos de corte, a inclusão de colina herbal apresentou resultados eficazes em termos de peso corporal, consumo de ração, conversão alimentar, mortalidade e eficiência de produção, quando comparada ao cloreto de colina,

principalmente nas dosagens de 0,350 e 0,500 kg/ton. Isso indica que a colina herbal pode ser uma alternativa eficaz à colina sintética para melhorar o desempenho de crescimento nas diferentes fases de criação.

No estudo de Bernardes et al. (2024) avaliaram o efeito de diferentes níveis de suplementação de fosfatidilcolina de fontes vegetais sobre o desempenho e características de carcaça de frangos de corte, foi observado que não houve diferenças significativas quanto ao peso e à característica de carcaça, podendo ser explicado pela quantidade de aminoácidos sulfurados na dieta. Entretanto, Khosravinia et al. (2015) observaram resultados favoráveis em relação ao ganho de peso, sem aumento significativo consumo de ração (CR). Eles argumentaram que o efeito lipotrópico da colina pode ter contribuído para uma melhor utilização da energia contida na dieta, resultando, assim, em um melhor ganho de peso (GP).

Gregg et al. (2023) avaliaram o aumento das concentrações de cloreto de colina no desempenho de crescimento e nas características de carcaça de frangos de corte. Observaram que, na composição lipídica da carcaça, houve uma redução da gordura abdominal quando comparado com as aves que não receberam a suplementação de colina. Isso indica que a colina na dieta pode ajudar a promover carcaças de frangos mais magras devido à sua função no metabolismo lipídico.

Chitithoti et al. (2024) avaliaram os parâmetros hemato-bioquímicos e indicaram melhor função hepática e metabolismo lipídico nos grupos que receberam suplementos herbais, apresentando níveis mais baixos de SGOT (Transaminase Glutâmico Oxaloacética Sérica). Níveis elevados de SGOT podem ser indicativos de lesão hepática, sugerindo que a suplementação de colina herbal pode ter um efeito positivo na melhoria da função hepática (MUTHUKUMARASAMY et al., 2004), apresentando resultados superiores quando comparados ao suplemento com o cloreto de colina. Em razão, à forte afinidade dos receptores intestinais por fosfatidilcolina, fosfatidilinositol e fosfatidiletanolamina contidos nesses produtos, a colina apresentada tem uma melhor biodisponibilidade em comparação ao cloreto de colina sintético (FARINA et al., 2017).

### **3. OBJETIVO(S)**

#### **3.1. Objetivo geral:**

Avaliar o efeito da inclusão de uma fonte de colina natural em substituição ao cloreto de colina em dietas para frangos de corte

#### **3.2. Objetivo específico:**

O trabalho teve por objetivos específicos a avaliação:

- ✓ Do desempenho de frangos de corte de 1 a 42 dias de idade, como consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar durante as fases de crescimento;
- ✓ Do rendimento de carcaça e cortes comerciais;
- ✓ Da influência sobre parâmetros de qualidade da carne de frangos;
- ✓ Da influência sobre a ocorrência e desenvolvimento das miopatias *White striping* e *Wooden breast*;
- ✓ Perfil bioquímico do soro sanguíneo, perfil lipídico da carne;

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDELLI, N.; SOLÀ-ORIOL, D.; PÉREZ, J.F. Phytogenic feed additivies in poultry: Achievements, prospective and challenges. **Animals**, v. 11, n. 12, p. 3471, 2021.

ANDRIGUETTO, J.MM.; PERLY, L.; MINARDI, I.; GEMAEI, A.; FLEMMING, J.S.; SOUZA, G.A de.; BONA FILHO, A. Aves. In: **Nutrição animal: Alimentação Animal**. São Paulo: Nobel, 1983, v. 2, cap. 1, p. 15-111.

BAKER, D.H.; HALPIN, K.M.; CZARNECKI, G.L.; PARSONS, C.M. The Choline-Methionine Interrelationship for growth of the chocl. **Poultry Science**, v. 62, p. 133-137, 1983.

BERNARDES, R.D.; BORGES, S.O.; PETROLI, T.G.; PAGNUSSATT, H.; CASTRO, L.P.; MIRANDA, J.V.S.; VALENTIN, J.K.; GOMES, K.M.; CALDERANO, A.A. Suplementação de fontes vegetais de fosfatidilcolina: efeito no desempenho e características de carcaça de frangos de corte. **Ciência Animal Brasileira**, v. 25, p. 7930, 2024.

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

BONA, D de. **Biocolina vegetal em substituição ao cloreto de colina na nutrição de poedeiras**. 2020. 41 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade do Estado de Santa Catarina, Chapecó, 2020.

BREMER, J.; GREENBERG, D.M. Biosynthesis of choline in vitro. **Biochemical Biophys Acta**, v. 37, p. 173-175, 1960.

CALDERANO, A.A.; NUNES, R.V.; RODRIGUEIRO, R.J.B.; CÉSAR, R.A. Replacement of choline chloride by a vegetal source of choline in diets for broilers. **Ciência Animal Brasileira**, v. 16, n. 1, p. 37-44, 2015

CHITITHOTI, A.K.; THULLIMALLI, S.; MURIKIPUDI, N.S.; METTA, M.; GANGULY, B. Evaluation of the effect of synthetic and herbal choline supplements on haemato-biochemistry, redox balance and nutrient digestibility in broilers. **Journal of Animal Research**, v. 14, n. 2, p. 107-114, 2024.

COHEN, E.L.; WURTMAN, R.J. Brain acetylcholine: control by dietary choline. **Science**, v. 191, p. 561-562, 1976.

COMBS, JR. G.F. **The vitamins: Fundamental aspects in nutritions and health.** 3<sup>a</sup> Ed. Cornell University, Division of Nutritional Sciences, 2008.

DAZUK, V.; BOIAGO, M.M.; ROSA, G.; ALBA, D.F.; SOUZA, C.F.; BALDISSERA, M.D.; VEDOVATTO, M.; MENDES, R.E.; SANTURIO, J.M.; DEOLINO, G.L.; da SILVA, A.S. Vegetable biocholine as a hepatoprotectant in laying hens fed with diet contaminated with aflatoxin B1. **World Mycotoxin Journal.** V. 14, n. 3, p. 367-377, 2021.

DIAS, A.G.F. **Substituição do cloreto de colina por uma fonte vegetal de colina em dietas de frangos.** 2021. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2021.

DIAS, A.G.F.; GOUVEIA, A.B.V.; MONTEIRO, J.M.B.; BRASILEIRO, J.C.L.; de PAULO, L.M.; LIMA, V.R.; CAFÉ, M.B. Colina como aditivo na nutrição de frangos de corte: Revisão de Literatura. *In: Congresso Brasileiro de Produção Animal e Vegetal. Agro Food Academy* (e-book). Org. de Medeiros, J.A.; Niro, C.M. 1. Ed. Jardim do Seridó-RN, 2022

FARINA, G.; KESSLER, A.D.M.; EBLING, P.D.; MARX, F.R.; CÉSAR, R.; RIBEIRO, A.M.L. Performance of broilers fed different dietary choline sources and levels. **Ciência Animal Brasileira**, v. 18, e37633, 2017.

GARCIA, D.A.; GOMES, D.E. A avicultura brasileira e os avanços nutricionais. **Revista Científica Unilago**, v. 1, n. 1, 2019

GONZÁLEZ, F.H.D.; SILVA, S.C da. **Minerais e vitaminas no metabolismo animal.** 1º Ed. Laboratório de Análises Clínicas, Faculdade de Veterinária, Universidade Federal do Rio Grande do Sul: Porto Alegre, p. 135, 2019.

GREGG, C.R.; HUTSON, B.L.; FLEES, J.J.; LOWMAN, Z.S.; ESTES, K.A.; STARKEY, J.D.; STARKEY, C.W. Evaluation of increasing concentrations of supplemental choline chloride on modern broiler chicken growth performance and carcass characteristics. **Animals**, v. 13, p. 1445, 2023.

GREGG, C.R.; TEJEDA, O.J., SPENCER, L.F.; CALDERON, A.J.; BOURASSA, D.V.; STARKEY, J.D., STARKEY, C.W. Impacts of increasing additions of choline chloride on growth performance and carcass characteristics of broiler chickens reared to 66 days of age. **Animals**, 12, 1808. 2022.

GRUPTA, M.; MONDAL, T.; LOKESHA, E.; PARTHASARATHI, B.C. 'Bio choline' – An alternative to synthetic choline in broiler production. **International Journal of Livestock Research**, v. 9, n. 4, p. 1-9, 2019.

IGWE, I.; OKONWO, C.; UZOUKWU, U.; ONYENEGECHA, C. The effect of choline chloride on the performance of broiler chickens. **Annual Research & Review in Biology**, v. 8, n. 1, p. 1-8, 2015.

KHOSE, K.K.; MANWAR, S.J.; GOLE, M.A.; INGOLE, R.S.; RATHOD, P.R. Efficacy of herbal choline as a replacement of synthetic choline chloride in diets on growth performance of broilers. **Journal Lives Research**, v. 8, n. 10, p. 313-322, 2018.

KHOSRAVINIA, H.; CHETHEN, P.S.; UMAKANTHA, B.; NOURMOHAMMADI, R. Effects of lipotropic products on productive performance, live lipid and enzymes activity in broiler chickens. **Poultry Science Journal**, v. 3, n. 2, p. 113-120, 2015.

LEESON, S.; SUMMER, J. **Commercial Poultry Nutrition**. 4<sup>a</sup> ed. Guelph: University Books. 2001.

MARIMUTHU, S.; D'SOUZA, P. Fiel performance of Koin Plus, a polyherbal formulation to replace synthetic choline chloride. **International Journal of Veterinary Sciences and Animal Husbandry**, v. 4, n. 5, p. 32-34, 2019

MUTHUKUMARASAMY, B.; SAHU, B.K.; SWAIN, R.K.; SAMANTARAY, D.P. Studies on the effect of biocholine supplementation in comercial broilers. **Indian Journal Poultry Science**, v. 39, p. 246-251, 2004.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient Requeriments of Poultry: Ninth Revised Edition**. Washington, DC: The National Academies Press, 1994.

POMPEU, M.A., BAIÃO, N.C.; LARA, L.J.C.; ECCO, R.; ROCHA, J.S.R., FERNANDES, M.N.S.; BARBOSA, V.M.; MIRANDA, D.J.A. Suplementação de colina em dietas para frangos de corte machos em fase de crescimento. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 65, n. 6, p. 1836-1842, 2013.

RODRIGUES P.B, FILHO S.T.S. Nutrição De Aves: Passado, Presente E Futuro. *In:* XXV Congresso Brasileiro de Zootecnia (Zootec 2015). **Anais...** Fortaleza, 2015.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; HANNAS, M.I.; DONZELE, J.L.; SAKOMURA, N.K.; PERAZZO, F.C.; SARAIVA, A.; TEIXEIRA, M.L.; RODRIGUES, P.B.; OLIVEIRA,

R.F de.; BARRETO, S.L de. T.; BRITO, C.O. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 4<sup>a</sup> Ed. UFV, p. 488, 2017.

RUTZ, F. **Absorção de vitaminas**. Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte. 2. Ed. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 2008, p. 149-166.

SAEED, M.; ALAGAWANY, M.; ARAIN, M.A.; EL-HACK, M.E.A.; DHAMA, K. Beneficial impacts of choline in animal and human with special reference to its role Against fatty liver syndrome. **Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences**, v. 5, n. 5, p. 589-598, 2017

SAKOMURA, N.K. **Nutrição de não-ruminantes**. Jaboticabal: FUNEP, p. 159, 2014.

SELVAM, R.; SARAVANAKUMAR, M.; SURESH, S.; CHANDRASEKERAN, C.V.; D'SOUZA, P. Evaluation of polyherbal formulation and synthetic choline chloride on choline deficiency model in broilers: implications on zootechnical parameters, serum biochemistry and liver histopathology. **Asian-Australasian Journal of Animal Science**, v. 31, n. 11, p. 1795-1806. 2018.

SHARMA, A.; RANJAN, S. Effects of herbal and chemically synthetic choline on physio-biochemical characteristics of chicks. **Journal of Global Biosciences**, v. 4, n. 6, p. 2537-2542, 2015.

SOUZA, L.M.G.; MURAKAMI, A.E.; MARCATO, S.M.; MASSUDA, E.M. Diferentes programas de alimentação na ração para frangos de corte. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**. Supl. 10, Campinas: Facta, p. 133, 2008

TONISSI, R.H.; GOES, B.; SILVA, L.H.X.; SOUZA, K.A. **Alimentos e alimentação animal**. Universidade Federal da Grande Dourados. Editora UFGD, p. 80, 2013.

VALENTIM, J.K.; D'AVILLA LIMA, H.J.; BITTENCOURT, T.M.; SILVA, N.E.M.; BURBARELLI, M.F.C.; GARCIA, R.G.; PANTOJA, J.C.; BARBOSA, D.K. Grãos secos de destilaria na alimentação de frangos de corte. **Ensaios e Ciência**, v. 25, n. 1, p. 44-49, 2021

ZEISEL, S.H.; MAR, M.; HOWE, J.C.; HOLDEN, J.M. Concentrations of choline-containing compounds and betaine in common foods. **Journal of Nutrition**, v. 133, n. 5, p. 1302-1307. 2003.

ZHANG, C.V.; PAN, M.X.; WANG, L.; MO, X.F.; CHEN, Y.M.; LIN, F.Y.; HO, S.C.

Choline and betaine intake is inversely associated with breast cancer risk: a two-stage case-control study in China. **Cancer Science**, v. 104, n. 2, p. 250-258, 2013.

## **CAPÍTULO 2**

### **Aspectos produtivos e qualitativos da produção de frangos de corte com diferentes níveis de colina natural dieta**

Projeto aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal da Grande Dourados (CEUA/UFGD) sob protocolo de nº 24002.

Capítulo redigido conforme normas de submissão da Revista Brasileira de Zootecnia, ISSN: 1516-3598 (*online*), Fator de Impacto 2023 – JCR® Clarivate: 1.1, Percentil SCOPUS: 46%, CiteScore 2023 - Scopus: 1,9, Qualis CAPES (2017-2020) Zootecnia e Pesca: A2

## Aspectos produtivos e qualitativos da produção de frangos de corte com diferentes níveis de colina natural dieta

4 **RESUMO:** Sendo um componente crucial para o desempenho de frangos de corte, a  
5 colina possui diversas funções no organismo das aves, participando do metabolismo  
6 lipídico, constituição celular e doadores de metil. Sua forma mais usual se dá de  
7 forma sintética com uso de cloreto de colina, possuindo algumas limitações quanto  
8 ao seu uso devido a alta higroscopidade e presença de cloro na sua conformação. A  
9 colina natural, encontrada na maioria das plantas na forma de fosfatidilcolina, além  
10 de não apresentar problemas de higroscopidade, dispensa a necessidade de outros  
11 produtos para sua estabilização, além de possuir uma maior biodisponibilidade.  
12 Para tal estudo, foram utilizados 1920 pintinhos de corte de 1 dia, da linhagem  
13 comercial Cobb 500; dispostos em um delineamento interiramente casualizado com  
14 6 tratamentos e 8 repetições, totalizando 48 unidades experimentais com 40  
15 animais cada. Os tratamentos foram constituídos das inclusões 75, 150, 225 e 300  
16 g/ton de colina natural, um tratamento negativo (sem adição de colina) e um  
17 tratamento positivo (800g/ton de cloreto de colina à 60%). A fonte de colina natural  
18 utilizada neste estudo, bem como a colina sintética não apresentaram diferenças no  
19 desempenho até o período de 1-21 dias, bem como a não interferência na qualidade  
20 de carne e rendimento de carcaça. Entretanto, a colina natural apresentou variáveis  
21 de desempenho melhores para peso vivo nos períodos de 1 a 35 e 1 a 42 dias,  
22 indicando que os níveis de colina natural de 75 g/ton e 150 g/ton são boas  
23 alternativas ao cloreto de colina. Portanto, para a fonte de colina natural utilizada, a  
24 recomendação para a substituição do cloreto de colina é de níveis de 75 à 150 g/ton.

25 **Palavras-chave:** Aditivos naturais, biocolina, fosfatidilcolina.

27 INTRODUÇÃO

28 A suplementação com colina na dieta de aves é essencial para garantir  
29 seu desempenho, além de prevenir problemas locomotores e síndromes, como  
30 a síndrome do fígado gorduroso. Assim, ela desempenha um papel essencial na  
31 produção de acetilcolina, um neurotransmissor vital na comunicação de

1 impulsos nervosos por meio das sinapses (CALDERANO et al., 2015).

2 Dietas à base de milho e farelo de soja apresentam um teor de colina que  
3 é estimado em aproximadamente de 1.300 mg/kg. Contudo, para atender às  
4 exigências nutricionais de frangos de corte, recomenda-se a suplementação de  
5 colina variando entre 400 a 550 mg/kg, com base nas especificidades da dieta  
6 (ROSTAGNO et al., 2017). Na avicultura, a suplementação de colina é  
7 tradicionalmente realizada por meio de fontes sintéticas, como o cloreto de  
8 colina. No entanto, sua elevada higroscopicidade e tendência à oxidação podem  
9 comprometer a estabilidade de vitaminas, além de seu efeito corrosivo e  
10 favorecer a produção de trimetilamina no trato intestinal dos frangos  
11 (CALDERANO et al., 2015). Esses desafios têm impulsionado pesquisas sobre  
12 alternativas que ofereçam eficácia equivalente ao cloreto de colina, mas com  
13 menor impacto em frangos.

14 Contudo, a colina natural vem sendo estudada como uma alternativa ao  
15 cloreto de colina. Neste sentido, a colina natural é oriunda de plantas,  
16 normalmente selecionadas, que sejam ricas em compostos bioativos que contém  
17 em sua estrutura a colina.

18 No estudo de Lima et al. (2024), que avaliaram a suplementação de duas  
19 fontes de colina natural (com duas dosagens) e o cloreto de colina no  
20 desempenho de frangos de corte, observaram que a suplementação de colina,  
21 particularmente com uma das fontes de colina natural com a dosagem de 100  
22 g/ton, influenciou os parâmetros de desempenho, como ganho de peso (GP),  
23 consumo de ração (CR) e conversão alimentar (CA). No estudo de D'Souza e  
24 Selvam (2022), foi realizada a suplementação de uma fonte natural de  
25 fosfatidilcolina (FC) proveniente de *Acacia nilotica* e *Curcuma longa* foi realizada

1 em níveis de 400, 500 e 750 mg/kg. Os resultados mostraram uma influência  
2 significativa na deposição de gordura no fígado e na gordura abdominal,  
3 enquanto o desempenho zootécnico se manteve semelhante com o observado  
4 com uma fonte de cloreto de colina (CC) a 60%. Gupta et al. (2019) destacaram  
5 que a colina vegetal apresenta diversas vantagens em relação ao cloreto de  
6 colina, incluindo alta eficiência de absorção, baixa hidroscopicidade, menor  
7 conversão de colina em trimetilamina e elevado teor de fosfatidilinositol e  
8 fosfatidicolina.

9 Nesse contexto, o objetivo do estudo foi avaliar a influência da inclusão  
10 de níveis de um extrato poliherbal como fonte de colina natural na nutrição de  
11 frangos sobre o desempenho, análise bioquímica do sangue, rendimento de  
12 carcaça e cortes comerciais e qualidade carne.

### 13 **MATERIAL E MÉTODOS**

14 Todos os procedimentos adotados estão de acordo com as normas do Conselho  
15 Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA) e aprovados pela  
16 Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA/UFGD) registrado sob protocolo de  
17 número 24002.

18 O experimento foi realizado no Aviário Experimental de Frangos de Corte da  
19 Faculdade de Ciências Agrárias, da Universidade Federal da Grande Dourados,  
20 localizada na cidade de Dourados. O município encontra-se na região centro-sul do  
21 estado de Mato Grosso do Sul, Brasil, com 374 metros de altitude, 54°48'23.9"W de  
22 longitude e 23°13'18.52" S de latitude, e classificação climática como mesotérmico  
23 úmido, com verões quentes e chuvosos e invernos com temperatura moderados e  
24 secos (Fietz et al., 2017).

1 O aviário possui as dimensões de 50 m de comprimento, 10 m de largura e pé  
2 direito de 3m, subdividido em 56 boxes com área de 2,43m<sup>2</sup> (1,80 x 1,35m) cada,  
3 equipados com um bebedouro pendular e dois comedouros tubulares cada,  
4 dispondo de cortinas e sobre cortinas, exaustores, ventiladores e placas  
5 evaporativas e controle de temperatura tipo pressão negativa, com painel para  
6 acionamento dos equipamentos de forma automática.

7 O aquecimento inicial foi feito com a utilização de campânula elétrica com  
8 lâmpadas infravermelhas de 250 W, sendo uma para cada boxe. O programa de luz  
9 adotado forneceu 23 horas de luz na primeira semana de forma contínua, e o  
10 fotoperíodo foi diminuído gradativamente até os 11 dias, momento em que as aves  
11 foram submetidas a 18 horas de luz e intensidade luminosa de 22 lúmens por m<sup>2</sup>.

12 Para tal estudo, foram utilizados 1920 piantinhos de corte de 1 dia, da  
13 linhagem comercial Cobb 500®; dispostos em um delineamento interiramente  
14 casualizado com 6 tratamentos e 8 repetições cada, totalizando 48 unidades  
15 experimentais (boxes) com 40 animais cada com uma densidade de 16 aves/m<sup>2</sup>. Os  
16 tratamentos utilizados foram 4 níveis de inclusões de um produto comercial -  
17 Amucoline™ (Amuco Inc®, Fort Lauderdale - Florida), como fonte de colina natural  
18 com inclusões de 75, 150, 225 e 300 g/ton. Um tratamento negativo (sem adição de  
19 colina) e um tratamento com 800g/ton de cloreto de colina com desponibilidade de  
20 60% de colina (480g).

21 As rações fornecidas foram a base de milho e farelo de soja, atendendo as  
22 exigências nutricionais de Rostagno et al. (2017), fornecidas ad libitum e formuladas  
23 de acordo com as fases produtivas pré-inicial (1 a 7 dias), inicial (8-21 dias),  
24 crescimento (22 a 35 dias) e final (36 a 42 dias) (Tabela 1), sendo todas elas  
25 isoenergéticas e isoprotéicas, tendo como unicas variações os níveis de colina

- 1 sintética e natural em relação ao inerte. As demais práticas de manejo foram  
 2 adotadas conforme o manual da linhagem.  
 3 **Tabela 1:** Dieta experimental utilizadas nas fases pré-inicial, inicial, crescimento e terminação.

INGREDIENTES	FORMULAÇÃO BÁSICA DAS DIETAS EXPERIMENTAIS			
	1-7 DIAS	8-21 DIAS	22-35 DIAS	36-42 DIAS
Milho	42,858	46,260	53,137	62,819
Farelo de soja	46,218	42,749	35,592	27,675
Óleo de Soja	5,096	5,862	6,182	5,003
Fosfato bicálcico	2,331	2,132	1,821	1,471
Calcário	0,762	0,721	0,557	0,424
Sal comum	0,489	0,473	0,449	0,420
Metionina	0,351	0,327	0,286	0,228
Mineral <sup>1</sup>	0,100	0,100	0,100	0,100
Vitamínico <sup>2</sup>	0,100	0,080	0,060	0,035
Lisina	0,105	0,224	0,178	0,217
Treonina	0,060	0,058	0,064	0,058
Bacitracina de zinco	0,050	0,050	0,050	0,000
Porção Variável <sup>3</sup>	1,480	0,964	1,524	1,550
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
COMPOSIÇÃO CALCULADA				
Proteína Bruta (%)	25.00	23.75	21.04	18.29
EM Aves (Kcal/Kg)	3000	3100	3200	3250
Cálcio (%)	1,029	0.911	0.758	0.606
Sódio (%)	0,905	0.210	0.201	0.191
Cloro (%)	0,236	0.226	0.212	0.296
Fósforo Dig. Aves (%)	0,431	0.382	0.324	0.259
Lisina Dig Aves (%)	1,368	1.366	1.161	1.00
Met+Cist Dig Aves (%)	1,099	0,955	0.856	0.742
Met Dig Aves (%)	0,667	0,627	0.558	0.473
Treo Dig Aves (%)	0,905	0,852	0.763	0.661

4 <sup>1</sup>Suplemento Mineral Polinutri Poli-Minerais Aves níveis de garantia para cada kg: Ferro 60 g/kg, Cobre 13 g/Kg, Manganês 120 g/Kg, Zinco 100 g/Kg, Iodo 2.500 mg/Kg, Selênio 500 mg/Kg.

5 <sup>2</sup>Suplemento Vitamínico Polinutri Poli-vitminico Aves níveis de garantia para cada kg: Viatamina A 63.462 UI/g, Vitamina D 19231 UI/g, Vitamina E 9.000 mg/Kg, Vitamina K 15.462 mg/Kg, Vitamina

1 B1 10.385 mg/Kg, Vitamina B2 38.077 mg/Kg, Vitamina B6 19.231 mg/Kg, Vitamina B12 92,35  
2 mg/Kg, Niacina 156,92 mg/Kg, Ácido pantotênico 42.461 mg/Kg, Ácido fólico 3.462 mg/Kg, Biotina  
3 231 mg/Kg. <sup>3</sup>Porção Variável corresponde à substituição de inerte de acordo com os tratamentos: 0  
4 g/Ton de colina, 75 g/Ton de Amucoline, 150 g/Ton de Amucoline, 225 g/Ton de Amucoline, 300  
5 g/Ton de Amucoline e 800 g/Ton de cloreto de colina 60%.

6 O desempenho do lote foi avaliado de forma cumulativa (1-7 dias, 1-21 dias,  
7 1-35 dias e 1-42 dias) e analisou-se o consumo de ração (CR), ganho de peso (GP) e  
8 conversão alimentar (CA). Para isso, foram realizadas as pesagens semanais de 100  
9 % das aves para cálculo do ganho de peso, bem como a mensuração de ração  
10 fornecida e sobras de ração para o cálculo do consumo de ração. A conversão  
11 alimentar foi baseada nos parâmetros de consumo alimentar e ganho de peso.

12 Para a realização de análise bioquímica do soro sanguíneo, as amostras foram  
13 coletadas através de punção da veia ulnar com seringas heparinizadas de uma ave  
14 por repetição, totalizando seis aves por tratamento aos 42 dias de idade. Em seguida,  
15 as amostras foram imediatamente centrifugadas para a separação do soro (4.000  
16 rpm por 10 minutos), e então, congeladas até o momento das análises. Para análise  
17 de alterações clínicas relacionadas à atividade ou danos hepáticos foram avaliados  
18 os níveis de Alanina aminotransferase (ALT), Aspartato Aminotransferase (AST),  
19 Colesterol e Triglicerídes.

20 Aos 42 dias, todas as aves foram pesadas e foram selecionadas duas aves por  
21 repetição (12 aves por tratamento) com variação de  $\pm$  5% do peso médio, para  
22 avaliação do rendimento da carcaça e cortes comerciais, e análises dos parâmetros  
23 de qualidade da carne, bem como da incidência das miopatias peitorais (White  
24 striping e Wooden breast). Antes do abate, as aves foram submetidas ao jejum  
25 alimentar de oito horas. O abate consistiu em deslocamento cervical seguido de  
26 secção das veias jugulares e artérias carótidas, sangria, escaldagem, depenagem  
27 automática, evisceração manual, préresfriamento, resfriamento e processo de

1 gotejamento.

2 As carcaças foram pesadas e evisceradas quentes, e resfriadas após o  
3 processo de gotejamento e encaminhadas para a sala de corte, onde foram pesados  
4 os peitos com osso, coxas e sobrecoxas, asas e dorso para o cálculo do rendimento  
5 de carcaça e cortes. Por meio do peso vivo de cada ave e peso de sua carcaça e cortes,  
6 foram avaliados os seguintes rendimentos (%): Carcaça quente e carcaça resfriada  
7 sem pés e sem cabeça calculados em relação ao peso vivo; e, pernas (coxas e  
8 sobrecoxas), peito com pele e com osso, peito desossado sem pele, asas e dorso  
9 foram calculados em relação ao peso de carcaça resfriada.

10 Para White striping considerou-se um dos quatro escores estabelecidos por  
11 Kuttappan et al. (2012). Considerou-se Grau 0 (normal) os filés que não  
12 apresentaram estrias brancas; Grau 1 (moderado) os filés que apresentaram linhas  
13 com menos de 1 mm de espessura; Grau 2 (severo) os filés que apresentaram linhas  
14 com espessura de 1 a 2 mm; e, Grau 3 (Extremo) quando apresentaram faixas  
15 espessas maiores que 2 mm distribuídas por toda a superfície do filé.

16 A condição Wooden breast foi classificada através da palpação manual ao  
17 longo de toda a superfície do filé conforme adaptado de Sihvo et al. (2017), sendo  
18 Grau 0 (normal) filés que apresentaram cor e consistência normais; Grau 1  
19 (moderado) filés que apresentaram consistência endurecida e coloração pálida em  
20 pontos focais; Grau 2 (grave) em que os filés apresentaram característica  
21 endurecida de forma difusa e coloração pálida; e, Grau 3 (severo) filés que se  
22 apresentaram severamente endurecido com a presença de material viscoso e  
23 petéquias hemorrágicas. A classificação de ambas as miopatias foram realizadas por  
24 avaliador devidamente treinado.

25 Após a classificação das miopatias, os filés foram armazenados à temperatura

1 de 5 °C por 24 horas e então submetidos às análises de qualidade da carne, sendo  
2 dimensionamento dos filés (comprimento, largura e espessura) conforme descrito  
3 por Mudalal et al. (2014); pH 24 horas; Cor da carne objetiva (Van Laack et al., 2000);  
4 Capacidade de retenção de água de acordo com Hamm (1960); Drip loss conforme  
5 descrito por Rasmussen & Anderson (1996); Perda de peso por descongelamento;  
6 Perda de peso por cozimento (Honikel, 1987); e, força de cisalhamento (Komiyama  
7 et al., 2009). A padronização da amostragem de cada filé foi realizada conforme  
8 descrito por Castilho et al. (2022).

9 Os dados obtidos foram submetidos a análise das premissas estatísticas de  
10 normalidade de resíduos e homogeneidade das variâncias através dos testes de  
11 Shapiro Wilk e Levene's respectivamente, os dados que não atenderam a estas  
12 premissas foram transformados. Foi realizada análise variância dos dados através  
13 do procedimento MIXED do SAS 9.3 (SAS, 2012). Para avaliar relações específicas  
14 entre variáveis, também foi utilizada a análise de regressão, permitindo identificar  
15 tendências e associações estatísticas relevantes. As médias obtidas de cada um dos  
16 tratamentos para as variáveis de desempenho estudadas foram comparadas pelo  
17 teste de Dunnet, considerando o tratamento "Sintético" como testemunha. O nível de  
18 significância para todas as análises realizadas foi de 5%.

19 **RESULTADOS**

20 Na tabela 2 estão demonstrados os resultados de desempenho produtivo de  
21 frangos de corte alimentados com diferentes níveis de colina natural e colina  
22 sintética, de acordo com as fases produtivas. Dados seguidos de asterisco diferem ao  
23 teste de Dunnet, comparando-se as médias a fonte sintética, a 5% de probabilidade.

24 Não foram encontradas diferença para nenhuma das variáveis de desempenho

1 quando comparados todos os tratamentos. Ao comparar os tratamentos com  
2 inclusão de colina natural e o tratamento sem inclusão de colina, observou-se que  
3 os valores de peso vivo (kg) foram semelhantes (1,208 kg) entre o tratamento sem  
4 colina e os tratamentos com 75 e 150 g/ton de colina natural no período de 1 – 21  
5 dias. Em contrapartida, as inclusões em níveis mais elevados, como 225 e 300 g/ton,  
6 apresentaram valores de peso vivo reduzido, alcançando 1,169 e 1,156 kg  
7 respectivamente. Isso sugere que níveis elevados de inclusão podem levar a  
8 variações significativas, não sendo vantajosas para o desempenho de frangos de  
9 corte.

10 Foi observado um comportamento linear decrescente para peso vivo de 1 –  
11 21 dias, diminuindo o peso vivo dos animais conforme o aumento da dose de colina  
12 natural, ou seja, altos níveis de inclusão de colina natural podem influenciar no  
13 desempenho de frangos, além disso, fatores como a composição nutricional da dieta  
14 pode ter influenciado no peso final.

15 Para os períodos de 1 – 35 e 1 – 42 dias, comparando apenas os tratamentos  
16 com colina natural ao tratamento sem adição de colina, foram observados  
17 comportamentos quadráticos conforme as equações de regressões, sendo  
18 encontrados os pontos máximos de inclusão de 135 g/T de colina natural para o  
19 período de 1 – 35 dias e 129 g/T de colina natural para o período de 1 – 42 dias.

**Tabela 2:** Desempenho de frangos de corte machos Cobb alimentados com níveis crescentes de colina natural e colina sintética.

Consumo (g)	1379,04	1355,45	1363,62	1323,84	1333,31	1378,39	0,59	0,0202
Peso vivo (kg)	1,208	1,208	1,198	1,169	1,156	1,169	0,01	0,0034
Ganho de peso (g)	1128,600	1103,920	1134,960	1112,380	1110,040	1109,600	0,55	0,5421
Conversão alimentar (g/g)	1,228	1,202	1,190	1,200	1,243	1,231	0,01	0,0549
<b>1-35 dias</b>								
Consumo (g)	3713,200	3664,350	3683,800	3619,980	3689,520	3702,490	0,12	0,2362
Peso vivo (kg)	2,730	2,834	2,863	2,797	2,661	2,745	0,01	0,0024
Ganho de peso (g)	2659,480	2599,750	2651,970	2610,160	2642,940	2629,640	0,15	0,5321
Conversão alimentar (g/g)	1,397	1,411	1,391	1,388	1,398	1,408	0,01	0,9305
<b>1-42 dias</b>								
Consumo (g)	5172,070	5124,520	5158,300	5057,120	5175,520	5197,740	0,19	0,3106
Peso vivo (g)	3,531	3,653	3,710	3,564	3,437	3,596	0,02	0,0076
Ganho de peso (kg)	3519,510	3483,730	3549,120	3459,880	3594,220	3597,070	0,23	0,4231
Conversão alimentar (g/g)	1,471	1,472	1,454	1,462	1,440	1,446	0,005	0,4966
Variável	p	Efeito			Equação			$r^2$
Peso vivo (kg) 1 - 21 dias	0,0002	LIN			$y=-0,00019066x+1,21695$			0,3272
Peso vivo (kg) 1 - 35 dias	<0,0001	QUAD			$y=-0,00000729x^2+0,00196x+2,73032$			0,3997
Peso vivo (kg) 1 - 42 dias	0,0005	QUAD			$y=-0,00000893x^2+0,00231x+3,53429$			0,3322

1 <sup>1</sup>Erro padrão da média; <sup>2</sup>Resultados foram estatisticamente significativos a nível de  $p < 0,05$ ;

2 Equações geradas a partir dos polinômios ortogonais;  $r^2$  = coeficiente de determinação; LIN = efeito

3 Linear; QUAD = efeito quadrático; \*Dados seguidos de asterisco diferem ao teste de Dunnet,

4 comparando-se as médias a fonte sintética, a 5% de probabilidade.

5 Os resultados de rendimento de carcaça e de cortes comerciais estão  
 6 apresentados na Tabela 3. Observou-se influência dos diferentes níveis de inclusão  
 7 de colina natural (300 g/ton) apenas no dorso ( $p=0,0114$ ). Quando comparado  
 8 somente os tratamentos com colina natural em relação ao tratamento sem adição de  
 9 colina, foi apresentado um comportamento quadrático para peso de dorso conforme  
 10 a equação de regressão, com ponto mínimo de inclusão de colina natural para o nível  
 11 de 96 g/ton. Os demais dados não apresentaram diferenças significativas  
 12 estatisticamente entre os níveis de inclusão colina natural e sintética.

13 Quando comparados apenas os tratamentos com colina natural e sem adição  
 14 de colina, observou-se um comportamento linear crescente, com aumento do peso  
 15 de carcaça quente (PCQ), ou seja, à medida que se elevava a dosagem de colina  
 16 natural, aumenta-se o PCQ.

17 Quando avaliado a porcentagem dos cortes comerciais em relação ao peso de

1 carcaça fria (PCF), não foram observadas diferenças significativas.

2 **Tabela 3:** Rendimento de carcaça e cortes comerciais, em gramas (g) e porcentagem (%), de frangos  
3 alimentos com diferentes níveis de colina vegetal e colina sintética.

Variável	Inclusão Colina						EPM <sup>1</sup>	P <sup>2</sup>
	0	75	150	225	300	sintético		
Peso Vivo(g)	3473,25	3339,81	3457,19	3431,00	3553,00	3538,62	0,21	0,0357
PCQ (g) <sup>3</sup>	2780,13	2703,0	2799,13	2816,38	2918,81	2860,31	0,20	0,0406
PCF(g) <sup>4</sup>	2688,310	2628,43	2691,940	2703,880	2811,500	2749,090	0,19	0,1212
Peito com Osso (g)	1080,610	1046,660	1064,890	1080,370	1117,050	1097,220	0,11	0,5620
Peito desossado(g)	869,030	869,350	855,710	865,910	883,060	895,360	0,12	0,9488
Coxa+Sobrecoxa com osso(g)	775,030	768,610	777,610	779,360	806,380	788,840	0,05	0,4126
Coxa+Sobrecoxa desossado(g)	556,740	552,100	545,910	559,030	580,970	568,810	0,04	0,2565
Dorso(g)	505,75	486,11	501,59	511,09	541,61*	486,19	0,05	0,0114
Asa(g)	267,090	268,240	273,410	266,110	275,940	263,000	0,02	0,4383
Rendimento de Carcaça (%)	77,440	78,570	77,910	78,780	78,550	77,640	0,25	0,5146
Peito com Osso (%)	39,930	40,000	39,440	39,950	39,940	40,477	0,25	0,9208
Peito desossado (%)	32,260	32,990	31,870	32,000	31,360	32,410	0,28	0,6934
Coxa+Sobrecoxa com osso (%)	28,850	29,340	28,910	28,860	28,710	28,780	0,17	0,9391
Coxa+Sobrecoxa desossado (%)	20,738	21,068	20,330	20,711	20,691	20,735	0,16	0,8718
Dorso (%)	18,816	18,578	18,649	18,936	19,280	17,706	0,16	0,1076
Asa (%)	9,939	10,265	10,160	9,861	9,826	9,590	0,07	0,0972
Variável	P	Efeito	Equações				r <sup>2</sup>	
PCQ (g)	0,0111	LIN	y=0,52025x+2725,56250				0,0791	
Dorso (g)	0,0239	QUAD	y=0,00120x <sup>2</sup> -0,23042x+503,367				0,179	

4 <sup>1</sup>Erro padrão da média; <sup>2</sup>Resultados foram estatisticamente significativos a nível de p < 0,05; <sup>3</sup>PCQ =  
5 Peso de carcaça quente; <sup>4</sup>PCF = Peso de carcaça fria. Equações geradas a partir dos polinômios  
6 ortogonais; r<sup>2</sup> = coeficiente de determinação; LIN = efeito Linear; QUAD = efeito quadrático. \* Dados  
7 seguidos de asterisco diferem ao teste de Dunnet, comparando-se as médias a fonte sintética, a 5%  
8 de probabilidade.

9 Na Tabela 4, estão dispostos os resultados das análises de qualidade de carne  
10 de frangos de corte alimentados com colina natural e colina sintética, médias  
11 seguidas de asterisco diferem ao Teste de Dunnet, comparando -se ás médias da  
12 fonte sintética, a 5% de probabilidade.

13 Não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos para  
14 nenhuma das variáveis de qualidade de carne, indicando que tanto a colina natural

1 quanto o cloreto de colina não tiveram influência nestes parâmetros. O mesmo  
2 acontece para análise de miopatias, *woden breast* e *white striping*, que não  
3 apresentaram diferenças entre os tratamentos, também indicando a não  
4 interferência de nenhum dos tratamentos sobre estes parâmetros.

5 **Tabela 4:** Qualidade de carne de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de inclusão de  
6 colina vegetal e colina sintética

Variável	Inclusão Colina						EPM	P
	0	75	150	225	300	sintético		
Peso filé (kg)	0,340	0,344	0,357	0,346	0,360	0,354	0,00	0,8338
Comprimento filé (cm)	18,313	18,443	18,543	18,587	18,156	18,425	0,08	0,6227
Largura(cm)	9,725	9,668	9,868	9,293	9,718	9,775	0,07	0,1941
Espessura(mm)	37,111	36,812	36,940	36,138	37,159	35,862	0,43	0,9359
pH	6,056	6,056	6,047	6,086	6,023	6,075	0,01	0,7373
L*	52,343	51,678	51,578	52,161	52,401	51,694	0,20	0,7555
a*	3,321	3,116	2,900	3,288	2,976	2,805	0,08	0,3709
b*	6,856	6,13	6,665	6,616	7,043	7,075	0,13	0,2991
Capacidade retenção de água (%)	37,873	36,462	36,931	36,861	37,409	37,472	0,36	0,8953
Perda por gotejamento / drip loss (%)	5,698	6,418	5,657	5,742	6,508	5,948	0,16	0,4565
Perdas por descongelamento (%)	13,971	13,453	12,546	11,846	13,876	16,444	0,73	0,6703
Perdas por cocção (%)	39,650	39,550	36,318	36,742	38,645	35,216	0,86	0,5933
Força de cisalhamento	1,614	1,620	1,551	1,691	1,466	1,521	0,04	0,7065
Woden Breast	1,500	1,312	1,687	1,062	1,500	1,562	0,22	0,4052
White striping	1,312	1,562	1,250	1,250	1,250	1,250	0,13	0,1954

7 <sup>1</sup>Erro padrão da média; <sup>2</sup>Resultados foram estatisticamente significativos a nível de p < 0,05; L =  
8 luminosidade; a =coordenada vermelho/verde; b = coordenada amarelo azul.

9 Na Tabela 5, estão expressos os resultados da análise bioquímica do sangue  
10 alimentados com níveis de colina natural e colina sintética. Dados seguidos de  
11 aterisco diferem ao Teste de Dunnet, comparando - se as médias da fonte sintética,  
12 ao nível de 5% de probabilidade.

13 Não foram encontradas diferenças significativas para nenhuma das  
14 variáveis bioquímicas do sangue. Ao comparar apenas as médias dos tratamentos  
15 com colina natural com o tratamento sem adição de colina, foi obtido um

1 comportamento linear crescente para Aspartato aminotransferase (AST),  
2 indicando que conforme o aumento de colina natural na dieta, tem - se um aumento  
3 nos níveis deste parâmetro.

4 **Tabela 5:** Avaliação bioquímica de sangue de frangos alimentados com colina natural

Variável	Inclusão Colina						EPM <sup>1</sup>	P <sup>2</sup>
	0	75	150	225	300	sintético		
ALBUMINA (g/dl)	0,362	0,875	0,562	0,578	0,475	0,550	0,05	0,0943
ALT <sup>3</sup> (U/L)	2,875	6,375	3,125	4,875	2,875	2,870	0,43	0,0695
AST <sup>4</sup> (U/L)	59.125	79.142	104.75	140.57	150.38	101.25	8,69	0,0113
COLESTEROL (mg/dl)	33,375	56,140	44,625	34,714	36,500	29,857	3,49	0,3073
TRIGLICÉRIDES (mg/dl)	2,858	10,857	6,857	8,375	6,750	12,000	1,21	0,2923
VARIÁVEL	P	Efeito			Equação			r <sup>2</sup>
AST	0,0003	LIN			y=0.32308x+58.17004			0,3285

5 <sup>1</sup>Erro padrão da média; <sup>2</sup>Resultados foram estatisticamente significativos a nível de p < 0,05, <sup>3</sup>ALT=  
6 Alamina aminotransferase, <sup>4</sup>AST= Aspartato aminotransferase. Equação gerada a partir dos  
7 polinômios ortogonais; r<sup>2</sup> = coeficiente de determinação; LIN = efeito Linear;

8 Na tabela 6 estão expressos os resultados da análise de ácidos graxos da carne de frango alimentados com níveis de colina natural e colina sintética. Dados  
9 acompanhados de asterisco diferem do Teste de Dunnet, comparando - se as  
10 medias da fonte sintética, a 5% de probabilidade.

12 Para a variável ácido graxo C16:0 palmítico (p=0,0002), foi encontrada  
13 diferença significativa apenas para o nível de 150 g/T de colina natural, onde  
14 apresentou níveis maiores que o tratamento com fonte sintética e os demais  
15 tratamentos. Quando comparado apenas os tratamentos com colina natural e sem  
16 adição de colina, a variável C16:0 Palmítico apresentou cum comportamento não  
17 linear conforme regressão cúbica, apresentando ponto de mínima de inclusão de  
18 colina natural de 76 g/T, e um ponto de máxima inclusão de colina natural de 232  
19 g/T.

20 Para a variável C16:1 palmitolênico, foram encontradas diferenças  
21 significativas (p=0,0033), onde o tratamento com inclusão de 75 g/T de colina

1 natural apresentou níveis maiores do que a fonte sintética de colina. Quando  
2 comparada apenas os tratamentos com colina natural e sem adição de colina, a  
3 variável C16:1 palmitolênico apresentou um comportamento não linear conforme  
4 regressão cúbica, apresentando um ponto de máxima de 69 g/T e mínima de 229  
5 g/T. Indicando que há um efeito da colina natural sobre a produção deste deste  
6 ácido graxo.

7 Para a variável C18:1 oleico W9, foram encontradas diferenças  
8 significativas apenas para o tratamento sem adição de colina, este apresentando  
9 níveis menores do que todas os tratamentos com a fonte natural a fonte sintética.

10 Para variável Saturados, foram encontradas diferenças significativas para  
11 os tratamentos sem inclusão de colina, que apresentou o menor índice em relação  
12 ao sintético, e para o tratamento com 150 g/T de colina natural. Quando analisados  
13 apenas os tratamentos com sem adição de colina e colina natural, a variável Ácidos  
14 graxos saturados apresentou um comportamento não linear conforme regressão  
15 cúbica, onde encontramos um ponto mínimo de inclusão de colina natural de 89  
16 g/T, e um ponto de máxima de inclusão de colina natural de 240 g/T.

17 Para a variável ácidos graxos insaturados, foram encontradas diferenças  
18 significativas para os tratamentos sem adição de colina e 150 g/T de colina natural,  
19 ambos apresentando índices menores que o tratamento com a fonte sintética.  
20 Quando avaliados apenas os tratamentos com colina natural comparado ao sem  
21 adição de colina, a variável apresentou um comportamento não linear conforme  
22 regressão cúbica, também apresentando um ponto de mínima inclusão de colina  
23 natural de 89 g/T, e um ponto de máxima de inclusão de colina natural de 240 g/T.

1                   Para os ácidos graxos monoinsaturados, foram encontradas diferenças  
 2                   significativas para os tratamentos sem adição de colina e com adição de 150 g/T de  
 3                   colina natural, ambos apresentando índices menores do que o tratamento com  
 4                   colina sintética. Quando comparado apenas os tratamentos com adição de colina  
 5                   natural em sem adição de colina, a variável monoinsaturada, apresentou um  
 6                   comportamento quadrático, apresentando um ponto máximo de inclusão de colina  
 7                   natural de 165 g/T.

8                   Para a variável ácidos graxos insaturado/saturado, foram encontradas  
 9                   diferenças significativas para os tratamentos sem adição de colina e com adição de  
 10                  150 g/T de colina natural, onde ambos os tratamentos apresentaram índices  
 11                  menores do que o tratamento com fonte sintética. Quando comparados apenas os  
 12                  tratamentos com colina natural e sem adição de colina, a variável apresentou um  
 13                  comportamento não linear conforme regressão cúbica, não apresentando um ponto  
 14                  de máxima ou mínima, mas sim um comportamento monótono, sempre crescendo  
 15                  suavemente conforme o aumento da inclusão de colina natural na dieta.

Variável	Inclusão Colina						EPM	P
	0	75	150	225	300	sintético		
C12:0 LÁURICO	0,128	0,135	0,131	0,127	0,131	0,127	0,001	0,2315
C14:0 MIRÍSTICO	0,346	0,353	0,350	0,350	0,355	0,351	0,001	0,5840
C16:0 PALMÍTICO	27,420	26,897	27,508*	27,197	27,260	27,053	0,046	0,0002
C18:0 ESTEÁRICO	8,108	8,034	7,978	7,993	8,031	8,007	0,015	0,2615
C16:1 PALMITOLEICO W7	4,955	5,320*	4,828	5,063	5,037	4,951	0,038	0,0033
C18:1 OLEICO W9	43,300*	43,611	43,545	43,573	43,481	43,773	0,042	0,0375
C18:2 LINOLEICO W6	13,981	14,003	13,990	14,008	14,008	14,015	0,007	0,7978
C18:3 LINOLÊNICO W3	0,886	0,857	0,881	0,870	0,870	0,878	0,003	0,3081
C20:4 ARAQUIDÔNICO W6	0,841	0,851	0,831	0,848	0,825	0,841	0,004	0,4831
SATURADOS	36,036*	35,417	35,968*	35,668	35,777	35,540	0,053	0,0018
INSATURADOS	63,936*	64,582	64,031*	64,331	64,222	64,460	0,053	0,0018
MONOINSATURADOS	48,255*	48,931	48,373*	48,637	48,518	48,725	0,052	0,0008
POLINSATURADOS	15,708	15,688	15,701	15,693	15,703	15,735	0,012	0,9214
ÔMEGA - 6	14,822	14,793	14,776	14,823	14,833	14,856	0,015	0,7307

INSATURADO/SATURADO	1.775*	1,823	1.780*	1,803	1,795	1,813	0,004	0,0018
POLINSATURADO/SATURADO	0,436	0,442	0,435	0,44	0,439	0,442	0,000	0,0522
ÔMEGA - 6/ÔMEGA - 3	16,732	17,261	16,791	17,051	17,066	16,919	0,078	0,4106
Proteína (g/100g)	19,211	19,05	19,095	19,043	19,153	19,206	0,027	0,286
Lipídios (g/100g)	3,603	3,605	3,585	3,617	3,602	3,612	0,008	0,9121
Colesterol (mg/100g)	118,87	118.30*	118,29	118,86	118,67	118,64	0,051	0,0002
Variável	Efeito	p			Equação			$r^2$
C16:0 PALMÍTICO	Cub	0,0038	$y= -0.000000158794x^3+0.00007349x^2-0.00843x+27.372$					0,1504
C16:1 PALMITOLEICO W7	Cub	0,0109	$y=0.0000001255347x^3-0.00005618x^2+0.00596x+499114$					0,1266
SATURADOS	Cub	0,0315	$y= -0.000000155985x^3+0.00007714x^2-0.01006x+35.98978$					0,1432
INSATURADOS	Cub	0,0315	$y= -0.000000155985x^3+0.00007714x^2-0.01006x+64.01022$					0,1432
MONOINSATURADOS	Qua	0,0475	$y=-0.0000099x^2+0.00327x+48.38620$					0,0761
INSATURADOS/SATURADOS	Cub	0,0312	$y=0.00000001217681x^3-0.000000602x^2+0.00078353x+1.77902$					0,1422
Colesterol (mg/100g)	Qua	0,0014	$y=0.00001563x^2-0.00454x+118.74874$					0,1772

1

## 2 DISCUSSÃO

3 A colina vegetal possui uma alta biodisponibilidade podendo ter  
 4 desempenho equiparado ao cloreto de colina, significando que ambas fontes  
 5 sejam eficazes na absorção, nesse caso, resulta em uma semelhante utilização de  
 6 nutrientes promovendo ganhos de peso e conversão alimentar (GODOI, 2022).

7 Após o nascimeto, os pintinhos absorvem o restante do vitelo da gema, que  
 8 possui uma alta reserva de colina (Farina et al, 2017). Petrolli et al. (2021), explica  
 9 que a gema contém aproximadamente 6.800 mg kg<sup>-1</sup> de colina, o que pode ser  
 10 suficiente para atender às necessidades iniciais dos pintos. Isto pode ser aplicado  
 11 ao fato de não obter diferenças significativas nos desempenhos das aves no  
 12 período de 1 a 7 dias neste estudo. Resultados que corroboram com os achados no  
 13 estudo de Petrolli et al. (2021), que avaliando o desempenho dos frangos de corte  
 14 alimentados com diferentes níveis de cloreto de colina e de colina vegetal não  
 15 observaram diferenças significativas no mesmo período.

16 As dietas utilizadas para este estudo eram ricas em aminoácidos sulfurados

1 (metionina+cistina). A metionina pode ajudar a compensar parcialmente a falta  
2 de colina, especialmente em dietas ricas em milho e soja, pois ambas possuem  
3 interligações metabólicas atuando como doadores de metil, através da metilação,  
4 convertendo betaina em homocisteina (Nelson e Cox, 2014). Dessa forma, mesmo  
5 que as dietas fossem consideradas deficientes de colina, o alto nível de  
6 aminoácidos sulfurados pode ter compensado a deficiência, evitando que a  
7 suplementação de colina resultasse em um aumento expressivo no desempenho  
8 (Bernardes et al., 2024). Isto pode justificar os resultados obtidos para a variável  
9 peso vivo no período de 1 a 21 dias, onde mesmo a colina vegetal sobressaindo a  
10 colina sintética, ambas não foram melhores que o tratamento sem adição de colina  
11 (p=0,0034).

12 Quando comparado apenas os tratamentos com colina, a colina natural com  
13 níveis de até 150 g/ton apresentaram resultados melhores que a colina sintética  
14 para a variável peso vivo nas fases de 1 a 21, 1 a 35 e 1 a 42 dias. O que contraria  
15 com os achados por Calderano et al. (2015), que avaliando diferentes níveis de  
16 cloreto de colina e fonte de colina vegetal nos períodos de 1 a 21 e 1 a 42 dias não  
17 obtiveram diferenças significativas dos parâmetros de desempenho entre os  
18 diferentes níveis de cloreto de colina e fonte vegetal de colina nas dietas (P>0,05).

19 Por ser formada basicamente por fosfatidilcolina, a colina natural possui  
20 maior afinidade com os receptores do intestino, tornado-a mais digestível e por  
21 isso com maior biodisponibilidade do que o cloreto de colina (Farina et al., 2017).  
22 A colina pode atuar como doador de metil, através da conversão da betaina em  
23 metionina, esta por sua vez, é um aminoácido essencial para desenvolvimento  
24 muscular atuando na síntese muscular, resultando em um aumento de peso  
25 corporal e de cortes (Molitoris et al. 1976).

1 Esse fator pode ser associado ao aumento do Peso de Dorso ( $p=0,0114$ ) em  
2 frangos alimentados com 300 g/ton de colina natural. No estudo de Lima et al.  
3 (2024), foi investigado o efeito da suplementação de colina, comparando fontes  
4 sintéticas e naturais (*Acacia nilotica* e *Curcuma longa*) em diferentes dosagens.  
5 Entre as características de carcaça avaliadas, o peso do dorso apresentou  
6 resultado significativo ( $p=0,0251$ ), sugerindo que a suplementação com uma fonte  
7 de colina natural teve um impacto positivo. Segundo Zhang et al. (2018), a  
8 suplementação com curcumina pode potencializar o desempenho do crescimento  
9 de frangos de corte. Além disso, os polifenois e curcuminóides, fitoconstituintes  
10 presentes na colina natural, atuam na modulação dos genes hepáticos que são  
11 responsáveis pelo metabolismo e catabolismo de gordura e lipogênese  
12 (Marimuthu et al., 2022).

13 Nesse cenário, Lima et al. (2024), destacaram que essa modulação pode  
14 elevar a disponibilidade de energia a nível muscular, favorecendo uma utilização  
15 mais eficiente das gorduras. Assim, a suplementação de colina natural  
16 demonstrou ser mais eficaz quando comparada ao cloreto de colina, apresentando  
17 um melhor desempenho, particularmente no que diz respeito ao peso vivo e à  
18 qualidade da carcaça.

19 No entanto, o presente estudo contradiz os achados de Khosravinia et al.  
20 (2015), os quais analisaram o desempenho de frangos de corte que receberam  
21 diferentes níveis de cloreto de colina e colina vegetal, não observando diferenças  
22 significativas no rendimento de carcaça. Os resultados deste estudo ressaltaram a  
23 importância da suplementação de colina, mostrando que a colina natural pode ser  
24 mais eficaz do que a colina sintética, especialmente quando se utiliza a inclusão de  
25 300 g/ton, que apresentou resultados significativos.

1 Foi observado que, a princípio, os níveis de colesterol diminuíram até  
2 atingir um ponto mínimo, 145 g/ton de inclusão de colina, após esse ponto, os  
3 níveis de colesterol tenderam a se elevar novamente com o aumento contínuo da  
4 colina. No estudo conduzido por Rahnama et al. (2019), foram avaliados os efeitos  
5 da suplementação dietética de lecitina e colina, tanto isoladamente quanto em  
6 diferentes combinações, sobre diversos parâmetros de frangos de corte. A  
7 pesquisa indicou que a suplementação de colina nas dietas de frangos de corte  
8 resultou em uma diminuição significativa ( $p < 0,05$ ) do colesterol total no soro,  
9 sugerindo que a suplementação de colina pode ter um efeito  
10 hipコレsterolemiant, reduzindo não apenas o colesterol total mas também as  
11 frações de LDL e VLDL, enquanto aumenta a fração de HDL. Conforme afirmaram  
12 O 'Doherty et al. (1973), a colina facilita a absorção e eliminação dos perfis de  
13 gordura no jejuno, além de ser crucial para a formação normal de quilomícrions.

14 A alta porcentagem de aminoácidos sulfurados na dieta (Metionina +  
15 Cisteína) podem alterar o desempenho da colina, uma vez que ambos possuem  
16 ligações metabólicas compensando uma a outra (Nelson e Cox, 2014). Esta interação  
17 pode acarretar na não utilização da colina a deixando em excesso no organismo. Em  
18 níveis elevados, a colina vegetal pode ter problemas equivalentes ao cloreto de  
19 colina, onde apenas um terço do cloreto de colina é absorvido no lúmen intestinal,  
20 enquanto os dois terços restantes são convertidos em trimetilamina, um composto  
21 tóxico o qual é absorvida pela corrente sanguínea e pode impactar o metabolismo  
22 hepático, inibindo a atividade da enzima flavina monooxigenase 3, e atuar nos  
23 tecidos causando danos celulares (Al Waiz et al., 1987). Estes danos podem estar  
24 diretamente ligados ao aumento da Aspartato aminotransferase, como encontrado  
25 neste estudo ( $p=0,0113$ ), onde os tratamentos com colina natural obtiveram um

1 aumento de forma linear conforme o aumento da dosagem.

2 A Aspartato aminotransferase (AST) é um marcador enzimático que  
3 juntamente com a Alamina aminotransferase (ALT) indicam o nível de atividade  
4 celular muscular e hepática, que encontradas acima do nível de 240  $\mu$  por ml de  
5 sangue pode indicar problemas hepáticos e musculares. A ALT e a AST destacam-se  
6 como as transaminases mais cruciais para o diagnóstico clínico de diversas  
7 alterações metabólicas (Coles, 1974).

8 Os lipídios da carne são em sua maioria compostos principalmente por  
9 triglicerídeos e fosfolipídios, que contêm ácidos graxos saturados, ácidos graxos  
10 monoinsaturados (MUFAs) e PUFAs (Jaturasitha et al., 2016). A inclusão de 150  
11 g/ton de colina natural nas dietas de frangos de corte resultou um aumento  
12 significativo do ácido palmítico (C16:0). Este ácido é conhecido por ser  
13 hipercolesterolêmicos, pois reduz a atividade dos receptores hepáticos da LDL,  
14 podendo aumentar o risco de dislipidemias e arterosclerose (Fernandes et al.,  
15 2009).

16 Os ácidos graxos monoinsaturados (AGM) presentes na carne de frango  
17 incluem o ácido palmitoleico (C16:1 w7) e o ácido oleico (C18:1 w9). Foi observado  
18 apenas o C16:1 w7 e o C18:1 w9 apresentaram diferenças significativas no  
19 tratamento com 75 g/ton de inclusão de colina natural e no tratamento controle  
20 (sem inclusão de colina), respectivamente. A explicação para isso pode ser que  
21 somente nestes níveis de inclusão (0 e 75 g/ton) foi possível estimular a síntese do  
22 C16:1 w7, sem provocar efeitos adversos no metabolismo lipídios das aves.

23 A colina é precursora de fosfatidilcolina (FC), elemento essencial para a  
24 formação da estrutura celular e na composição da membrana das células dos  
25 animais na forma de fosfolipídios (Zeisel, 2012). A fosfatidilcolina é formada por

1    dois ácidos graxos esterificados e a colina (Bona, 2020), desempenhando um papel  
2    crucial em manter a fluidez e a funcionalidade celular. Além disso, contribui na  
3    formação e liberação de lipoproteínas hepáticas, sendo vital para prevenir o  
4    acúmulo de triglicerídeos nos hepatócitos, o que ajuda a evitar a síndrome do fígado  
5    gorduroso (Beterchini, 2006). Os ácidos graxos presentes são reconhecidos por  
6    suas propriedades benéficas à saúde humana. O ácido oleico (C18:1 w9), em  
7    particular, é conhecido por seu efeito hipocolesterolêmico (Scollan et al., 2006;  
8    Fernandes et al., 2009).

9            Os ácidos graxos saturados são frequentemente associados negativamente  
10    em relação à saúde, pois estão relacionados ao aumento do risco de doenças  
11    cardíacas (Damodaran e Parkin, 2019), elevação dos níveis séricos de colesterol e  
12    lipoproteínas de baixa densidade (Ahmed et al., 2015). O tratamento controle (sem  
13    inclusão de colina) apresentou um valor significativamente maior (36,036) em  
14    comparação aos tratamentos com inclusão de colina natural e colina sintética. Neste  
15    contexto, a inclusão de colina natural pode influenciar nos níveis de ácidos graxos  
16    satural de maneira não linear, exibindo variações conforme o nível de inclusão.

17           Os ácidos graxos insaturados são vistos como lipídios bioativos devido à sua  
18    capacidade de reduzir os riscos de diversas doenças. Neste estudo, o tratamento  
19    controle (sem inclusão de colina) apresentou valores significativamente menores  
20    em comparação aos tratamentos com inclusão de 75 e 150 g/ton de colina natural.  
21    Portanto, a inclusão de colina mostrou um efeito significativo e não linear nos níveis  
22    de ácidos graxos insaturados. De acordo com o modelo cúbico apresentado na tabela  
23    X, níveis elevados inclusão de colina podem reduzir esse efeito.

24           Com base nos resultados obtidos sobre os ácidos graxos monoinsaturados,  
25    níveis de inclusão de colina natural apresentam um ponto ótimo de inclusão de até

1 165 g/ton. Nesse nível, a colina estimula a síntese de ácidos graxos  
2 monoinsaturados, promovendo a conversão de ácidos graxos saturados, como C16:0  
3 e C18:0, em ácidos graxos insaturados, como C16:1 w7 e C18:1 w9. Kalouchová et al.  
4 (2015), relataram que os ácidos graxos monoinsaturados têm a capacidade de  
5 diminuir o suposto pool regular de colesterol livre intracelular, promovendo um  
6 aumento na atividade dos receptores de LDL e, assim, reduzindo consequentemente  
7 as concentrações de colesterol no sangue.

8 A relação entre ácido graxo saturado/insaturado (AGs/AGSi) apresentou os  
9 melhores resultados significativos no tratamento controle (sem a inclusão de colina  
10 natural) e no tratamento com 150 g/ton, diferenciando-se dos demais tratamentos  
11 com inclusão de colina e colina sintética. Nesse contexto, uma menor a relação entre  
12 AGs é associada a um perfil lipídico mais saudável para a carne de frango, o que  
13 indica um maior teor de ácidos graxos insaturados (AGSi). Isso reflete em uma carne  
14 mais benéfica à saúde, com maior concentração de ácidos graxos, como o ácido  
15 oleico (C18:1). Contudo, a análise demonstrou uma relação cúbica e não linear,  
16 indicando que determinados níveis de inclusão de colina natural podem ocasionar  
17 em variações nos resultados.

18 A ausência de resultados nos demais parâmetros deste estudo pode estar  
19 ligada diretamente à forma que o estudo foi conduzido, em ambiente totalmente  
20 controlado, não permitindo que as aves tivessem algum desafio. Bem como as  
21 próprias implicações e interações dos aminoácidos na dieta, sendo necessário  
22 estudos relacionados ao metabolismo propriamente dito, como análise de  
23 metabolômica de fígado, carne e sangue, afim de entender melhor a vias metabólicas  
24 afetadas pela inclusão de colina natural, bem como suas implicações na produção  
25 animal.

1 Por fim, torna-se essencial determinar o nível ótimo de inclusão de colina  
2 natural na alimentação de frangos de corte, dado que níveis elevados podem não  
3 trazer benefícios. No entanto, níveis moderados têm demonstrado bons resultados  
4 em desempenho, rendimento de carcaça e perfil lipídico na carne de frango. Nesse  
5 contexto, o estudo sugere que a colina natural pode proporcionar resultados  
6 superiores, podendo substituir o cloreto de colina em sua forma sintética.

7 **CONCLUSÃO**

8 Os resultados deste estudo demonstram que a colina natural apresenta  
9 potencial para substituir o cloreto de colina sintético na alimentação de frangos de  
10 corte, especialmente quando utilizada em níveis moderados. A inclusão de até 150  
11 g/ton de colina natural promoveu melhorias significativas no desempenho  
12 produtivo, rendimento de carcaça e perfil lipídico da carne, sem comprometer a  
13 qualidade da carne ou os parâmetros bioquímicos sanguíneos.

14 No entanto, níveis elevados de colina natural (acima de 225 g/ton)  
15 mostraram efeitos adversos, como redução no peso vivo e aumento de marcadores  
16 hepáticos, indicando possíveis riscos metabólicos. A relação entre ácidos graxos  
17 saturados e insaturados também evidenciou que níveis moderados de colina natural  
18 favorecem um perfil lipídico mais saudável na carne de frango.

19 Diante disso, torna-se essencial a definição de um nível ótimo de inclusão  
20 de colina natural, que maximize os benefícios zootécnicos e nutricionais sem  
21 comprometer a saúde das aves. Estudos futuros com foco em metabolômica e  
22 desafios sanitários podem aprofundar a compreensão das vias metabólicas  
23 envolvidas e consolidar o uso da colina natural como alternativa viável e segura na  
24 produção avícola.

25  
26 **Referências bibliográficas**

- 1 Ahmed, S.T.; Islam, M.D.M.; Bostami, A.B.M.R.; Mun, H-S.; Kim, Y-J.; Yang, C-J. 2015.  
2 Meat composition, fatty acid profile and oxidative stability of meat from broilers  
3 supplemented with pomegranate (*Punica granatum* L.) by-product. *Food*  
4 *Chemistry*, 188: 481-488. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.04.140>
- 5 Al-Waiz, M.; Ayesh, R.; Mitchell, SC.; Ilde, J.R.; e Smith, R.L. 1987. Trimethylaminuria  
6 (fish-odour syndrome): an inborn error of oxidative metabolism. *Lancet*.  
7 14(1):634-635. 10.1016/s0140-6736(87)90280-7
- 8 Bernardes, R.D.; Borges, S.O.; Petrolli, T.G.; Pagnussatt, H.; Castro, L.P.; Miranda,  
9 J.V.S.; Valentin, J.K.; Gomes, K.M.; Calderano, A.A. 2024. Suplementação de fontes  
10 vegetais de fosfatidilcolina: efeito no desempenho e características de carcaça de  
11 frangos de corte. *Ciência Animal Brasileira*. 25:7930.  
12 <https://doi.org/10.1590/1809-6891v25e-79307E>
- 13 Bona, D. 2020. Biocolina vegetal em substituição ao cloreto de colina na nutrição  
14 de poedeiras. Dissertação (M.Sc.). Universidade do Estado de Santa Catarina.  
15 Chapecó.
- 16 Calderano, A.A.; Nunes, R.V.; Rodrigues, R.J.B.; e César, R.A. 2015. Replacement of  
17 choline chloride by a vegetal source of choline in diets for broiler. *Ciência Animal*  
18 *Brasileira* 6(1):37-44. <https://doi.org/10.1590/1089-6891v16i127404>
- 19 Castilho, V. A. R.; Komiya, C. M.; Burbarelli, M. F. C.; Fernandes, A. M.; Garcia, R.  
20 G.; Seno, L. O.; Barbosa, D.K.; Przybulinski, B.B.; e Serpa, F. C. 2023. Precision  
21 technologies for predictive diagnosis and study of the allometric growth of broiler  
22 chickens with breast myopathies. *British Poultry Science* 64(2):204-213.  
23 10.1080/00071668.2022.2128989
- 24 Coles, E.H. 1974. Liver function. *Veterinary clinical pathology*. 2nd ed. Philadelphia:  
25 Saunders.
- 26 D'Souza, P.; Selvam, R. Evaluation of polyherbal formulation in broilers fed high  
27 energy diet: Implications on zootechnical parameters, fat accretion, and serum L-  
28 carnitine levels. *Journal of Advanced Veterinary and Animal Research*,  
29 Mymensingh, 9 (1): 166-174, 2022. DOI: 10.5455/javar.2022.i581

- 1 Duarte, F.D. Efeito das fontes lipídicas em dietas para frangos de corte sobre  
2 desempenho, rendimento e composição da carcaça. 2007. Dissertação (Mestrado  
3 em Zootecnia). Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, MG, p. 46.
- 4 Farina, G.; Kessler, A. M.; Ebling, P. D.; Marx, F. R.; César, R.; Ribeiro, A. M. L. 2017.  
5 Performance of broilers fed different dietary choline sources and levels. Ciência  
6 Animal Brasileira, 18:1-14. <https://doi.org/10.1590/1089-6891v18e-37633>
- 7 Fernandes, A.R.M.; Sampaio, A.A.M.; Henrique, W.; Oliveira, E. A de.; Oliveira, R.V.;  
8 Leonel, F.R. 2009. Composição em ácidos graxos e qualidade da carne de tourinhos  
9 Nelore e Canchim alimentados com dietas à base de cana-de-açúcar e dois níveis de  
10 concentrados. Revista Brasileira de Zootecnia, 38 (2): 328-337. DOI:  
11 <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009000200016>
- 12 Fietz, C.R., Disch, G.F., Comunello, e., Flumignan, D.L. 2017. O Clima da Região de  
13 Dourados, MS. Embrapa Agropecuária Oeste, Documentos, 138. 3, 1-34.  
14 <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1079733/1/DO>  
15 C2017138FIETZ.pdf
- 16 Godoi, L.L 2022. Desempenho e parâmetros sanguíneos de leitões em fase de  
17 creche recebendo duas fontes distintas de colina na dieta. Trabalho de Conclusão  
18 de Curso. Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.
- 19 Gregg, C.R.; Hutson, B.L.; Flees, J.J.; Lowman, Z.S.; Estes, K.A.; Starkey, J.D.; Starkey,  
20 C.W. 2023. Evaluation of increasing concentrations of supplemental choline  
21 chloride on modern broiler chicken growth performance and carcass  
22 characteristics. Animals. 13(9):1445. <https://doi.org/10.3390/ani13091445>
- 23 Grupta, M.; Mondal, T.; Lokesha, E.; Parthasarathi, B.C. 2019. 'Bio choline' – An  
24 alternative to synthetic choline in broiler production. International Journal of  
25 Livestock Research, 9 (4): 1-9. DOI:  
26 <https://doi.org/10.5455/ijlr.201810150630589>
- 27 Hamm, R. 1960. Biochemistry of meat hydratation. Advances in Food Research,  
28 [https://doi.org/10.1016/S0065-2628\(08\)60141-X](https://doi.org/10.1016/S0065-2628(08)60141-X)

- 1 Honikel, K.O. 1987. Influence of chilling on meat quality attributes of fat glycolysing  
2 pork muscles. In: Tarrant, P.V.; Eikelenboom, G. eds. Evaluation and control of  
3 meat quality in pigs. Current Topics in Veterinary Medicine and Animal Science.  
4 [https://doi.org/10.1007/978-94-009-3301-9\\_21](https://doi.org/10.1007/978-94-009-3301-9_21)
- 5 Igwe, I.; Okonwo, C.; Uzoukwu, U. e Onyenenegecha, C. 2015. The effect of choline  
6 chloride on the performance of broiler chickens. Annual Research & Review in  
7 Biology 8(2):1-8. 10.9734/ARRB/2015/1937
- 8 Jaturasitha, S.; Chaiwang, N.; Kayanb, A.; Kreuzer, M. 2016. Nutritional strategies to  
9 improve the lipids composition of meat, with emphasis on Thailand and Asia. Meat  
10 Science, 120: 157-166. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.04.014>
- 11 Khosravinia, H.; Chethen, P.S.; Umakantha, B.; e Nourmohammadi, R. 2015. Effects  
12 of Lipotropic Products on Productive Performance, Liver Lipid and Enzymes  
13 Activity in Broiler Chickens. Poultry Science Journal 3(2):113-120.  
14 10.22069/PSJ.2015.2648
- 15 Kolouchová, I.; Sigler, K.; Schreiberová, O.; Masák, J.; Rezanká, T. 2015. New yeast-  
16 based approaches in production of palmitoleic acid. Bioresource Technology, 192:  
17 726-734. DOI: 10.1016/j.biortech.2015.06.048
- 18 Komiyama, C. M.; Mendes, A. A.; Takahashi, S. E.; Moreira, J.; Borba, H. B. A.; Leonel,  
19 F.R.; Roça, R.O.; Almeida, I.C.L.P.; e Balog Neto, A. 2009. Qualitative characteristics  
20 of products produced with pale and normal broiler chicken meat. Food Science and  
21 Technology 29:38-45. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612009000100007>
- 22 Kuttappan, V.A.; Brewer, V.B.; Apple, J.K.; Waldroup, P.W. e Owens, C.M. 2012.  
23 Influence of growth rate on the occurrence of white striping in broiler breast filets.  
24 Poultry Science 91(10):2677-2685. 10.3382/ps.2012-02259
- 25 Lima, M.R. de.; Kaneko, I.N.; Lima, A.V de.; Melo, L.N de.; Lima, M.C de.; Brito,  
26 A.N.E.F de.; Costa, F.G.P.; Vilas Boas, A.D.C.; Toledo, A.L.; Ferrer, S.L.; Marimuthu, S.  
27 2024. Choline supplementation: Impact on broiler chicken performance, steatosis,  
28 and economic viability from 1 to 42 days. PloS One. 19 (3), e0295488.  
29 DOI: 10.1371/journal.pone.0295488

- 1 Malau-Aduli, A.E.O. Siebert, B.D.; Bottema, C.D.K.; Pitchford, W.S. 1997. A  
2 comparison of the fatty acid composition of triacylglycerols in adipose tissue from  
3 Limousin and Jersey cattle. *Australian Journal of Agricultural Research*, 48 (5):  
4 715-722. DOI: <https://doi.org/10.1071/A96083>
- 5 Marimuthu, S.; Suresh, S.; D'Souza, P. 2022. Identification of lipid regulatory genes  
6 modulated by polyherbal formulation in chicken liver tissues using transcriptome  
7 analysis. *Journal of Advanced Veterinary and Animal Research*, 9 (3), 432. DOI:  
8 <https://doi.org/10.5455/javar.2022.i611>
- 9 Molitoris B.A, Baker D.H. 1976. Choline utilization in the chick as influenced by  
10 levels of dietary protein and methionine. *The Journal of Nutrition*. 106:412–418.  
11 <https://doi.org/10.1093/jn/106.3.412>
- 12 Mudalal, S.; Babini, E.; Cavani, C.; e Petracci, M. 2014. Quantity and functionality of  
13 protein fractions in chicken breast fillets affected by white striping. *Poultry Science*  
14 93(8):2108-2116. 10.3382/ps.2014-03911
- 15 Nelson, D.L.; Cox, M.M. *Princípios de Bioquímica de Lehninger*. 6th ed., Artmed,  
16 Porto Alegre, 2014.
- 17 O'Doherty, P.J.; Kakis, G.; Kuksis, A. 1973. Roles of luminal lecithin in intestinal fat  
18 absorption. *Lipids*, 8 (5): 249-255. DOI: 10.1007/BF02531899
- 19
- 20 Petrolli, T.G.; Petrolli, R.R.; Aniecevski, E.; Facchi, C.S.; Leite, F.; Dal Santo, A.;  
21 Pagnussatt, H.; e Calderano, A.A. 2021. Vegetable choline as a replacement for  
22 choline chloride in broiler feed. *Acta Scientiarum* 43: e53265.  
23 <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v43i1.53265>
- 24 Rahnama, M.; Bouyen, M.; Kadim, I.; Seidavi, A.; Mona, M.M.Y.; Elghandour, P.K.R.;  
25 Monroy, J.C.; Salem, A.Z.M. Effect of dietary inclusion of lecithin with choline on  
26 physiological stress of serum cholesterol fractions and enzymes, abdominal fat,  
27 growth performance, and mortality parameters of broiler chickens. *Animal*  
28 *Biotechnology*, 31 (6): 483-490, 2019. DOI:  
29 <https://doi.org/10.1080/10495398.2019.1622557>

- 1 Rajput, N.; Muhammad, N., Rui, Y.; Xiang, Z.; Wang, T. 2013. Effects of dietary  
2 curcumin supplementation on growth performance, intestinal morphology, and  
3 nutrient utilization of broiler chickens. Japan Poultry Science Association, 50: 44-  
4 52. DOI: <http://www.jstage.jst.go.jp/browse/jpsa> doi:10.2141/jpsa.012006
- 5
- 6 Rasmussen, A.J. e Andersson, M. 1996. New method for determination of drip loss  
7 in pork muscles. p. 286-287. In: Proceedings of the 42nd International Congress of  
8 Meat Science and Technology. Lillehammer.
- 9
- 10 Rostagno, H.S.; Albino, L.F.T.; Hannas, M.I.; Donzele, J.L.; Sakomura, N.K.; Perazzo,  
11 F.G.; Saraiva, A.; Abreu, M.L.T de.; Rodrigues, P.B.; Oliveira, R.F.M de.; Barreto,  
12 S.L.T.; Brito, C.O. 2017. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de  
13 alimentos e exigências nutricionais de aves e suínos. 4<sup>a</sup> ed, Viçosa, MG: UFV.
- 14 Scollan, M.; Hocquette, J.F.; Nuemberg, K.; Dannenberg, D.; Richardson, I.; Moloney,  
15 A. 2006. Innovations in beef production systems that enhance the nutritional and  
16 health value of beef lipids and their relationship with meat quality. Meat Science,  
17 74 (1): 17-33. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.05.002>
- 18 Selvam, R.; Saravanakumar, M.; Suresh, S.; Chandrasekeran, C.V.; D'Souza, P. 2018.  
19 Evaluation of polyherbal formulation and synthetic choline chloride on choline  
20 deficiency model in broilers: implications on zootechnical parameters, serum  
21 biochemistry and liver histopathology. Asian-Australasian Journal of Animal  
22 Science 31(11):1795-1806. 10.5713/ajas.18.0018
- 23 Sihvo, H.K.; Lindén, J.; Airas, N.; Immonen, K.; Valaja, J. E.; Poulanne, E. 2017.  
24 Wooden breast myodegeneration of pectoralis major muscle over the growth  
25 period in broilers. Veterinary Pathology 54(1):119-128.  
26 10.1177/0300985816658099
- 27 Van Laack, R.L.J.M.; Liu, C.H.; Smith, M.O.; Loveday, H.D. 2000. Characteristics of  
28 pale, soft, exudative broiler breast meat. Poultry Science 79(7):1057-1061.  
29 10.1093/ps/79.7.1057
- 30 Zeisel, S.H.A. A brief history of choline. 2012. Annals of Nutrition and Metabolism,  
31 61 (3): 254-258. DOI: 10.1159/000343120

## CAPÍTULO 3: CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo avaliou o desempenho produtivo, rendimento de carcaça, qualidade da carne, perfil lipídico e parâmetros bioquímicos de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de colina natural em comparação ao cloreto de colina sintético. Os resultados indicaram que níveis moderados de colina natural (até 150 g/ton) podem ser utilizados com segurança, promovendo desempenho semelhante ou superior ao da colina sintética, além de favorecer um perfil lipídico mais saudável na carne. No entanto, níveis elevados (225 e 300 g/ton) apresentaram efeitos adversos, como redução no peso vivo e aumento de marcadores hepáticos, sugerindo riscos metabólicos.

A ausência de diferenças significativas em diversos parâmetros pode estar relacionada a fatores como o ambiente controlado do experimento, que não impôs desafios sanitários às aves, limitando a expressão dos efeitos da suplementação. Além disso, a alta reserva de colina presente no vitelo absorvido pelos pintinhos nos primeiros dias de vida pode ter suprido suas necessidades iniciais, mascarando os efeitos da colina suplementar. Outro fator relevante foi a composição nutricional das dietas, ricas em aminoácidos sulfurados como metionina e cistina, que possuem vias metabólicas interligadas com a colina e podem compensar parcialmente sua ausência, reduzindo a resposta à suplementação.

Diante desses achados, recomenda-se a realização de estudos complementares que aprofundem o conhecimento sobre os mecanismos de ação da colina natural. Investigações com enfoque em metabolômica podem esclarecer as vias metabólicas envolvidas, enquanto ensaios sob desafios sanitários permitirão avaliar a eficácia da colina natural em condições menos ideais. Estudos comparativos entre diferentes fontes vegetais de colina, análises de longo prazo sobre saúde hepática e desempenho reprodutivo, bem como avaliações econômicas da substituição da colina sintética pela natural, são fundamentais para consolidar seu uso na produção avícola.

Em síntese, embora a colina natural tenha demonstrado potencial promissor, sua aplicação prática exige cautela quanto ao nível de inclusão e às condições nutricionais e ambientais. O aprofundamento científico sobre suas interações metabólicas será essencial para consolidar seu uso na avicultura moderna.