



## Óleo essencial de *Citrus sinensis* como modulador da morfologia intestinal em frangos de corte

[ *Citrus sinensis* essential oil as a modulator of intestinal morphology in broiler chickens ]

Elisio Marques Almeida Junior<sup>1</sup> , Karine Oliveira Costa<sup>1</sup> , Jéssica Cristina Alvarenga\*<sup>1</sup> , Weslane Justina da Silva<sup>1</sup> , Stéfane Alves Sampaio<sup>1</sup> , Ana Maria Vilas Boas Moraes<sup>1</sup> , Fabiana Ramos dos Santos<sup>1</sup> , Cibele Silva Minafra<sup>1</sup>

1 Instituto Federal Goiano (IFgoiano), Rio Verde, Goiás, Brasil

\*autor correspondente: jnuts75@gmail.com

Recebido: 26 de agosto de 2025. Aceito: 11 de dezembro de 2025. Publicado: 06 de fevereiro de 2026.

Editor: Rondineli P. Barbero

**Resumo:** O presente estudo avaliou os efeitos da suplementação com óleo essencial de *Citrus sinensis*, obtido a partir de resíduos da indústria de suco, sobre a morfologia intestinal de frangos de corte. Foram utilizadas 150 aves da linhagem Cobb, divididas em três tratamentos: controle, antibiótico (200 ppm de amoxicilina) e óleo essencial de laranja (200 ppm). Aos 21 e 42 dias, foram realizadas análises histomorfométricas das vilosidades e criptas das porções do intestino delgado (duodeno, jejuno e íleo). Aos 21 dias as vilosidades e criptas foram maiores no tratamento controle negativo em comparação ao tratamento controle positivo (amoxicilina) e ao com óleo essencial de laranja, enquanto no íleo ocorreu maior altura de vilos no tratamento com óleo essencial, aos 42 dias a suplementação com *Citrus sinensis* promoveu aumento significativo da altura das vilosidades e profundidade de cripta do duodeno e íleo dos frangos e maior profundidade das criptas nessas regiões, em comparação ao grupo controle negativo. No jejuno, não foram observadas diferenças estatísticas entre os tratamentos. A relação vilo/cripta foi superior nos grupos suplementados, indicando melhor funcionalidade absorptiva. O uso do óleo essencial de *Citrus sinensis* melhorou a integridade intestinal e pode ser uma alternativa viável e sustentável na avicultura, promovendo melhor aproveitamento dos nutrientes e valorização de resíduos agroindustriais.

**Palavras-chave:** alternativa; antibióticos; suplementação; valorização; vilosidades.

**Abstract:** This study evaluated the effects of supplementation with *Citrus sinensis* essential oil, obtained from juice industry waste, on the intestinal morphology of broiler chickens. The experiment used 150 Cobb chickens, divided into three treatments: control, antibiotic (200 ppm amoxicillin), and orange essential oil (200 ppm). At 21 and 42 days, histomorphometric analyses of the villi and crypts of the small intestine portions (duodenum, jejunum, and ileum) were performed. At 21 days, villi and crypts were larger in the negative control treatment compared to the positive control treatment (amoxicillin) and the treatment with orange essential oil, while in the ileum, greater villus height was observed in the treatment with essential oil. At 42 days, supplementation with *Citrus sinensis* promoted a significant increase in villus height and greater crypt depth in the duodenum and ileum of the chickens, compared to the negative control group. In the jejunum, no statistical differences were



observed between treatments. The villus/crypt ratio was higher in the supplemented groups, indicating better absorptive function. The use of *Citrus sinensis* essential oil improved intestinal integrity and may be a viable and sustainable alternative in poultry farming, promoting better nutrient utilization and valorization of agro-industrial waste.

**Keywords:** alternative; antibiotics; supplementation; valorization; villi.

---

## 1. Introdução

Com o constante desenvolvimento na cadeia avícola de corte nas últimas décadas, a utilização de alternativas sustentáveis nos sistemas produtivos vem ganhando destaque<sup>(1,2)</sup>. Isso porque, os antibióticos ainda são empregados como promotores de crescimento e no tratamento clínico para tratar infecções causadas por bactérias<sup>(3)</sup>. Porém, o uso constante de antibióticos cria uma pressão que faz surgir bactérias resistentes, fato que preocupa os cientistas, pois representa um risco para a saúde humana e animal<sup>(4, 5)</sup>.

Dentre as diversas alternativas, destaca-se o uso dos óleos essenciais (OEs) são específicos da planta e são responsáveis pelo sabor e fragrância característicos de uma planta, tradicionalmente extraídos de plantas por água fervente e destilação a vapor, os métodos também incluem extração por solvente, extração com CO<sub>2</sub> supercrítico e extração por expressão<sup>(6, 7, 8)</sup>. A utilização de aditivos fitogênicos, como os OEs têm mostrado resultados positivos no desempenho zootécnico dos frangos de corte<sup>(8)</sup>. A melhoria está relacionada à modulação da microbiota intestinal, estímulo à secreção de enzimas digestivas e reforço do sistema imune, resultando em melhor conversão alimentar e ganho de peso<sup>(9)</sup>.

Entre os óleos mais estudados, o óleo essencial de laranja (*Citrus sinensis*) tem ganhado destaque, considerado uma alternativa viável por ser natural, eficaz, livre de resíduos e economicamente acessível<sup>(10,11)</sup>. Os óleos de frutas cítricas possuem efeitos positivos sobre o desempenho, a microbiota intestinal e as propriedades morfológicas do jejuno<sup>(12, 13, 14)</sup>. Além dos benefícios na saúde das aves, os óleos essenciais possuem impacto no desempenho zootécnico<sup>(11)</sup>. Segundo Ren et al.<sup>(15)</sup>, a suplementação com aditivo alimentar fitogênico tende a melhorar efetivamente os índices de qualidade da carne e aumentar o valor agregado pela remodelação da ecologia da microbiota intestinal e modulação do metabolismo glicolítico post-mortem e das vias de peroxidação lipídica desses animais.

Objetivou-se verificar os efeitos morfológicos e funcionais da adição de óleo essencial de *Citrus sinensis* na dieta sobre o duodeno, jejuno e íleo de frangos de corte, abatidos aos 21 e 42 dias de idade.

## 2. Material e métodos

### 2.1 Ensaio biológico

O experimento foi realizado no Setor de Avicultura e no Laboratório de Bioquímica e Metabolismo Animal do Instituto Federal Goiano (IFGoiano), Campus Rio Verde, Goiás. Todos os procedimentos foram aprovados pelo Comitê de Ética para o Uso de Animais, CEUA nº 5622220718 e realizados em conformidade com as diretrizes para o uso de animais em pesquisa.

Antes da chegada do lote tanto no galpão quanto para as baterias, foi realizado a limpeza e desinfecção das instalações (telas, cortinas, piso, área externa, equipamentos) com duração de sete dias, sendo dois para limpeza e cinco para vazio sanitário (em função da instalação não manter criação intermitente) com pulverização de desinfetante a base de amônia quaternária e glutaraldeído.

## 2.2 Criação dos frangos de corte

Foram utilizados 150 pintinhos de um dia, machos, da linhagem Cobb alojados em gaiolas de arame galvanizadas com dimensões 0,90m x 0,60m x 0,45m. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com 3 tratamentos e 5 repetições de 10 aves cada. Os tratamentos foram: Os tratamentos (T) foram constituídos por: T1: Dieta basal - DB (milho + farelo de soja) sem aditivos (controle negativo - CN); T2: DB + 200ppm de amoxicilina, (controle positivo - CP); T3: DB + 200 ppm de óleo essencial da laranja.

Em cada gaiola foi colocado um comedouro e bebedouro tipo calha. As rações e a água foram fornecidas à vontade durante todo o período experimental. Os bebedouros foram limpos duas vezes ao dia ou de acordo com a necessidade com uma esponja e água sanitária. O programa de luz foi de 24 horas, considerando-se a luz natural e artificial e as rações foram preparadas na própria instituição de acordo com as fases (1-7 dias, 8-21 dias, 22-35 dias e na fase de 36-42 dias de vida) seguindo as recomendações nutricionais de Rostagno et al. <sup>(16)</sup>, a seguir na Tabela 1. As médias das temperaturas e umidades relativas máximas e mínimas aferidas durante todo o experimento estão apresentadas na Tabela 2.

**Tabela 1.** Composição centesimal e níveis nutricionais calculados da dieta controle, adicionado de 200 ppm de antibiótico e 200 ppm óleo essencial de *Citrus sinensis*

Ingredientes (g/Kg)	1-7 dias	8-21 dias	22-35 dias	36-42 dias
Milho 7.88 %	55.300	56.020	59.100	66.000
Farelo de Soja 46 %	39.371	37.930	32.000	26.490
Óleo de Soja	0.800	1.700	3.700	2.600
Calcário	2.200	1.120	0.190	0.020
Fosfato Bicálcico	0.065	1.250	2.900	2.780
Premix Vit/Min	1.000	1.000	0.800	1.000
DL-Metionina	0.265	0.220	0.500	0.200
L-Lisina	0.300	0.200	0.300	0.400
L-Treonina	0.194	0.070	0.100	0.070
Sal Comum	0.506	0.490	0.480	0.440
Total	100.000	100.000	100.070	100.000
<b>Níveis Calculados</b>				
Energia Met (Kcal/kg)	3000	3047.119	3155.094	3199.171
Proteína Bruta, (%)	25.310	23.422	20.584	19.014
Lisina dig (%)	1.364	1.262	1.181	1.138
Metionina dig (%)	0.548	0.541	0.779	0.465
Cálcio (%)	1.011	0.882	0.914	0.804
Fósforo disp (%)	0.482	0.351	0.634	0.620
Sódio (%)	0.227	0.219	0.209	0.199

Premix Vitamínico Mineral (Níveis Nutricionais por Kilo de Produto) –Metionina (Min): 300 g/kg, Ferro (Min): 6.000 mg/kg, Cobre (Min): 1.850 mg/kg, Manganês (Min): 16.8 g/kg, Zinco (Min): 14.5 g/kg, Iodo (Min): 330 mg/kg, Selênio (Min) 84 mg/kg, Vitamina A (Min): 1.500.000 UI/kg, Vitamina D3 (Min): 500.000 UI/kg, Vitamina E (Min): 3.600 UI/kg, Vitamina K3 (Min): 240 mg/kg, Vitamina B1 (Min): 300 mg/kg, Vitamina B2 (Min): 1.100 mg/kg, Vitamina B6 (Min): 500 mg/kg, Vitamina B12 (Min) 3.600 mcg/kg, Niacina (Min): 7.000 mg/kg, Pantotenato de Cálcio (Min): 2.000 mg/kg, Ácido Fólico (Min): 320 mg/kg Biotina (Min): 6 mg/kg, Cloreto de Colina (Min): 65 mg/kg. Os tratamentos experimentais foram constituídos por: T1:Dieta basal (DB) sem antibiótico e sem óleo essencial, T2: dieta controle negativo (CN) formado por DB + 200ppm de amoxicilina, e T3: dieta controle positivo – CP formada por DB + 200ppm de óleo essencial da laranja.

**Tabela 2.** Temperatura (°C) e umidade relativa do ar dentro do galpão, em cada fase de produção.

CICLO	TEMPERATURA °C		UMIDADE %	
	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima
21 dias	29.77	18.22	76.00	58.37
42 dias	27.83	17.21	67.50	58.87

### 2.3 Histomorfometria intestinal

No final do experimento aos 21 e 42 dias, foram separadas cinco aves por tratamento, sendo uma por repetição, com o peso de mais ou menos 5 % a média do lote, foram selecionadas e separadas para jejum e após cerca de 8 horas, realizado eutanásia por deslocamento cervical, Método humanitário de abate de acordo com a Portaria 365/2021 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

Os segmentos do intestino com aproximadamente 4,0 cm de comprimento foram cuidadosamente coletados e lavados imediatamente em água destilada, identificados, armazenados em solução de formol a 10 % até a confecção das lâminas. Para a montagem das lâminas, os cortes intestinais foram desidratados em série crescente de etanol, diafanizados em xanol e incluídos em parafina. Após, foram realizados cortes multisseriados de 5 micrômetros de espessura, dispostos em lâmina de vidro, corados em hematoxilina-eosina e cobertos com lamínula de vidro, fixada com bálsamo.

As vilosidades e as criptas do duodeno também foram avaliadas microscopicamente após o abate com metodologia adaptada de Almeida et al. (3). As análises histomorfométricas da mucosa duodenal foram feitas pelas imagens obtidas em aumentos de 4 x com o auxílio de um microscópio ótico e analisadas no programa Software Image-Pro Plus®. As variáveis estudadas foram altura das vilosidades intestinais, profundidade das criptas e a relação vilo/cripta. As medidas das vilosidades foram feitas a partir da região basal coincidente com a porção superior das criptas até ao ápice dos vilos. A profundidade das criptas foi tomada a partir da região basal das vilosidades até a sua delimitação com a muscular da mucosa. Foi utilizado o programa R e o teste de Tukey para a comparação de média.

## 3. Resultados e discussão

Os dados histomorfométricos do intestino delgado (duodeno, jejun e íleo) de frangos de corte de 21 dias de idade são apresentados na Tabela 3.

**Tabela 3.** Histomorfometria do intestino delgado de frangos de corte aos 21 dias de idade alimentados com óleo essencial de laranja: altura das vilosidades, criptas e relação vilo/cripta do duodeno, jejun e íleo.

Trat	Duodeno			Jejuno			Íleo		
	VI (µm)	Cr (µm)	VI/Cr (µm)	VI (µm)	Cr (µm)	VI/Cr (µm)	VI (µm)	Cr (µm)	VI/Cr (µm)
CN	629.40 <sup>a</sup>	68.60 <sup>b</sup>	9.20 <sup>a</sup>	417.80	63.00 <sup>b</sup>	6.66 <sup>a</sup>	253.20	49.80 <sup>b</sup>	5.09 <sup>a</sup>
CP	541.00 <sup>b</sup>	84.20 <sup>a</sup>	6.48 <sup>b</sup>	386.80	80.80 <sup>a</sup>	4.79 <sup>b</sup>	247.20	62.20 <sup>a</sup>	3.99 <sup>b</sup>
OEs	67.40 <sup>b</sup>	9.30 <sup>a</sup>	7.30 <sup>a</sup>	398.80	68.20 <sup>b</sup>	5.85 <sup>a</sup>	267.80	61.00 <sup>a</sup>	4.42 <sup>ab</sup>
CV	8.810	9.870	9.820	8.800	7.960	9.340	9.100	8.280	10.000
P	0.050	0.005	0.001	0.403	0.001	0.001	0.385	0.003	0.008
EMP	8.608	2.361	0.192	9.101	2.357	0.236	6.029	1.879	0.162

Trat: tratamento, CN: Controle negativo, CP: Controle positivo (amoxicilina), OEs: Óleo essencial, CV: Coeficiente de variação, P: valor p, EPM: Erro padrão da média, VI: altura dos Vilos, Cr:Cripta, VI/Cr: Relação Vilo e Cripta. Médias seguidas de letras minúsculas nas linhas diferem significativamente entre si a 5 % de significância. Médias seguidas das letras ab, significativamente o valor não diferem de um grupo para com o outro em 5 %.

Nos resultados encontrados na tabela 3 para duodeno houve diferença estatística entre os tratamentos, onde para as vilosidades os melhores resultados foram para o tratamento controle e com óleo essencial de laranja, onde para as alturas das vilosidades os melhores resultados foram para controle negativo e com a adição de OE, não diferindo entre si, o controle positivo apresentou altura de vilosidades inferiores aos demais. Para a profundidade de cripta o controle positivo apresentou maior resultado e os OEs apresentaram altura de microvilosidades, profundidade de cripta e relação vilo/cripta semelhantes ao controle negativo, diferindo do controle positivo (amoxicilina), apresentando maior altura de vilosidades e menor profundidade de cripta. Já para a relação vilo/cripta os tratamentos que tiveram o resultado melhor foram o tratamento controle e o com óleo essencial de laranja e o controle positivo foi inferior aos demais.

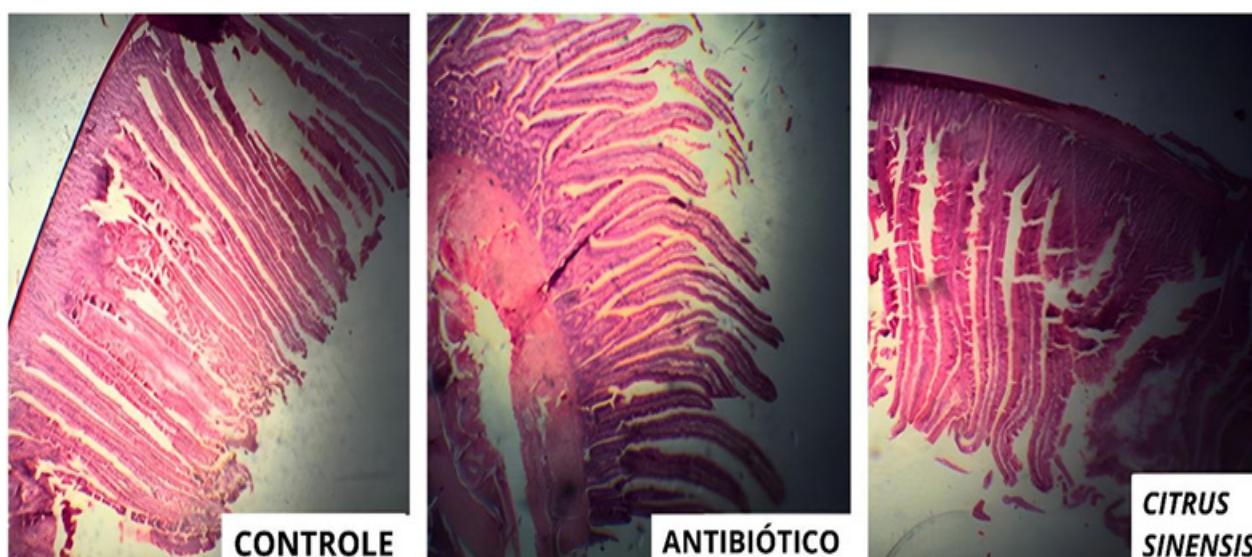
A profundidade das criptas intestinais é um parâmetro amplamente utilizado para a avaliação da saúde intestinal, uma vez que essas estruturas são responsáveis pela renovação dos enterócitos, células fundamentais para a absorção de nutrientes, localizadas nas vilosidades. Criptas mais profundas indicam maior atividade proliferativa e, consequentemente, uma taxa de renovação celular mais elevada. Por outro lado, criptas mais rasas podem sugerir menor eficiência nesse processo. No entanto, o tamanho da cripta deve ser interpretado com cautela, pois também está relacionado à capacidade funcional do tecido intestinal<sup>(23)</sup>.

Já a profundidade das criptas indica a taxa de renovação epitelial, criptas mais profundas sugerem maior turnover celular, enquanto criptas rasas indicam menor atividade proliferativa ou renovação menos eficiente. O equilíbrio entre esses processos define o turnover intestinal, que garante a manutenção do tamanho das vilosidades e, consequentemente, a integridade funcional da mucosa<sup>(17)</sup>. Gilani et al.<sup>(18)</sup>, observaram que criptas profundas foram associadas a maior taxa de renovação epitelial, implicando em melhor digestibilidade da dieta em frangos de corte. Já Nguyen et al.<sup>(19)</sup>, em trabalho identificou correlações positivas entre a razão vilos:cripta (V:C) e populações de bactérias benéficas como lactobacilos, além de melhores indicadores de desempenho produtivo na avicultura moderna.

No presente estudo, os grupos controle negativo e tratado com óleo essencial de laranja apresentaram melhores parâmetros histomorfométricos (maior V:C e integridade mucosa), sugerindo maior eficiência absortiva e saúde intestinal robusta, em acordo com essas evidências recentes. Para Wang et al.<sup>(20)</sup>, a dimensão e a quantidade das vilosidades intestinais estão diretamente relacionadas ao número de células que as constituem. Dessa forma, quanto maior for a densidade celular, maiores tendem a ser as vilosidades e em maior número, favorecendo a eficiência na absorção de nutrientes.

Uma meta-análise realizada por Rocha et al.<sup>(21)</sup>, investigando a suplementação de frangos de corte com diversos óleos essenciais não detectou diferenças significativas na altura das vilosidades ( $p = 0.335$ ) nem na profundidade das criptas ( $p= 0.451$ ) no duodeno, assim como não houve alteração na razão vilos:cripta ( $p = 0.094$ ) indicando que tal intervenção não modificou a arquitetura intestinal.

A figura 1 mostra a histomorfometria do intestino delgado (duodeno) de frangos com 21 dias de idade alimentados com óleo essencial de laranja.



**Figura 1.** Micrografias histológicas do duodeno de 21 dias dos grupos controle, 200 ppm de antibiótico e 200 ppm de óleo essencial de laranja.

No jejuno não houve diferença estatística para tamanho das vilosidades, onde o controle negativo apresentou altura de 417.80 µm, o controle positivo 386.80 µm e o tratamento com óleo essencial 398.80 µm. Para profundidades de cripta o tratamento que obteve maior valor numérico foi com antibiótico e os demais não houve diferença significativa entre si. A relação vilo/cripta dos tratamentos controle negativo e óleo essencial de laranja não diferiram entre si e obtiveram os melhores resultados comparados ao controle positivo.

No presente estudo não foi observado diferença significativa entre os tratamentos no jejuno, entretanto Basir e Togyani<sup>(22)</sup>, relataram um aumento significativo na altura das vilosidades e na profundidade das criptas do jejuno, que pode ser devido à presença de taninos na polpa de limão seca. O comprimento médio das vilosidades e a profundidade média de cripta foram maiores e mostraram melhor morfologia do jejuno no grupo suplementado com resíduos de Citrus a 5 %. Colaborando Xu et al.<sup>(23)</sup>, notaram que a suplementação com ácido tântico pode proteger a camada mucosa do proventrículo, reduzir a atrofia das vilosidades e aumentar o desempenho do crescimento, influenciando positivamente a microbiota intestinal, a morfologia das vilosidades e a função da barreira intestinal.

Hong et al.<sup>(24)</sup>, adicionando dieta com mistura de óleos essênciais (125 ppm incluindo óleo essencial de orégano, anis e casca de frutas cítricas) obtiveram maior altura de vilos no segmento do duodeno, e no segmento do jejuno e do íleo a altura das vilosidades e a profundidade de cripta não foram afetadas. De acordo com o que observamos na literatura, existem muitas controvérsias com relação aos benefícios dos óleos essenciais.

Para Zeng et al.<sup>(25)</sup>, através de sua revisão concluíram que os óleos essenciais são misturas complexas e que fatores como espécie botânica, condições ecológicas, parte da planta utilizada, tempo de colheita e método de extração/storage afetam significativamente sua composição e, por consequência, seus impactos nos animais resultando em efeitos altamente inconsistentes na performance e saúde intestinal.

A figura 2 mostra a histomorfometria do intestino delgado (jejuno) de frangos com 21 dias de idade alimentados com óleo essencial de laranja.



**Figura 2.** Micrografias histológicas do jejuno de 21 dias dos grupos controle, 200 ppm de antibiótico e 200 ppm de óleo essencial de laranja.

No íleo não houve diferença estatística para a altura das vilosidades, enquanto a profundidade de Cripta foi destaque para o tratamento com óleo essencial de laranja e o tratamento com presença de amoxicilina, apresentando-se mais profunda em comparação ao controle negativo, fato que afetou também na relação vilo/cripta, onde o tratamento controle negativo foi maior em comparado ao controle positivo, ficando o tratamento óleo essencial de laranja. Numa relação intermediária em se comparando aos tratamentos controle, tanto o positivo quanto o negativo (tabela 3).

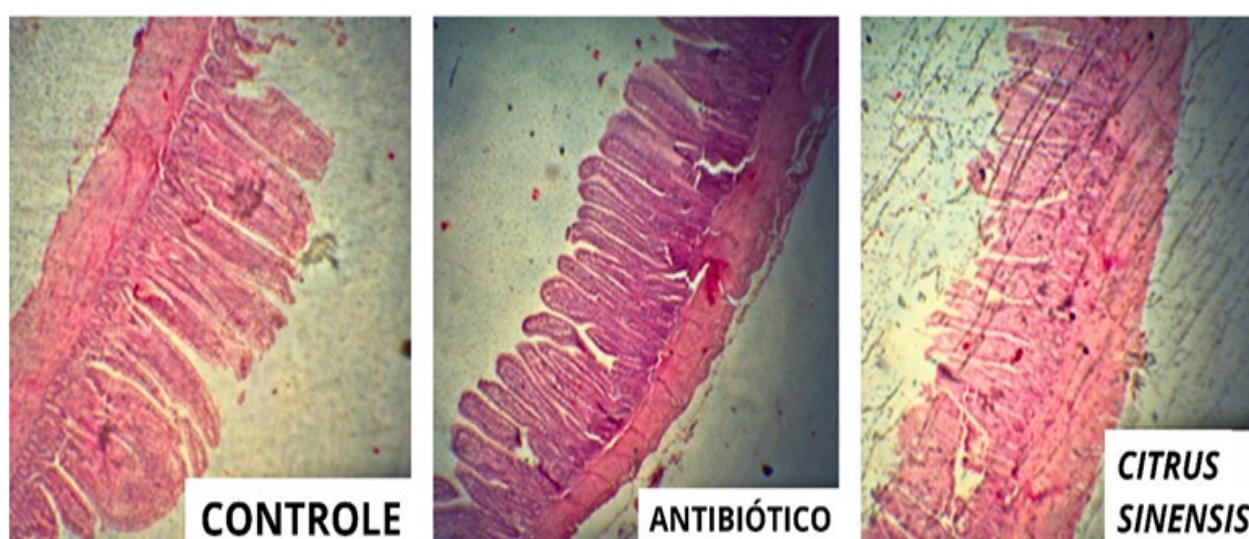
Fascina et al. <sup>(26)</sup>, avaliaram o uso de aditivos fitogênicos, ácidos orgânicos e de antibióticos, na dieta de frangos de corte, e observaram que não ocorreram diferenças no desenvolvimento das vilosidades nos diferentes segmentos do intestino, exceto na altura das vilosidades ileais. Resultado oposto encontrado por Zeechan et al. <sup>(27)</sup>, no qual suplementação de ácido orgânico (ácido cítrico e ácido málico) em combinação com fitogênio (*Origanum vulgare* e, *Cinnamomum verum*) na água potável melhorou o desempenho de crescimento através do aprimoramento da histomorfometria intestinal.

Oyeagu et al. <sup>(28)</sup>, verificaram que frangos de corte suplementados com protease derivada de *Bacillus* mostraram aumentos significativos na altura das vilosidades e redução da profundidade cripta (principalmente no íleo). Esses efeitos foram atribuídos ao aumento nos enterócitos, o que implica maior área de absorção intestinal e melhor absorção de nutrientes, corroborando que quanto maior o número de células epiteliais, maior o potencial funcional da mucosa. A figura 3 mostra a histomorfometria do intestino delgado (íleo) de frangos com 21 dias de idade alimentados com óleo essencial de laranja. Dados histomorfométricos do intestino delgado (duodeno, jejunum e íleo) de frangos de corte de 42 dias de idade são apresentados na Tabela 4.

**Tabela 4.** Histomorfometria das porções do intestino delgado: duodeno, jejuno e controle de frangos de corte alimentados com *Citrus sinensis* aos 42 dias de idade

Trat	Duodeno			Jejuno			Íleo		
	VI (μm)	Cr(μm)	VI/Cr	VI (μm)	Cr (μm)	VI/Cr (μm)	VI (μm)	Cr (μm)	VI/Cr (μm)
CN	509.00 <sup>b</sup>	92.00 <sup>b</sup>	5.55	493.00	85.40	5.78	318.2 <sup>b</sup>	68.2 <sup>b</sup>	4.68 <sup>a</sup>
CP	552.40 <sup>ab</sup>	114.40 <sup>a</sup>	4.92	491.80	78.60	6.34	271.8 <sup>b</sup>	77.6 <sup>ab</sup>	3.52 <sup>b</sup>
OEs	595.00 <sup>a</sup>	112.40 <sup>a</sup>	5.29	479.20	85.80	5.66	377.2 <sup>a</sup>	85.2 <sup>a</sup>	4.44 <sup>a</sup>
CV	6.960	5.950	6.910	7.240	11.000	12.360	9.30	9.400	10.730
P	0.014	0.001	0.052	0.795	0.405	0.329	0.001	0.008	0.004
EMP	13.134	2.977	0.111	8.608	2.361	0.192	13.572	2.494	0.172

Trat: tratamento, CN: Controle negativo, CP: Controle positivo (amoxicilina), OEs: Óleo essencial, CV: Coeficiente de variação, P: valor p, EPM: Erro padrão da média, VI: Vilos, Cr:Cripta, VI/Cr:Relação Vilo e Cripta. Médias seguidas de letras minúsculas nas linhas diferem significativamente entre si a 5 % de significância. Médias seguidas das letras ab, significativamente o valor não diferem de um grupo para com o outro em 5 %.

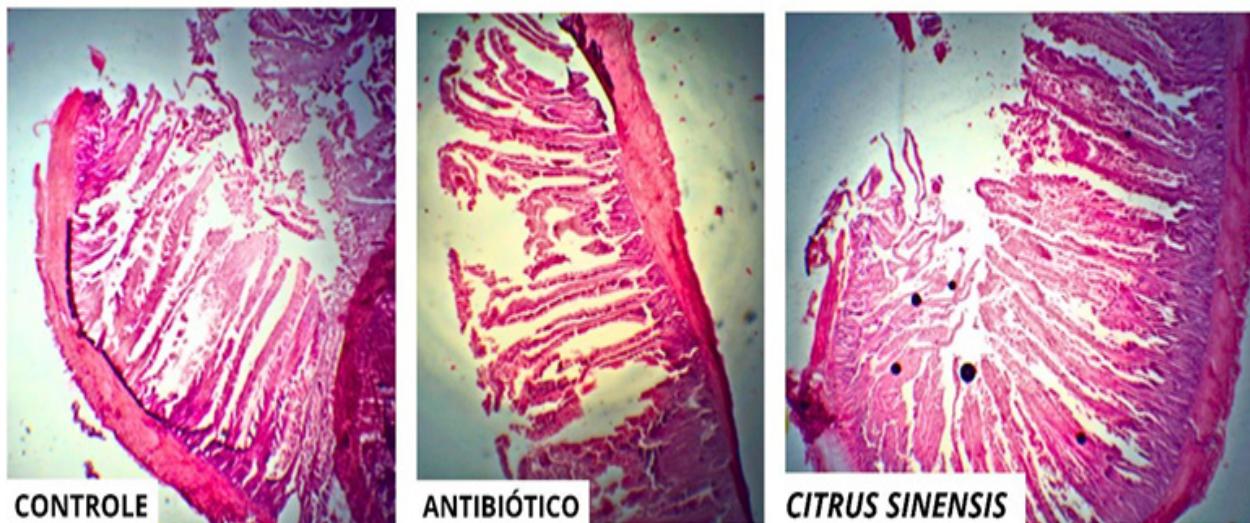
**Figura 3.** Micrografias histológicas do íleo de 21 dias dos grupos controle, 200 ppm de antibiótico e 200 ppm de óleo essencial de laranja.

Nesta porção do intestino delgado nas porções duodeno e íleo houve diferença estatística para a altura das vilosidades, as quais apresentaram-se mais altas no tratamento com óleo essencial e em seguida com o antibiótico amoxicilina em relação ao controle negativo o qual apresentou as menores alturas de vilo. Hosseinzadeh et al. (29), verificaram os efeitos da *Plectranthus ambonicus* óleo essencial (PAE) e alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.) óleo essencial (ROE) de frangos de corte de 1 até 42 dias de idade e constataram ao abate um aumento histomorfológico do duodeno dos animais.

Na avaliação das criptas do duodeno o grupo controle negativo diferiu dos demais obtendo resultado significativamente menor, no íleo a profundidade de cripta foi maior no tratamento com óleo essencial, enquanto no tratamento com amoxicilina foi maior que o do controle negativo e menor que o tratamento que usou óleo essencial, sendo assim a menor profundidade de cripta foi observada no tratamento controle negativo. Porém criptas mais profundas indicam uma reposição mais rápida do tecido para assegurar a renovação das vilosidades, conforme necessário em resposta a descamação natural ou devido à inflamação de agentes patogênicos e suas toxinas (30).

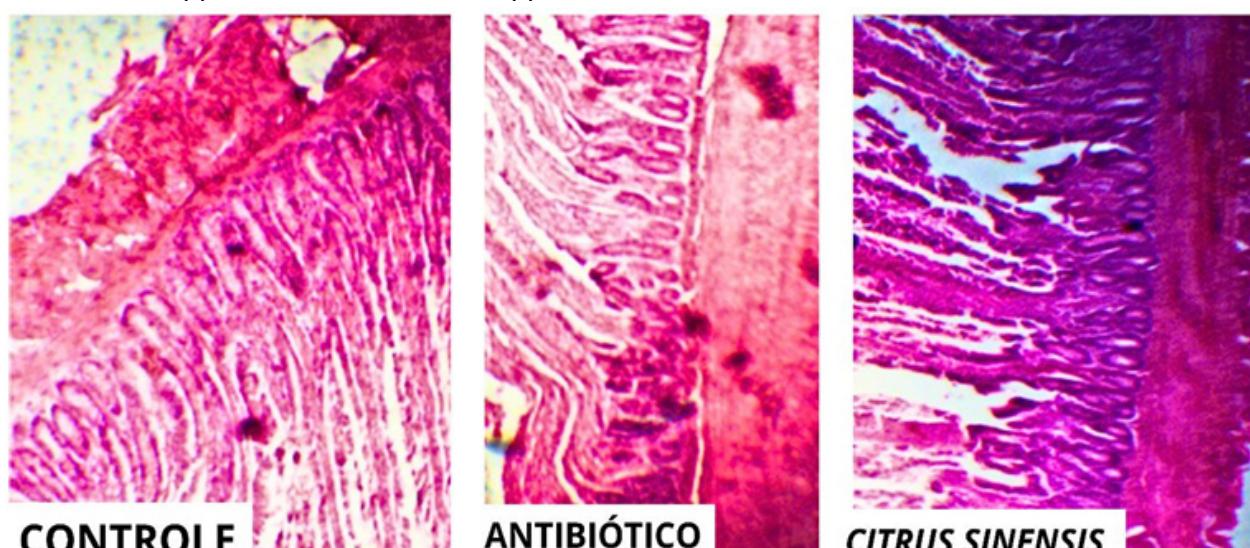
Bondar et al. <sup>(31)</sup>, analisaram a suplementação com pó de *Curcuma longa* (0,5 % e 1 %) na dieta de frango de corte de 42 dias. Os animais apresentaram maior altura das vilosidades duodenais e redução na profundidade das criptas no duodeno que resultou em razão VH:CD (altura das vilosidades e a profundidade das criptas) mais favorável quando comparado ao grupo controle.

A morfologia intestinal está intimamente ligada à capacidade digestiva e à saúde intestinal, especialmente em resposta à suplementação com óleos essenciais. Su et al. <sup>(32)</sup>, observaram que a suplementação com uma mistura de OE (3,05 % timol, 2,3 % carvacrol e 0,26 % cinamaldeído) melhorou o desempenho dos frangos de corte, aumentando a digestibilidade dos nutrientes, aumentando a expressão da proteína de transporte, modulando a morfologia intestinal, melhorando a imunidade e a capacidade antioxidante. Os óleos essenciais à base de Carvacrol e Timol agem sobre a membrana celular bacteriana impedindo sua divisão mitótica, provocando desidratação nas células e impedindo a sobrevivência das bactérias patogênicas <sup>(33)</sup>. A figura 4 mostra a histomorfometria do intestino delgado (duodeno) de frangos com 42 dias de idade alimentados com óleo essencial de laranja.



**Figura 4.** Microvilosidades do duodeno de 42 dias dos grupos controle, 200 ppm de antibiótico e 200 ppm de óleo essencial de laranja

A figura 5 apresenta em destaque as histomorfometria das criptas do duodeno dos grupos controle, 200 ppm de antibiótico e 200 ppm de *Citrus sinensis* 42 dias.



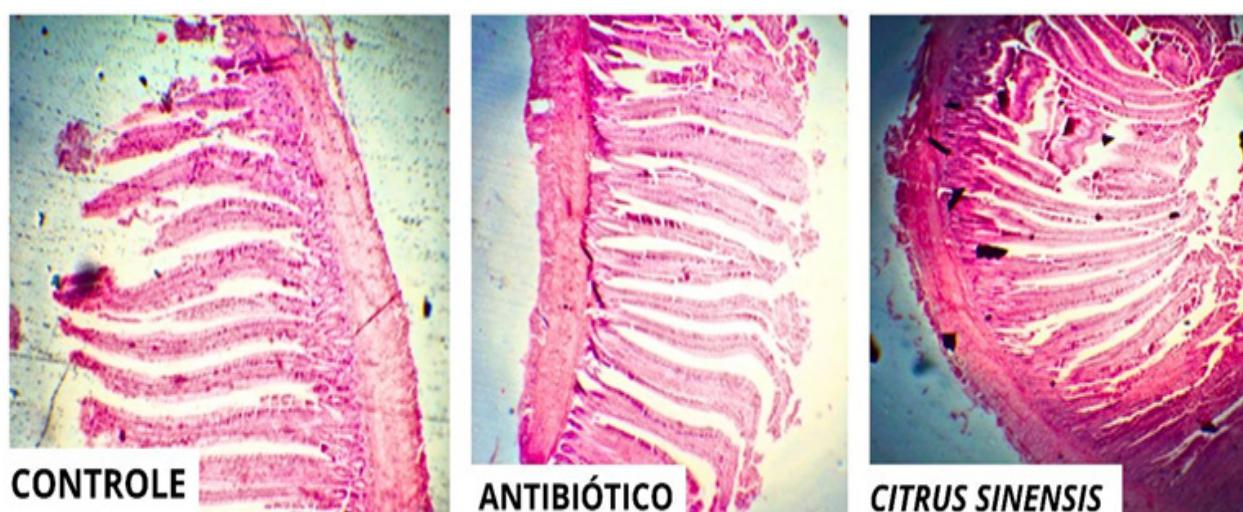
**Figura 5.** Corte histológico das criptas do duodeno de 42 dias dos grupos controle, 200 ppm de antibiótico e 200 ppm de óleo essencial de laranja.

O jejuno é o local de máxima absorção intestinal e digestão de nutrientes, responsável por favorecer o desempenho de crescimento das aves<sup>(34)</sup>. Na porção jejuno não houve diferença, em nenhuma das características avaliadas neste estudo, assim como Vukić-Vranješ et al.<sup>(35)</sup>, onde também não observaram modificações na altura dos vilos e profundidade das criptas do jejuno de frangos de corte aos 42 dias de idade alimentados com uma mistura de óleos essenciais de orégano, anis e Citrus em uma concentração maior (1000 g/t) à utilizada no presente trabalho (200 ppm) em relação ao tratamento com Citrus. Com a utilização de mistura de extratos vegetais Attia et al.<sup>(36)</sup>, não obtiveram uma melhora na morfologia gastrointestinal de frangos de 42 dias de idade.

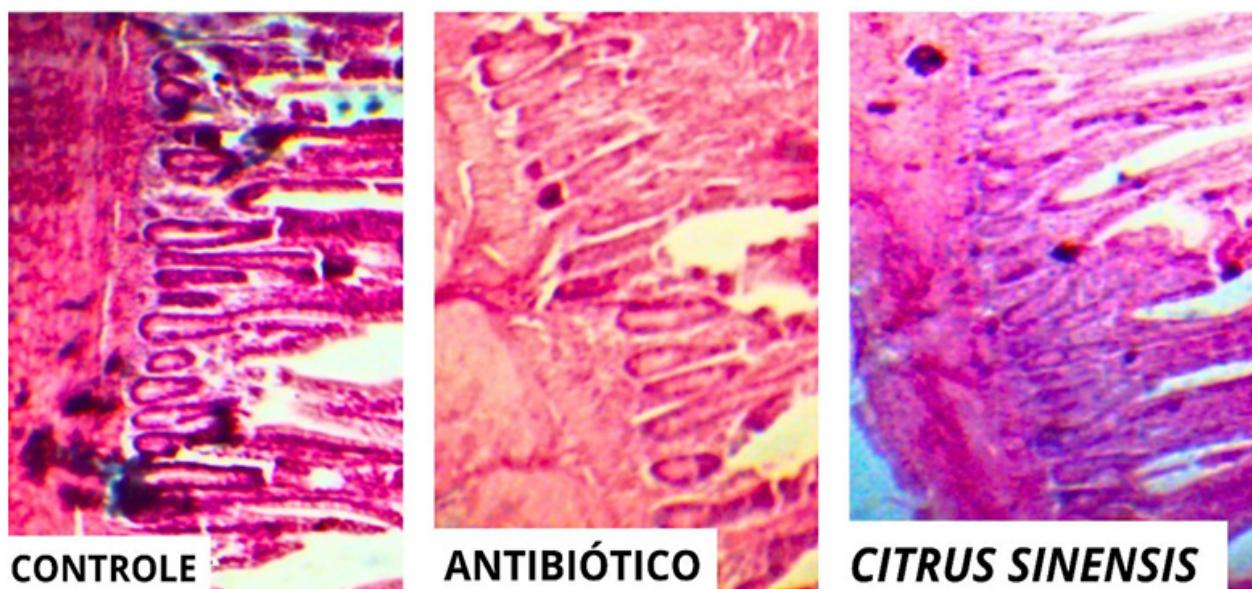
Contribuindo Paschoal et al.<sup>(37)</sup>, ao investigarem o efeito da mistura de óleos essenciais de orégano, alho, limão, alecrim, timol, eucalipto e laranja doce, nas concentrações de 200 ou 300 ppm, observaram que não ocorreu diferença na altura de vilo e profundidade de cripta do jejuno dos frangos de corte, semelhante ao ocorrido neste estudo, onde a adição de OEs não afetou os vilos e criptas da porção jejuno.

Alterações na morfologia da mucosa jejunal, impacta a produtividade do frango uma vez que o jejuno é responsável pela maior parte da absorção intestinal dos nutrientes, sendo interessante quando a utilização de misturas encapsuladas de OEs com o objetivo de impulsionar a eficiência de enzimas digestivas<sup>(38)</sup>.

Ding et al.<sup>(39)</sup>, observaram melhora na saúde intestinal de frangos alimentados com óleo essencial de Capim-limão e Chá-de-pedreste nas doses de 400 a 600 mg/kg, onde a morofolia do intestino apresentou vilosidade maior e criptas menores, segundo os autores este feito mantém a integridade da barreira intestinal e reduz a inflamação. Na figura 6 são apresentadas em destaque as histomorfometria do jejuno dos grupos controle, 200 ppm de antibiótico e 200 ppm de *Citrus sinensis* 42 dias. A figura 7 mostra a histomorfometria das criptas do jejuno de frangos com 42 dias de idade alimentados com óleo essencial de laranja.



**Figura 6.** Microvilosidades do jejuno de 42 dias dos grupos controle, 200 ppm de antibiótico e 200 ppm de óleo essencial de laranja



**Figura 7.** Corte histológico mostrando a profundidade das criptas do jejuno de 42 dias dos grupos controle, 200 ppm de antibiótico e 200 ppm de óleo essencial de laranja

O íleo é a porção final do intestino delgado, realiza absorção de nutrientes e reabsorção de sais biliares. As condições de pH são mais neutras (6,3-7,2) e, há maior produção de muco devido a maior quantidade de células caliciformes nessa região em relação ao duodeno e jejuno<sup>(40)</sup>. Na avaliação das vilosidades do íleo o grupo contendo *Citrus sinensis* foi o melhor estatisticamente que o controle negativo e o com amoxicilina. Para profundidade de cripta, o tratamento com óleo essencial de Citrus e o com antibiótico amoxicilina apresentaram melhores resultados se comparado ao grupo de controle negativo. Na avaliação da relação vilo e cripta, os grupos controle negativo e óleo essencial de Citrus não diferiram entre si, porém foram melhores que o grupo que continha antibiótico amoxicilina.

Em um estudo similar Bona et al.<sup>(41)</sup>, encontraram resultados similar à altura das vilosidades presentes no íleo, 335,04 µm para o composto vegetal a base de óleo essencial de orégano, alecrim, canela e extrato de pimenta vermelha, 249,10 µm para antibiótico avilamicina e 278,19 µm para o grupo controle, resultados inferiores ao grupo de *Citrus sinensis* 377,20 µm avaliado no presente estudo. Frangos de corte tratados com aditivos fitogênicos apresentaram um elevado número de células caliciformes no duodeno.

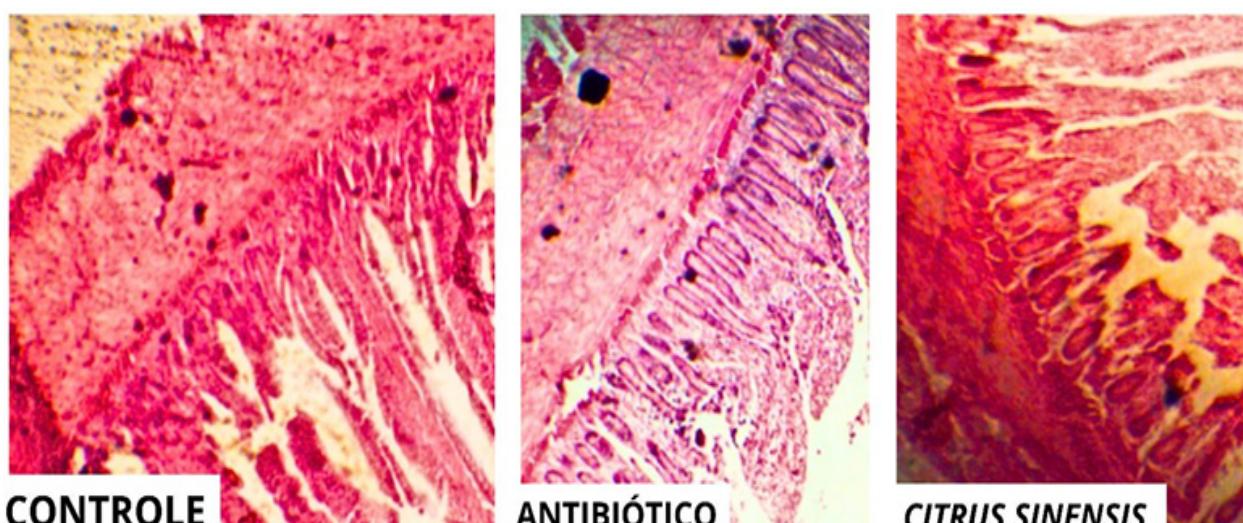
Hong et al.<sup>(24)</sup> ao suplementarem a dieta com uma combinação de óleos essenciais (125 ppm contendo orégano, anís e casca de frutas cítricas), observaram um aumento na altura das vilosidades no duodeno, enquanto nos segmentos do jejun e íleo, tanto a altura das vilosidades quanto a profundidade das criptas permaneceram inalteradas.

Tonazzio et al.<sup>(42)</sup>, utilizaram óleos essenciais e compostos bioativos na dieta de frangos de corte, incluindo ingredientes como cinamaldeído (canela), carvacrol (orégano), timol (tomilho), extrato de eucalipto, oleoresina de pálpica, óleos de caju e mamona, além de aditivos como ácidos orgânicos, cúrcuma, taninos, vitamina E e zinco. Não houve efeito ( $p>0,05$ ) sobre os parâmetros morfológicos (altura das vilosidades profundidade das criptas, relação vilosidade: cripta, área de absorção) intestinais aos 14 e 28 dias de idade, porém houve melhora significativa na saúde intestinal (menor escore de lesões) com o uso aditivos como ácidos orgânicos, cúrcuma, taninos, vitamina E e zinco, o que demonstra que o benefício pode estar mais relacionado à função e integridade da mucosa do que à sua estrutura histológica mensurável.

A figura 8 mostra a histomorfometria do íleo de frangos com 42 dias de idade alimentados com óleo essencial de laranja. A figura 9 apresenta em destaque histomorfometria das criptas do íleo dos grupos controle, 200 ppm de antibiótico e 200 ppm de *Citrus sinensis*.



**Figura 8.** Microvilosidades do íleo dos grupos controle, 200 ppm de antibiótico e 200 ppm de óleo essencial de laranja



**Figura 9.** Micrografias histológicas das criptas do íleo dos grupos controle, 200 ppm de antibiótico e 200 ppm de óleo essencial de laranja.

#### 4. Conclusão

A inclusão de óleo essencial de *Citrus sinensis* na dieta de frangos de corte promoveu melhorias significativas na morfologia do intestino delgado, com aumento da altura das vilosidades e profundidade das criptas nos segmentos duodeno, e íleo refletindo maior capacidade absortiva. A relação vilosidade/cripta foi mais elevada nos tratamentos com óleo essencial de laranja e no grupo controle negativo. Aponta o potencial do óleo essencial de laranja como uma alternativa natural promissora na avicultura de corte, embora mais estudos sejam necessários para aprofundar o conhecimento sobre suas propriedades e mecanismos de ação no organismo das aves.

## Declaração de conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflitos de interesses.

## Declaração de disponibilidade de dados

O conjunto completo de dados que suporta os resultados deste estudo foi publicado no próprio artigo.

## Contribuições do autor

Conceituação: Junior, E. M. e Costa, K. O. Curadoria de dados: Alvarenga, J. C. Análise formal: Sampaio, S. A.

Metodologia: Minafra, C. S. Supervisão: Santos, F. R. e Minafra, C. S. Visualização: Silva, W. J. e Sampaio, S. A.

Investigação: Morais, A. M. V. B. e Santos, F. R. Redação (rascunho original): Junior, E. M. e Costa, K. O. Redação (revisão e edição): Alvarenga, J. C. e Silva, W. J.

## Declaração de uso de IA generativa

Os autores não utilizaram ferramentas ou tecnologias de inteligência artificial generativa na criação ou edição de qualquer parte deste manuscrito.

## Referências

1. Campeol E, Pereira FDO, Mariga GA, Morgan ML, Pedott LAT, Thomazoni L, et al. Ácidos orgânicos: propriedades, métodos de obtenção e aplicações em inovações tecnológicas e sustentáveis. *Rev Perspectiva*. 2025;49(183):17-46. doi: <https://doi.org/10.31512/persp.v49.n.183.2025.465.p.17-46>
2. Al-Garadi MA, Alhotan RA, Hussein EO, Qaid MM, Suliman GM, Al-Badwi MA, et al. Effects of a natural phytogenic feed additive on broiler performance, carcass traits, and gut health under diets with optimal and reduced energy and amino acid density. *Poult Sci*. 2025;104:105014. doi: <https://doi.org/10.1016/j.psj.2025.105014>
3. Brainer MMA, Siqueira BM, Pessoa FOA, Costa PRS, Neto RF. *Salmonella* spp. na criação de frangos: controle e uso de probióticos. *Ciênc Anim*. 2024;34(3):112-a. Disponível em: <https://revistas.uece.br/index.php/cienciaanimal/article/view/14218>. Acesso em: 19 dez. 2025.
4. Repik CF, Lisboa ACLC, Tukasan BC, Giro RJS. A resistência antimicrobiana na produção animal: alerta no contexto da saúde única. *Pubvet*. 2022;16(4):1-6. doi: <https://doi.org/10.31533/pubvet.v16n04a1084.1-6>
5. Mehdi Y, Létourneau-Montminy MP, Gaucher ML, Chorfi Y, Suresh G, et al. Use of antibiotics in broiler production: Global impacts and alternatives. *Anim Nutr*. 2018;4(2):170-8. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2018.03.002>
6. Fonseca KCS, Barros IC, Oliveira AD. Uso de óleos essenciais na indústria alimentícia. *Rev Téc Agroindústria*. 2024;1(2):Artigo 125. Disponível em: <https://revistadaagroindustria.com.br/Pdf/Artigo%20t%C3%A9cnico%20125.2024%20-%20Aur%C3%A9lia.pdf>. Acesso em: 19 dez. 2025.
7. Scapinello J, Souza MA, Paris A, Morgan LV. Aplicação de óleos essenciais em alimentos: uma revisão sobre desafios e perspectivas. *Rev Acta Ambient Catarin*. 2024;21(1):01-20. doi: <https://doi.org/10.24021/raac.v21i1.7740>
8. Bade RN, Silva RTS, Ferrer DMV, Toledo DB. Uso de óleos essenciais como alternativa aos promotores de crescimento antimicrobianos na dieta de frangos de corte. *Rev Med Vet UNIFESO*. 2021;1(02). Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/servicos/entregar-documentacao-de-precos-de-transferencia>. Acesso em: 19 dez. 2025.
9. Al-Garadi MA, Alhotan RA, Hussein EO, Qaid MM, Suliman GM, Al-Badwi MA, et al. Effects of a natural phytogenic feed additive on broiler performance, carcass traits, and gut health under diets with optimal and reduced energy and amino acid density. *Poult Sci*. 2025;104:105014. doi: <https://doi.org/10.1016/j.psj.2025.105014>
10. Soares LCB, Pires AV, Dias PCG, Junior IJD, Assis RG, Baggio M, et al. Efeito do óleo essencial de laranja (*Citrus sinensis*) para novilhos Nelore alimentados com dieta à base de forragem. *Novos Desafios Pesquisa*. 2022;194. doi: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2023.105357>
11. Rodrigues HLS, Benevides VP, Kolososki IMM, Saraiva MM, Souki NPDBG, Barros TA, et al. Effective Control of *Salmonella Enteritidis* in Poultry by Dietary Supplementation with Microencapsulated Essential Oils. *Antibiotics*. 2025;14(6):552. doi: <https://doi.org/10.3390/antibiotics14060552>
12. Almeida JF, Moura CMS, Silva JA, Gois GC. Subprodutos da agroindústria na alimentação de frangos de corte. *Ciênc Aliment Pesq Aplic*. 2024;3:44. doi: <https://doi.org/10.36229/978-65-5866-441-3.CAP.05>
13. Ding A, Hu Y, Yao X, He Y, Chen J, Wu J, et al. Dietary essential oils improves the growth performance, antioxidant properties and intestinal permeability by inhibiting bacterial proliferation, and altering the gut microbiota of yellow-feather broilers. *Poult Sci*. 2022;101:10208. doi: <https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.102087>
14. Erhan M, Bölükbaşı Ş. Citrus Peel Oils Supplementation in Broiler Diet: Effects on Performance, Jejunum Microflora and Jejunum Morphology. *Braz J Poult Sci*. 2017;19(spe):15-22. doi: <https://doi.org/10.1590/1806-9061-2016-0274>

15. Ren J, Ren S, Yang H, Ji P. Efeitos de aditivos fitogênicos para ração no desempenho produtivo, desempenho de abate, qualidade da carne e flora intestinal de frangos de corte de penas brancas. *Vet Sci.* 2025;12(5):396. doi: <https://doi.org/10.3390/vetsci12050396>
16. Rostagno HS, Albino LFT, Hannas MI, Donzele JL, Sakomura NK, Perazzo FG, et al. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 4. ed. Viçosa: Departamento de Zootecnia – UFV; 2017. 488 p. Disponível em: <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=3033799>. Acesso em: 19 dez. 2025.
17. Petrolli TG, Guarnieri PC, Facchi CS, Leite F, Valentim FDA. Taninos e ácido butírico como melhoradores de desempenho para frangos de corte. *Enciclop Biosfera.* 2019;16(29). doi: [https://doi.org/10.18677/EnciBio\\_2019A125](https://doi.org/10.18677/EnciBio_2019A125)
18. Gilani SMH, Rashid Z, Galani S, Ilyas S, Sahar S, Zahoor-UI-Hassan, et al. Growth performance, intestinal histomorphology, gut microflora and ghrelin gene expression analysis of broiler by supplementing natural growth promoters: A nutrigenomics approach. *Saudi J Biol Sci.* 2021;28(6):3438-47. doi: <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.03.008>
19. Nguyen DTN, Le NH, Pham VV, Eva P, Alberto F, Le T. Relationship between the ratio of villous height:crypt depth and gut bacteria counts as well production parameters in broiler chickens. *J Agric Dev.* 2021;20:1-10. doi: <https://doi.org/10.52997/jad.1.03.2021>
20. Wang L, Yan S, Li J, Li Y, Ding X, Yin J, et al. Rapid Communication: The relationship of enterocyte proliferation with intestinal morphology and nutrient digestibility in weaning piglets. *J Anim Sci.* 2019;97(1):353-8. doi: <https://doi.org/10.1093/jas/sky388>
21. Rocha RF, Fidelis PHS, Massuquetto A, Sobrane Filho ST, Araújo MS, Silva CM, et al. Óleos essenciais como estratégia para melhorar a histomorfometria intestinal e o desempenho de frangos de corte: revisão sistemática e meta-análise. *J Agric Sci.* 2024;162(4):404–16. doi: <https://doi.org/10.1017/S0021859624000509>
22. Basir R, Tooghyan M. Efeito de níveis dietéticos de polpa de limão desidratada (*Citrus aurantifolia*) sobre o desempenho, a morfologia intestinal e a imunidade humoral em frangos de corte. *Int J Recycl Org Waste Agric.* 2017;6(2). doi: <https://doi.org/10.1007/s40093-017-0159-5>
23. Xu H, Gong L, Zhang X, Li Z, Fu J, Lv Z, et al. Effects of tannic acid on growth performance, intestinal health, and tolerance in broiler chickens. *Poult Sci.* 2024;104(2):104676. doi: <https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.104676>
24. Hong JC, Steiner T, Aufy A, Lien TF. Effects of supplemental essential oil on growth performance, lipid metabolites and immunity, intestinal characteristics, microbiota and carcass traits in broilers. *Livest Sci.* 2012;144(3):253-62. doi: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2011.12.008>
25. Zeng Z, Zhang S, Wang H, Piao X. Essential oil and aromatic plants as feed additives in non-ruminant nutrition: a review. *J Anim Sci Biotechnol.* 2015;6:7. doi: <https://doi.org/10.1186/s40104-015-0004-5>
26. Fascina V, Pasquali G, Carvalho F, Muro E, Vercese F, Aoyagi M, et al. Effects of Phytogenic Additives and Organic Acids, alone or in combination, on the Performance, Intestinal Quality and Immune Responses of Broiler Chickens. *Braz J Poult Sci.* 2017;19(3):497–508. doi: <https://doi.org/10.1590/1806-9061-2016-0422>
27. Zeeshan M, Zaneb H, Masood S, Ashraf S, Khan I, Rehman HFU, et al. Modulação morfológica de órgãos de frangos de corte em resposta a um composto de ácido orgânico-fitogênio em frangos de corte saudáveis. *Agriculture.* 2022;12:791. doi: <https://doi.org/10.3390/agriculture12060791>
28. Oyeagu CE, Mlambo V, Lewu FB. Histomorphometric characteristics, microbiota, nutrient digestibility, growth performance, carcass characteristics and meat quality parameters of broilers fed diets supplemented with different levels of *Bacillus* protease. *J Appl Anim Res.* 2023;51(1):137-55. doi: <https://doi.org/10.1080/09712119.2022.2161552>
29. Hosseinzadeh S, Shariatmadari F, Karimi Torshizi MA, Ahmadi H, Scholey D. *Plectranthus amboinicus* and rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) essential oils effects on performance, antioxidant activity, intestinal health, immune response, and plasma biochemistry in broiler chickens. *Food Sci Nutr.* 2023;11. doi: <https://doi.org/10.1002/fsn3.3380>
30. Behera DP, Sethi APS, Pathak D, Singh U, Wadhwa M. Effect of Different Levels of Citrus Waste (Kinnow sp.) on Duodenal Morphology of Broiler Birds Without and With Cocktail of Enzymes. *J Anim Res.* 2018;8(5):775-82. doi: <https://doi.org/10.30954/2277-940X.10.2018.6>
31. Bondar A, Slencu B, Popovici I, Solcan C. Effect of Turmeric (*Curcuma Longa*) on Duodenal Structure in Broiler Chickens. *Braz J Poult Sci.* 2023;25(3):eRBCA-2022-1738. doi: <https://doi.org/10.1590/1806-9061-2022-1738>
32. Su G, Wang L, Zhou X, Wu X, Chen D, Yu B, et al. Effects of essential oil on growth performance, digestibility, immunity, and intestinal health in broilers. *Poult Sci.* 2021;100(8):101242. doi: <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101242>
33. Fukayama EH, Bertechini AG, Geraldo A, Kato RK, Murgas LDS. Extrato de orégano como aditivo em rações para frangos de corte. *R Bras Zootec.* 2005;34(6):2316–26. doi: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982005000700018>

34. Aderibigbe A, Cowieson A, Sorbara JO, Adeola O. Intestinal starch and energy digestibility in broiler chickens fed diets supplemented with  $\alpha$ -amylase. *Poult Sci.* 2020;99(11):5907-14. doi: <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.08.036>
35. Vukić-Vranješ M, Tolimir N, Vukmirović D, Colović R, Stanacev V, Ikonić P, et al. Effect of phytonic additives on performance, morphology and caecal microflora of broiler chickens. *Biotechnol Anim Husb.* 2013;29:311-9. doi: <https://doi.org/10.2298/BAH1302311V>.
36. Attia G, El-Eraky W, Hassanein E, El-Gamal M, Farahat M, Hernandez-Santana A. Effect of dietary inclusion of a plant extract blend on broiler growth performance, nutrient digestibility, caecal microflora and intestinal histomorphology. *Int J Poult Sci.* 2017;16(9):344-53. doi: <https://doi.org/10.3923/ijps.2017.344.353>
37. Paschoal EC, Piau RJ, Otutumi LK, Ferreira FA, Slaviero I. Óleos essenciais na dieta de frangos de corte: desempenho, parâmetros bioquímicos e morfometria intestinal. *Enciclop Biosfera.* 2014;10(19):1400-11. Disponível em: <https://www.conhecer.org.br/enciclop/2014b/AGRARIAS/OLEOS%20ESSENCEIAIS.pdf>. Acesso em: 19 dez. 2025.
38. Gao Y, Zhang X, Xu L, Peng H, Wang C, Bi Y. Misturas encapsuladas de óleos essenciais e ácidos orgânicos melhoraram o desempenho, a morfologia intestinal, a microflora cecal e a atividade enzimática jejunal de frangos de corte. *Czech J Anim Sci.* 2019;64(5):189-98. doi: <https://doi.org/10.17221/172/2018-CJAS>
39. Ding A, Hu Y, Yao X, He Y, Chen J, Wu J, et al. Dietary essential oils improves the growth performance, antioxidant properties and intestinal permeability by inhibiting bacterial proliferation, and altering the gut microbiota of yellow-feather broilers. *Poult Sci.* 2022;101:10208. doi: <https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.102087>
40. Stanley D, Hughes RJ, Moore RJ. Microbiota of the chicken gastrointestinal tract: influence on health, productivity and disease. *Appl Microbiol Biotechnol.* 2014;98:4301-10. doi: <https://doi.org/10.1007/s00253-014-5646-2>
41. Bona TDMM, Pickler L, Miglino LB, Kuritza LN, Vasconcelos SP, Santin E. Óleo essencial de orégano, alecrim, canela e extrato de pimenta no controle de *Salmonella*, *Eimeria* e *Clostridium* em frangos de corte. *Pesq Vet Bras.* 2012;32(5):411-8. doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-736X2012000500009>
42. Tonazzo G, Ranna LF, Andrade TS, Pereira MC, Gris B, et al. Misturas essenciais de óleo em dietas de frango de corte sobre desempenho, saúde intestinal e atividade de enzimas antioxidantes. *Semina: Ciênc Agrár.* 2025;46(4):1005-24. doi: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2025v46n4p1005>