



SARA BUSNARDO

**EFEITO DE ÁCIDOS ORGÂNICOS NO DESEMPENHO,
CARACTERÍSTICAS DE CARCAÇA E MORFOMETRIA
INTESTINAL DE FRANGOS DE CORTE**

LAVRAS – MG

2023

SARA BUSNARDO

**EFEITO DE ÁCIDOS ORGÂNICOS NO DESEMPENHO, CARACTERÍSTICAS DE
CARÇA E MORFOMETRIA INTESTINAL DE FRANGOS DE CORTE**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Universidade Federal de Lavras, como parte das
exigências do Curso de Zootecnia, para a obtenção
do título de Bacharel.

Prof. Dr. Antônio Gilberto Bertechini
Orientador

Dra. Andressa Carla de Carvalho
Coorientadora

LAVRAS – MG

2023

SARA BUSNARDO

EFEITO DE ÁCIDOS ORGÂNICOS NO DESEMPENHO, CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA E MORFOMETRIA INTESTINAL DE FRANGOS DE CORTE

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Zootecnia, para a obtenção do título de Bacharel.

APROVADA em 27 de fevereiro de 2023.

Dr. Antônio Gilberto Bertechini	UFLA
Dra. Andressa Carla de Carvalho	UFLA
Dr. Rony Antônio Ferreira	UFLA

Prof. Dr. Antônio Gilberto Bertechini
Orientador

Dra. Andressa Carla de Carvalho
Coorientadora

LAVRAS – MG

2023

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus e à Nossa Senhora, por me guiar e iluminar durante todo o caminho, principalmente nos momentos de dificuldades.

Ao meu orientador Prof. Dr. Antônio Gilberto Bertechini pela amizade, paciência, confiança, incentivo e ensinamentos, sempre me fazendo buscar o melhor de mim.

A minha coorientadora Dra. Andressa Carla de Carvalho, por toda assistência, apoio e conselhos, sempre disposta a ajudar.

Aos meus pais, José e Silmara, por todo amor e confiança depositados em mim. Agradeço aos valores que me ensinaram ao longo da vida, foi o que me manteve firme nos meus objetivos mesmo tão distante de casa.

Ao meu irmão Mateus, por ser minha inspiração e por todo o apoio e carinho de sempre.

Aos meus sobrinhos Catarina e Augusto, por serem minha alegria e por fazerem minha vida mais doce.

Ao Patric, por ser meu maior incentivador, companheiro e sempre acreditar no meu potencial.

Aos amigos e demais familiares pelo carinho e torcida, em especial a minha avó Ana, minha cunhada Sandra e minhas amigas Valéria, Carol, Marcela e Melissa.

Ao NECTA, pela oportunidade de crescimento pessoal e profissional, onde fiz boas amizades.

Ao PET Zootecnia, pela oportunidade de conviver com pessoas incríveis, fazendo minha passagem pela graduação ser mais leve e agradável.

Ao meu tutor Prof. Dr. Rony Antônio Ferreira, pela confiança e ensinamentos ao longo da minha caminhada acadêmica.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), pela oportunidade de realização do curso e pela minha formação profissional.

A todos os professores, funcionários do Departamento de Zootecnia da UFLA e do Centro de Pesquisa e Tecnologia Avícola (CPTA).

Muito obrigada!

“O aprendizado é impossível sem o direito de errar e sem uma longa tolerância para com o estado de dúvida.” (Olavo de Carvalho)

RESUMO

Os ácidos orgânicos constituem uma estratégia eficaz para melhoria da saúde intestinal, além de contribuírem para uma melhor digestibilidade de nutrientes e desempenho produtivo das aves. Nesse viés, esse ensaio foi conduzido com o objetivo comparar o efeito de fontes de ácidos orgânicos na ração sobre o desempenho, características de carcaça e morfometria intestinal em dietas de frangos de corte. Foram utilizados 720 pintos de corte machos Cobb 500[®] com um dia de idade, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado em seis tratamentos com oito repetições de 15 aves em cada unidade experimental. As fontes de ácidos orgânicos foram suplementadas nas concentrações de 250 g/ton de 1 a 21 dias e 125 g/ton de 22 a 45 dias de idade. Os tratamentos foram: T1 (ração basal – sem aditivo), T2 (ração basal + SR130), T3 (ração basal + C4 Powder), T4 (ração basal + Butirex), T5 (ração basal + PH101) e T6 (ração basal + SR130 + PH101). Foram avaliados o desempenho animal, o rendimento de carcaça, a morfometria intestinal e o índice de coloração sérica das aves. A ração basal foi formulada de acordo com os níveis nutricionais recomendados pelo manual de suplementos Cobb 500[®]. Os dados foram submetidos à análise de variância utilizando o teste Tukey ao nível de 5% de significância para comparação das médias dos tratamentos experimentais. Os resultados de desempenho indicaram que o ganho de peso, o consumo de ração e a conversão alimentar das aves não foram afetados ($P>0,05$) pelas diferentes fontes de ácidos orgânicos. Da mesma forma, não foi observada diferença significativa ($P>0,05$) dos tratamentos nas características de carcaça dos frangos. A ausência de desafio sanitário e a utilização da mesma concentração dos ácidos, independentemente da fonte utilizada, podem ter influenciado os resultados. Embora não tenham ocorrido diferenças estatísticas, houve tendência para que as aves que receberam a combinação do SR130 + PH101 apresentassem os melhores valores para ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar, sendo que em condições adversas de criação essa combinação seria indicada. Os dados de morfometria intestinal indicaram que o uso do SR 130 + PH101 permitiu melhor qualidade intestinal das aves ($P<0,05$) em relação ao grupo controle (sem aditivo), demonstrada pela maior coloração sérica na fase inicial de criação, conferindo melhores condições de digestão e absorção dos nutrientes. Nesse sentido, conclui-se que as diferentes fontes de ácidos orgânicos não influenciam o desempenho e as características de carcaça de frangos de cortes, enquanto que a combinação do SR 130 + PH101 permite melhor qualidade intestinal das aves.

Palavras-chave: Ácido Butírico. Aditivos. Aves. Coloração Sérica. Saúde Intestinal.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	8
2	REFERENCIAL TEÓRICO	9
2.1	Utilização de aditivos na nutrição animal.....	9
2.2	Ácidos orgânicos e saúde intestinal.....	10
2.2.1	Ácido butírico.....	14
2.2.2	Ácido láctico.....	17
2.2.3	Ácido fórmico.....	18
2.3	Aditivos comerciais.....	19
3	MATERIAL E MÉTODOS	20
3.1	Local, aves, instalações e equipamentos	20
3.2	Delineamento experimental, tratamentos e medidas avaliadas	20
3.3	Avaliação estatística	23
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
4.1	Desempenho.....	24
4.2	Rendimento de carcaça	26
4.3	Morfometria intestinal e índice de coloração sérica.....	27
5	CONCLUSÃO.....	31
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31

1 INTRODUÇÃO

A avicultura brasileira industrial tem crescido muito nos últimos anos, graças aos incrementos tecnológicos impulsionados pela articulação entre os diferentes agentes da cadeia produtiva, constituindo-se uma grande fonte geradora de empregos. Atualmente, o Brasil ocupa posições de destaque no cenário mundial, sendo o maior exportador e o terceiro maior produtor de carne de frango, atrás somente dos Estados Unidos e China. Ao longo do ano de 2022, as exportações brasileiras de carne de frango, considerando *in natura* e processados, totalizaram recorde histórico com 4,822 milhões de toneladas, superando em 4,6% o total exportado no ano anterior. A receita em dólares alcançou US\$ 9,762 bilhões, desempenho 27,4% maior que o resultado alcançado em 2021 (ABPA, 2023).

O crescimento da área é atribuído, sobretudo, ao aperfeiçoamento de técnicas de manejo, melhoria na sanidade, ambiência, melhoramento genético e nutrição. Dessa forma, alternativas para reduzir os custos e potencializar a cadeia produtiva avícola são necessárias, bem como a criação de ferramentas e medidas para conter possíveis riscos causados pelo consumo de produtos de origem animal. Nesse âmbito, pesquisadores têm buscado alternativas nutricionais do setor avícola, dentre elas, destaca-se a utilização dos aditivos.

Apesar dos números econômicos serem promissores, as aves enfrentam constantes desafios de sanidade que preocupam o setor, como a presença de microrganismos patogênicos que, somada ao aumento da temperatura no Brasil e no mundo, pode afetar ainda mais a produção de frangos de corte. Isso porque condições estressantes, como o estresse calórico, são fatores predisponentes para o desenvolvimento de doenças (CALEFI et al., 2014).

Com o intuito de controlar tais problemas, são utilizadas doses subterapêuticas de antimicrobianos, os chamados antibióticos melhoradores de desempenho (ADM's). No entanto, essa prática recebe fortes críticas em função das consequências do seu uso prolongado e crescente na produção animal, tendo como motivo, a seleção de microrganismos resistentes.

Impulsionados pelas restrições ao uso dessas substâncias outros aditivos alternativos aos melhoradores de desempenho passaram a ser pesquisados e comercializados. Entre as opções existentes, os ácidos graxos de cadeia curta ou ácidos orgânicos são considerados adequados para uso na ração (DAUKSIENE et al., 2021). Dietas contendo esses aditivos agem reduzindo o pH gástrico e o intestinal das aves, aumentando a atividade de enzimas proteolíticas e, como benefício, tem-se a redução das bactérias enteropatogênicas sensíveis a essa condição, como, por exemplo, as *Salmonelas* e a *Escherichia coli* (BERTECHINI, 2021). Além disso, os ácidos

orgânicos têm influência sobre a fisiologia da mucosa, estimulam a secreção pancreática de enzimas, alteram o metabolismo intermediário, entre outros efeitos.

Desse modo, objetivou-se com o presente estudo comparar o efeito de fontes de ácidos orgânicos na ração sobre o desempenho, características de carcaça, morfometria intestinal e índice de coloração sérica em dietas de frangos de corte, no período de criação de 1 a 45 dias de idade.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Utilização de aditivos na nutrição animal

Os aditivos são substâncias adicionadas intencionalmente às rações com o objetivo de modificar, intensificar ou conservar as características químicas, físicas, microbiológicas e sensoriais, desde que não prejudiquem o valor nutritivo. De acordo com a legislação do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), os aditivos são classificados como tecnológicos, sensoriais, nutricionais e zootécnicos (MAPA, 2015).

De forma geral, os aditivos utilizados na nutrição animal têm como principal finalidade modular o ambiente intestinal e promover melhoria do desempenho dos animais, além de possibilitar o aumento da produção sem, necessariamente, aumentar custos, melhoria da qualidade de rações, aumento da oferta de alimentos que atendam à alimentação animal e redução da mortalidade.

Várias são as substâncias utilizadas, sendo os antimicrobianos melhoradores de desempenho o grupo de maior uso nos últimos anos. Observa-se na prática uma melhoria de 4 a 8% no crescimento e eficiência alimentar de aves e suínos com a utilização desses aditivos. Esse efeito, entretanto, é mais expressivo nas fases inicial e de crescimento desses animais, bem como em condições inadequadas de sanidade e balanceamento das rações (BERTECHINI, 2021). Contudo, atualmente há uma crescente preocupação de saúde pública com as consequências do uso prolongado e gradual dessas substâncias na produção animal.

A mobilização mundial para a proibição do uso dos antibióticos em dosagens subterapêuticas nas dietas dos animais alega a seleção de microrganismos resistentes, além de serem tóxicos ou apresentarem risco para o consumo humano pelo resíduo acumulado nos tecidos dos animais (CASTANON, 2007). No Brasil, o Ministério da Agricultura tem trabalhado para se adequar quanto ao uso de certos promotores de crescimento. Em 2007, por exemplo, foi restringido o uso combinado de antibióticos de amplo espectro para este fim (FASCINA, 2021).

No entanto, até o presente momento essa concepção sobre o uso dos antibióticos ainda não tem suporte ao nível científico, uma vez que não se dispõem de dados para realização de análise de risco relativa ao impacto na saúde pública. Neste sentido, opta-se pela adoção do princípio de precaução que acaba por reduzir as chances destes antibióticos representarem risco para o ser humano. Na verdade, segundo Bertechini (2021), a maioria dos antibióticos que eram utilizados como melhoradores possui baixa ou nenhuma absorção e não acumula nos tecidos comestíveis. Em contrapartida, pode haver contaminação do ambiente que poderia criar microrganismos resistentes ao longo do tempo e comprometer a ação dos antibióticos (BLAIR et al., 2015).

Como consequência, a remoção desses aditivos levou a problemas de desempenho animal e ao aumento da incidência de certas doenças. Dessa forma, a fim de contornar esses efeitos negativos e melhorar a saúde e o desempenho animal, novas estratégias e produtos comerciais vêm sendo desenvolvidos com base em segurança, eficácia e custo-benefício (PAPATSIROS et al., 2014). Têm-se então os produtos chamados alternativos, como os probióticos, prebióticos, ácidos orgânicos e os fitoterápicos.

Neste sentido, problemas se tornaram desafios e desafios se transformaram em oportunidades. No entanto, faz-se necessário que os nutricionistas estejam mais atentos às adversidades de cada situação e em comunicação com toda a cadeia avícola para que seja possível orientar sobre quais aditivos e combinações entre eles será mais eficaz.

2.2 Ácidos orgânicos e saúde intestinal

Na área de produção animal o tema saúde intestinal é algo complexo, pois combina nutrição, microbiologia, imunologia e fisiologia (ZAVARIZE, 2022). No caso das aves, o trato gastrointestinal (TGI) abriga uma microbiota permanente e transeunte e, como se não bastasse a sua função nutricional, atualmente são muitos os estudos que demonstram a sua importância também para a imunidade desses animais.

A busca por compreender o sistema gastrintestinal vem ganhando destaque na avicultura, devido à crescente demanda por bem-estar, redução dos impactos ambientais, economia, segurança alimentar e o aumento das restrições ao uso dos antimicrobianos como promotores de desempenho (MORGAN, 2017). Quando esta microbiota está em equilíbrio, acontecem interações que criam um ambiente ideal para a absorção e a digestão. Logo, a diversidade e composição da microbiota são fatores indispensáveis para a estabilidade do equilíbrio intestinal.

Segundo Carrasco et al. (2019) essa microbiota desempenha papel fundamental com relação à manutenção da saúde intestinal, graças à sua capacidade de modular as funções fisiológicas do hospedeiro necessárias para manter a homeostase intestinal, principalmente através da exclusão competitiva de microrganismos prejudiciais e patógenos. Assim, uma microbiota intestinal saudável se traduz em uma melhora no desempenho produtivo das aves.

Morfologicamente, o TGI das aves é dividido em papo, proventrículo, moela, intestino delgado (duodeno, jejuno e íleo), intestino grosso (ceco, cólon e reto) e órgãos glandulares (glândulas salivares, fígado e pâncreas) que não fazem parte do trato, mas secretam substâncias dentro dele. A porção mais longa é o intestino delgado, sendo o jejuno o responsável pela maior área de digestão e absorção dos nutrientes (BERTECHINI, 2021).

Uma das principais características do intestino é a presença de vilosidades e de criptas em sua constituição. Segundo Oriá e Brito (2016), as vilosidades são estruturas que se estendem para o lúmen intestinal e são revestidas por uma só camada de epitélio colunar que contém células terminalmente diferenciadas, compostas pelos enterócitos, células caliciformes e as células enteroendócrinas. Os nutrientes absorvidos pelos enterócitos são conduzidos por vasos sanguíneos presentes dentro das vilosidades. Já as criptas são invaginações epiteliais na mucosa do intestino, responsáveis pelo potencial proliferativo deste tecido. Ambas as regiões, criptas e vilos, possuem especificidades em relação às células e suas funções.

Assim sendo, para que a ave consiga expressar todo seu potencial genético, gerando boa lucratividade, é indispensável que o intestino esteja saudável. Para tanto, os ingredientes utilizados nas rações devem ser devidamente balanceados, passar por um controle minucioso de qualidade e possuir alta digestibilidade para modular a microbiota intestinal, promovendo o bom funcionamento do sistema imunológico da ave (MARCHIZELI, 2022). Além disso, uma estratégia eficaz para modulação da microbiota intestinal é a utilização de aditivos na dietas que apresentem ação direta ou indireta na saúde intestinal, uma vez que contribuem para melhor digestibilidade de nutrientes e desempenho produtivo.

Há vários aditivos disponíveis na cadeia avícola com o objetivo de estabelecer um ambiente intestinal em equilíbrio, de modo que são eficazes em substituir os antibióticos melhoradores de desempenho. Dentre as alternativas de aditivos na criação de aves, os ácidos orgânicos têm se apresentado como uma das principais ferramentas para programas que visam adequar-se ao uso de uma opção para controle de bactérias, ou mesmo à completa retirada dos antibióticos como melhoradores (PAGANO, 2021).

Os ácidos orgânicos constituem grande parte dos acidificantes disponíveis e utilizados a nível comercial, visto que são qualificados como ácidos mais fracos, menos corrosivos e menos tóxicos quando comparados aos ácidos inorgânicos (HERMES, 2011). Existem diferentes tipos presentes no mercado, o que torna importante o conhecimento e clareza do seu real modo de ação, seja na forma livre, tamponado, protegido, líquido, em pó, associado a outros ácidos, ou mesmo a outros princípios ativos (PAGANO, 2021). Assim como os antibióticos, os ácidos orgânicos de cadeia curta também têm uma atividade antimicrobiana específica, porém dependente do pH. Entre eles tem-se o ácido fórmico, o acético, o láctico, o propiônico e o butírico.

De modo geral, a atividade antimicrobiana dos ácidos orgânicos está ligada à sua natureza lipofílica e capacidade de dissociação, visto que ao transpassar a parede bacteriana, entra em contato com o pH neutro citoplasmático e dissocia-se, fazendo com que o pH intracelular acidifique causando uma interrupção da atividade enzimática e no transporte de nutrientes (DIBNER e BUTTIN, 2002). Em outras palavras, a eficiência do ácido na inibição de microrganismos patogênicos é dependente de seu valor de pKa (constante de dissociação), que é o pH no qual metade do ácido está na forma dissociada. Quando o pH luminal é menor que o pKa, os ácidos graxos de cadeia curta são absorvidos mais rapidamente. Além disso, esses ácidos constituem uma boa fonte de energia prontamente disponível para os enterócitos, permitindo manter a integridade da parede intestinal (ZAVARIZE, 2022).

Os segmentos intestinais das aves apresentam médias de pH de 6,4 no duodeno, 6,6 no jejuno e 7,2 no íleo (STURKIE, 1986). Logo, ácidos orgânicos com mais de um pKa ou misturas de ácidos orgânicos com diferentes pKa apresentam dissociação em diferentes pH e podem manter a ação antimicrobiana em maior extensão intestinal (VIOLA e VIEIRA, 2007).

De acordo com Papatsiros et al. (2014), a redução do pH gástrico aumenta a atividade de enzimas proteolíticas e a digestibilidade de nutrientes, além de auxiliar nas secreções pancreáticas e manter o equilíbrio da população microbiana. Por outro lado, Dittoe, Ricke e Kiess (2018) mencionam a incapacidade de os ácidos orgânicos afetarem a porção final do TGI, uma vez que a medida que se movem ao longo do trato digestivo boa parcela são absorvidos e metabolizados. Nesse sentido, estes autores citam o encapsulamento dos ácidos orgânicos como uma solução para este problema, pois quando fornecidos deste modo, além de serem protegidos, os ácidos são liberados gradativamente até atingirem a porção inferior do TGI.

Além dos ácidos livres, muitos dos seus sais – como os sais de sódio, cálcio e potássio – também são viáveis, apresentando como vantagem geralmente um odor mais suave e facilitam

o manuseio durante a fabricação da ração devido à sua forma sólida e menos volátil (SILVA, 2002).

Russo (2011) comenta que o peso molecular dos ácidos também deve ser considerado, ao passo que ácidos de cadeia carbônica mais curta apresentam melhor eficiência nutricional. O autor acrescenta que bactérias gram-negativas têm maior susceptibilidade aos ácidos orgânicos com menos de oito carbonos, enquanto as gram-positivas aos de maior cadeia carbônica. Algumas propriedades dos ácidos orgânicos são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Propriedades de alguns ácidos orgânicos usados nas dietas para aves

Ácido	Fórmula	MM (g/mol)	Densidade (g/ml)	pKa
Fórmico	HCOOH	46.03	1.220	3.75
Acético	HCH ₃ COOH	60.05	1.049	4.76
Propiônico	CH ₃ CH ₂ COOH	74.08	0.993	4.88
Butírico	CH ₃ CH ₂ CH ₂ COOH	88.11	0.958	4.82
Lático	CH ₃ CH(OH)COOH	90.08	1.206	3.83
Fumárico	COOHCH:CHCOOH	116.07	1.635	3.02 4.38
Benzóico	C ₆ H ₅ COOH	122,12	1.266	4.20
Cítrico	COOHCH ₂ C(OH)(COOH)CH ₂ COOH	192.14	1.665	3.13 4.76 6.40

MM, massa molecular

Fonte: Adaptado de Dibner e Buttin (2002) e Silva (2002)

Todos os acidificantes possuem um nível de efeito antimicrobiano, logo têm sido amplamente utilizados como uma medida profilática via rações, a fim de combater os possíveis microrganismos indesejáveis (RAHMAN; FLISS e BIRON, 2022).

Em sua pesquisa, Aljumaah et al. (2020) observaram que a suplementação com mistura de ácidos orgânicos reduziu o número total de *Salmonella typhimurium* em comparação com o grupo controle. Por outro lado, Pickler et al. (2012) encontraram em seus estudos que o uso de ácidos orgânicos reduz a concentração de *Salmonella enteritidis* no papo e ceco, porém são pouco eficazes contra a *Salmonella minnesota*. Pagano (2022) enfatiza ainda que o ácido benzoico em sua composição tem alto poder bactericida em pH neutro.

No que diz respeito à qualidade intestinal, estudos observaram que a administração dos ácidos orgânicos tende a melhorar os parâmetros morfológicos, ou seja, altura das vilosidades e profundidade das criptas (GILANI et al., 2021; RAHMAN; FLISS e BIRON, 2022). O

comprimento das vilosidades está associado à boa saúde intestinal e alta capacidade de absorção devido à maior área de superfície da camada mucosa.

Assim sendo, Xie et al. (2022) demonstraram que os ácidos graxos de cadeia curta promovem a proliferação celular adequada das criptas, aumentando a regeneração e a manutenção dos tecidos. Adicionalmente, Adil et al. (2010) testaram o efeito de múltiplos ácidos orgânicos (ácido butírico, fumárico e láctico) em concentrações variadas, demonstrando influência benéfica no ganho de peso corporal das aves, taxa de conversão alimentar e aumento da altura das vilosidades do duodeno, jejuno e íleo independentemente do tipo e concentração de ácido utilizado. Além disso, Ragaa e Korany (2016) relatam que a aplicação de ácidos fórmico e cítrico aumentou a altura das vilosidades, a profundidade das criptas e melhorou o desempenho de frangos de corte.

Embora muitos efeitos benéficos tenham sido relatados acerca da utilização desses aditivos, vale ressaltar que os efeitos no desempenho dos animais alimentados com ácidos orgânicos dependem não só do seu modo de ação, mas também da idade dos animais, dos ingredientes utilizados na dieta e da real capacidade de reduzir o pH do trato gastrintestinal (RUSSO, 2011). Cada qual, dentro de suas características, deve ser utilizado de maneira adequada, sempre levando-se em conta qual o desafio da produção que está sendo visado, para uma correta recomendação de uso.

É importante destacar que a retirada completa de antibióticos do sistema de produção como melhoradores de desempenho demanda ações em diferentes segmentos, que não estão só relacionadas à nutrição, mas também às práticas de manejo, ambiência e, principalmente, programas eficientes de biossegurança para uma efetiva redução dos desafios sanitários.

2.2.1 Ácido butírico

De nomenclatura oficial ácido butanoico, o ácido butírico é um dos aditivos zootécnicos mais utilizados nas dietas para frangos de corte, estando relacionado no desenvolvimento dos tecidos da parede intestinal, modulação da microbiota, além de contribuir com a melhora da imunidade (DAUKSIENE et al, 2021). É caracterizado por pertencer ao grupo dos ácidos monocarboxílicos, de fórmula molecular $C_4H_8O_2$, saturado, parcialmente solúvel em água, de odor forte e desagradável, volátil, tendo suas moléculas unidas por ligações de hidrogênio.

Embora seja uma molécula simples, a administração de ácido butírico pode ter modos de ação muito complexos e diversos, além de ser um ácido graxo de cadeia curta sintetizado por fermentação microbiana nas aves, principalmente no intestino grosso (KACZMAREK, et

al., 2016; SIZMAZ, et al., 2022). Constitui um dos aditivos alimentares mais eficazes a serem utilizados na nutrição animal, já que promove melhora da saúde intestinal, o que resulta na absorção de mais nutrientes por todo o trato gastrointestinal, sendo utilizado como fonte de energia para os enterócitos (POLYCARPO e BARBOSA, 2021). Ademais, diminui os efeitos dos danos provocados por estresse ou doenças que acometem os frangos de corte (ABDELQADER e AL-FATAFTAH, 2016; SADURNÍ, et al, 2022).

De acordo com Sengupta, Muir e Gibson (2006), o ácido butírico pode influenciar a expressão gênica e a síntese proteica, proporcionando efeito direto na proliferação, maturação e diferenciação das células da mucosa, além do aumento na altura das vilosidades e profundidade das criptas já observadas por outros autores em suínos e aves (GALFI e BOKORI, 1990; LEESON et al., 2005; LEVY et al., 2015), fazendo com que haja ampliação da superfície de absorção dos nutrientes no intestino delgado.

Kaczmarek et al. (2016) destacam que quando administrados por via oral, os ácidos graxos de cadeia curta, como o ácido butírico, são rapidamente absorvidos e metabolizados pelas células da mucosa, tendo início no papo das aves, podendo continuar ao longo de todo trato gastrointestinal, limitando a quantidade de ácido que chega ao intestino delgado. Segundo os autores, este fato acaba por restringir o seu uso prático na produção animal, uma vez que a liberação de ácido butírico em quantidades adequadas no intestino delgado resulta em efeitos positivos na morfologia intestinal, como a redução da colonização de bactérias patogênicas, melhor ação das enzimas digestivas e maior aproveitamento dos nutrientes.

Desse modo, com a finalidade de melhorar a proteção, a biodisponibilidade e a liberação controlada do ácido no trato digestório foi desenvolvida a técnica do microencapsulamento na qual pequenas partículas ou gotículas são envoltas por uma película constituída de carboidratos, celulosas, lipídios ou proteínas, criando pequenas cápsulas esféricas de parede uniforme (JYOTHI SRI et al., 2012). Logo, a tecnologia permite a liberação lenta do ácido após ingestão pelas aves, pois previne a rápida dissociação no trato gastrointestinal superior, de modo que atinja os cecos, sendo melhor absorvido (SMITH et al., 2012).

Estudos demonstraram que a inclusão dietética de ácido butírico protegido tem a capacidade de melhorar a digestão e absorção dos nutrientes (KACZMAREK et al., 2016), reduzir a infecção de *Salmonella Enteritidis* em todo o trato gastrointestinal (FERNÁNDEZ-RUBIO et al., 2009), além de reduzir o catabolismo induzido pelo estresse e a lesão oxidativa dos tecidos de frangos de corte (ZHANG et al., 2011).

A combinação de formas de sal também é capaz de proteger os ácidos graxos da absorção imediata (SADURNÍ et al, 2022) em função da forma sólida e estável em que se apresentam. Além disso, devido ao odor pungente do ácido butírico livre, é muito usado em sua forma de butirato de cálcio ou sódio (VENTURA, 2019).

O butirato de sódio é formado após o ácido butírico ser quelatado pelo mineral sódio (Na^{+2}) e, por ser mais estável, possuir odor menos intenso e promover efeitos positivos no desempenho e na integridade intestinal, é o mais utilizado em dietas para frangos de corte (JIANG et al., 2015 apud POLYCARPO e BARBOSA, 2021). Quando suplementado microencapsulado, age estimulando a absorção de nutrientes e exercendo seu efeito antimicrobiano no intestino ao diminuir o pH e tornar o meio mais ácido.

Lan et al. (2020), ao avaliarem os efeitos do butirato de sódio em frangos de corte notaram melhora no desempenho, visto que as aves aumentaram linearmente o ganho de peso médio diário. Além disso, a suplementação aumentou o comprimento relativo do duodeno, jejuno e íleo, assim como melhorou a estrutura intestinal, aumentando a altura das vilosidades no jejuno e íleo. Além do mais, também impactou no aumento da contagem de células caliciformes no duodeno, jejuno e íleo. Quanto ao butirato de cálcio, os dados de Smith et al. (2012) sugerem uma eficácia melhorada da administração de butirato protegido aos tecidos intestinais em relação ao butirato não protegido.

Uma terceira forma do ácido butírico disponível para utilização é a tributirina, que nada mais é do que o éster composto de ácido butírico e glicerol que reduz a rápida absorção no organismo, permitindo que ele alcance o intestino delgado, onde pode ter efeitos benéficos (SIZMAZ et al., 2022). Para isso, deve ocorrer um processo chamado “esterificação química”, no qual acontece a reação entre o glicerol e o ácido butírico, formando uma molécula estável que evita a dissociação do ácido no trato gastrointestinal superior, liberando-os somente no intestino pela ação das lipases pancreáticas, que quebram as ligações que unem o glicerol ao ácido butírico.

A tributirina é mais palatável do que o butirato desacoplado e, portanto, o consumo de ração é menos afetado (Leeson et al., 2005). Hansen et al. (2021) constataram que o uso de 2.500 ppm de tributirina melhorou a taxa de conversão alimentar e aumentou o ganho de peso corporal de frangos de corte desafiados com oocistos de *E. máxima*.

2.2.2 Ácido láctico

O ácido láctico é um composto orgânico de fórmula molecular $C_3H_6O_3$ produzido pela fermentação de açúcares por muitas espécies de bactérias, principalmente aquelas do gênero *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, *Streptococcus*, *Pediococcus* e *Leuconostoc* (SILVA, 2002). O lactato, que é a forma ionizada deste ácido, também é produzido pelas células musculares, partindo do glicogênio, quando o suprimento de oxigênio é inadequado para suportar a oxidação do piruvato e produção de ATP via metabolismo aeróbico. É caracterizado por apresentar sabor suave, ser inodoro, podendo estar presente naturalmente em vários alimentos de origem microbiana, além de ser o mais antigo entre os conservantes.

A ação antimicrobiana do ácido láctico é diretamente contra bactérias não acidófilas, uma vez que muitos fungos e leveduras podem metabolizá-lo (FOEGEDING e BUSTA, 1991). Segundo Peláez et al. (2012), o ácido pode ser usado como antibacteriano e é mais eficiente quando trabalhado em sinergia com outros ácidos. Dittoe, Ricke e Kiess (2018) afirmam que o ácido láctico pode diminuir o pH do trato gastrointestinal, criando assim um ambiente desfavorável para bactérias patogênicas residentes.

Além do ácido láctico ser produzido no estômago e intestino por processo fermentativo, alguns estudos reconhecem que a suplementação com outros ácidos orgânicos é capaz de aumentar as bactérias lácticas na mucosa intestinal, fomentando assim a concentração de ácido láctico. Ademais, tais bactérias também são capazes de estimular o aumento de células T na mucosa intestinal (PEREIRA et al., 2015). As bactérias lácticas são um grupo de bactérias gram-positivas capazes de converter substratos de carboidratos em ácidos orgânicos, incluindo o ácido propiônico, o fórmico, o acético e o láctico, os quais criam um ambiente hostil para o crescimento de microrganismos patogênicos e deteriorantes (BANGAR et al., 2022).

Viola et al. (2008) avaliando os efeitos da suplementação de acidificantes (láctico, fórmico e acético) na dieta ou água de bebida, concluíram que em comparação a dieta controle, sem adição de antibióticos promotores de crescimento, as dietas suplementadas com acidificantes foram eficientes em melhorar o ganho de peso de frangos de corte.

Estudando o efeito dos ácidos láctico e butírico, isolados e associados, Salazari et al. (2008) verificaram que o uso do ácido butírico isoladamente durante a fase inicial é recomendado, ao passo que na fase de crescimento recomenda-se a utilização dos ácidos láctico e butírico associados como melhoradores de desempenho.

Em relação à saúde intestinal, a inclusão de 2% e 3% de ácido láctico demonstrou resultado positivo no desempenho e aumento da altura das vilosidades no intestino delgado de

frangos de corte (ADIL et al., 2010). Por outro lado, avaliando o uso de combinações de ácidos láctico, fumárico, cítrico e ascórbico em dietas iniciais, notou-se que desempenho de aves com 1 a 21 dias de idade foi melhorado mesmo sem promotor de crescimento, porém não teve efeito na morfologia da mucosa intestinal (MAIORKA et al., 2004).

2.2.3 Ácido fórmico

O ácido fórmico ou ácido metanoico possui fórmula molecular CH_2O_2 e constitui, entre os ácidos carboxílicos, o mais simples. Caracteriza-se por ser corrosivo, de odor pungente e atua conservando os alimentos por acidificação ao criar um ambiente menos favorável para as bactérias. Além disso, o ácido fórmico tem potencial de aumentar a digestibilidade dos nutrientes (GARCÍA et al., 2007; ABDOLLAHI et al., 2020) em função do aumento da atividade enzimática, uma vez que muitas enzimas digestivas são mais ativas em pH mais baixo.

A forma dissociada do ácido fórmico também deve ser considerada, uma vez que estudos com aves e suínos demonstraram que a inibição de *Enterococcus faecium*, *Campylobacter jejuni* e *Campylobacter coli* se correlacionava com a quantidade de ácido fórmico dissociado e não dissociado de acordo com o pH. No entanto, sua eficácia é questionada, pois cepas de *Campylobacter* também são capazes de utilizar o ácido como substrato (BEIER et al., 2018; BEIER et al., 2019; apud RICKE; DITTOE e RICHARDSON, 2020). De acordo com Nikaido (2003), a explicação para o êxito do ácido fórmico contra bactérias patogênicas, como a *Escherichia coli* e a *Salmonella spp.*, é o seu pequeno tamanho molecular e comprimento da cadeia.

Outro ponto relevante é o conceito de proteção do ácido fórmico via encapsulamento, já que oferece um meio potencial para a entrega de mais ácido ao TGI inferior. Além disso, misturas de vários ácidos orgânicos têm sido sugeridas como sendo mais eficazes na melhoria do desempenho das aves do que a administração de ácidos individuais.

Em sua pesquisa, Feye et al. (2021) verificaram que a suplementação de ácido fórmico e de seu sal de sódio em dietas de frangos de corte, independentemente da concentração ser 0,25% ou 0,50%, tem o potencial de aumentar a digestibilidade ileal aparente da lisina no dia 14 e melhorar o desempenho entre a idade de 14 a 28 dias.

Ao analisar os efeitos de um aditivo comercial contendo ácido fórmico, propiônico e acético combinado com cinamaldeído, Markazi et al. (2019) constataram que a suplementação

manipulou a resposta imune e diminuiu a infecção por *Salmonella* em galinhas poedeiras. O cinamaldeído é um produto natural com propriedades anti-inflamatórias e imunomoduladoras, conhecido por regular as respostas do hospedeiro a estímulos bacterianos (OLIVEIRA et al., 2023)

A combinação de ácido fórmico e ácido propiônico em uma concentração total de 2% de inclusão na dieta de pintos de postura com 1 dia de idade, reduziu a taxa de mortalidade e a colonização por *Salmonella pullorum* no papo e cecos, bem como a excreção dessa bactéria. (Al-TARAZI e ALSHAWABKEH, 2003).

Além disso, Ghazalah et al. (2011) verificaram que a suplementação dietética de ácido fórmico em 0,25%, 0,5% e 1% aumenta o peso corporal e melhora a conversão alimentar. Da mesma forma, ao adicionar 0,5% de ácido fórmico na dieta, Ragaa e Korany (2016) encontraram uma melhora no desempenho e na imunidade, sendo eficaz contra espécies intolerantes a ácidos, como *E. coli*, *Salmonella* e contagem de *Clostridium* no ceco das aves.

Por outro lado, Hernández et al. (2007) relataram que 0,5% a 1% de ácido fórmico não influenciou o peso corporal e a conversão alimentar de frangos de corte, enquanto Brzoska, Śliwiński e Michalik-Rutkowska (2013) relataram que o ácido (0,3% a 0,9%) não teve influência significativa no rendimento da carcaça ou na proporção de partes individuais da carcaça.

Quanto à saúde intestinal, García et al. (2007) observaram que os grupos alimentados com dietas contendo ácido fórmico a 0,5% e 1% tinham as vilosidades mais longas em comparação com o grupo controle, porém não houve efeito no rendimento de carcaça das aves aos 49 dias de idade.

2.3 Aditivos comerciais

A variedade de aditivos alimentares disponíveis no mercado tem se expandido ao longo dos anos, reflexo da demanda por aves livres de antibióticos no mundo todo. Entre esses aditivos, as principais alternativas aos antibióticos promotores de crescimento são: prebióticos, probióticos, ácidos orgânicos e fitogênicos. De modo geral, todos possuem o mesmo objetivo, o de estabelecer um ambiente intestinal em equilíbrio, tendo como desafio combiná-los de forma adequada para que possam ser eficientes.

Nos últimos cinco anos, o uso dessas classes de aditivos para rações aumentou 475%, sendo que o volume total utilizado foi dividido em: 39,17% de ácidos orgânicos, 38,68% de fitogênicos e 22,14% pré e probióticos (NOGUEIRA; RONDON e BARBOSA, 2022). Além

disso, observa-se um aumento no uso de outros intensificadores da saúde intestinal e enzimas, como é o caso dos antioxidantes, aditivos anti-salmonela e adsorventes de micotoxinas.

Em relação aos ácidos orgânicos, há uma variedade existente para utilização na indústria animal, sendo que os mais comuns são o butírico, o fumárico, o cítrico, o benzóico e o láctico, os quais normalmente são adicionados nas rações em torno de 0,5 a 1,5% (BERTECHINI, 2021).

No entanto, é de suma importância entender e avaliar o real impacto de cada tecnologia adotada, bem como os efeitos sinérgicos ou antagônicos das diferentes associações de aditivos alimentares em cada condição de produção de frangos de corte. Desse modo, os nutricionistas devem estar mais presentes e em comunicação com toda a cadeia de criação de aves, avaliando o desempenho animal e o retorno econômico das estratégias escolhidas.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local, aves, instalações e equipamentos

O ensaio foi conduzido nas dependências do Centro de Pesquisa em Tecnologia Avícola (CPTA/DATA), localizado na BR 265, Km 344, no município de Lavras, Minas Gerais. Foram utilizados 720 pintos de corte machos Cobb 500[®] com um dia de idade até os 45 dias de idade, no sistema cama, contendo maravalha nova com oito centímetros de espessura. O aquecimento dos pintainhos foi realizado por aquecedores a gás com controle automático de temperatura. O galpão onde as aves foram criadas dispõe de cortinas laterais internas e externas, forro no teto, ventiladores e termômetros para a manutenção e registro da temperatura do ambiente de acordo com a idade, indicada no manual da linhagem. A ração foi fornecida na forma farelada em comedouros tubulares, sendo *ad libitum* ração e água (bebedouros tipo *nipple*) durante todo o período experimental.

3.2 Delineamento experimental, tratamentos e medidas avaliadas

Os animais foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado em seis tratamentos com oito repetições de 15 aves em cada unidade experimental. Os ácidos orgânicos comerciais do presente estudo são amplamente utilizados na avicultura, no entanto os fabricantes não fornecem informações detalhadas sobre os mesmos. A descrição dos tratamentos experimentais encontra-se na Tabela 2.

Tabela 2. Tratamentos experimentais

Tratamento	Definição
1	Ração basal sem adição de ácido orgânico
2	Ração basal + SR130 ¹
3	Ração basal + C4 Powder ²
4	Ração basal + Butirex ³
5	Ração basal + PH101 ⁴
6	Ração basal + SR130 + PH101

¹ Tributirina (granular);

² Glicerídeos de ácido butírico e glicerol (pó);

³ Butirato de sódio protegido (pó);

⁴ Blend de ácido láctico, ácido fórmico e cinamaldeído (pó).

Os ácidos orgânicos foram obtidos de uma empresa comercial que disponibilizou e doou os produtos. A empresa também indicou a dosagem necessária a ser utilizada e os tratamentos foram estabelecidos a partir da substituição do produto ajustando a dieta com material inerte (caulim). As rações experimentais foram definidas de forma que todas as dietas receberam as mesmas concentrações de ácido orgânico (Tabela 3).

Tabela 3. Níveis de inclusão dos produtos comerciais

	1 a 21 dias	22 a 45 dias
Aditivos (ppm)	250 (g/t)	125 (g/t)
SR130 (50%)	500	250
C4 Powder (43%)	581,5	290,75
Butirex C4 (43%)	582,5	291,25
PH101*	1000	1000

* Não há informações detalhadas sobre as concentrações dos ácidos na mistura.

As rações experimentais (Tabela 4) foram formuladas de acordo com os níveis nutricionais recomendados pelo manual de suplementos Cobb 500[®] (2018), sendo adotados ajustes para dietas comerciais comumente utilizadas na produção avícola industrial. As rações foram formuladas para cada fase de criação sendo: inicial (1 a 21 dias), crescimento (22 a 35 dias) e final (36 a 45 dias), a base de milho e de farelo de soja. As rações foram processadas no próprio CPTA/DATA. Todos os macro e microingredientes foram pesados e homogeneizados em misturador próprio de acordo com sua quantidade.

Tabela 4. Composição basal das rações experimentais

Ingredientes	Inicial, 1-21 d	Crescimento, 22-35 d	Final, 36-45 d
Milho 7,88%	60,000	65,455	66,674
Farelo de soja 45%	35,268	28,954	27,172
Óleo de soja	1,188	2,490	3,072
Fosfato bicálcico	1,172	0,842	0,856
Calcário calcítico	0,798	0,828	0,834
Sal iodado	0,402	0,286	0,287
Bicarbonato de sódio	0,101	0,200	0,200
Premix mineral ¹	0,100	0,100	0,100
Premix vitamínico ²	0,100	0,100	0,100
DL- Metionina 99%	0,320	0,287	0,264
L-Lisina 78%	0,248	0,209	0,200
L-Treonina 98%	0,082	0,029	0,022
Salinomicina 12%	0,050	0,050	0,050
Fitase, 10.000 FTU/g	0,010	0,010	0,010
Inerte ³	0,160	0,160	0,160
Composição Nutricional			
Proteína Bruta (%)	21,189	18,659	17,919
EM (kcal/kg)	2950	3100	3150
Cálcio (%)	0,850	0,760	0,760
Fósforo disponível, (%)	0,450	0,380	0,380
Fósforo total (%)	0,555	0,472	0,468
Sódio (%)	0,200	0,180	0,180
Potássio (%)	0,840	0,739	0,711
Cloro (%)	0,399	0,284	0,283
Lisina digestível (%)	1,200	1,020	0,970
Metionina (%)	0,602	0,543	0,512
Met. + Cis. digestível (%)	0,888	0,800	0,760
Treonina digestível (%)	0,792	0,661	0,630
BE (mEq/kg) ⁴	190	190	180

¹ Premix mineral/kg: Cu (10 g); Fe (60 g); I (1.470 mg); Se (360 mg); Mn (70 g); Zn (80 g) e Ca (160 g).

² Premix vitamínico/kg: vitamina A (10.000.000 UI); vitamina D3 (2.000.000 UI); vitamina E (40.000 UI); vitamina B1 (1.860 mg); vitamina B2 (5.000 mg); vitamina B6 (2.490 mg); vitamina B12 (10 mg); vitamina K3 (1.680 mg); ácido pantotênico (15 g); ácido nicotínico (30 g); ácido fólico (1.520 mg); biotina (100 mg) e selênio (970 mg).

³ Inerte: caulim.

⁴ BE: balanço eletrolítico.

No início e ao final de cada fase as aves e sobras de ração foram pesadas para posterior cálculo de consumo de ração médio, ganho de peso médio e conversão alimentar. O consumo de ração foi calculado pela diferença entre a quantidade de ração fornecida no início do período e a sobra no final do período. O ganho de peso foi calculado pela pesagem das aves subtraindo o peso final pelo peso inicial. A mortalidade das aves foi monitorada duas vezes ao dia e,

quando constatada, realizou-se o cálculo para correção da conversão alimentar.

Para a determinação do rendimento de carcaça e cortes comerciais, ao final do período experimental, duas aves representantes do peso médio de cada parcela experimental ($\pm 5\%$) foram selecionadas, pesadas e submetidas a jejum alimentar de oito horas e, então, insensibilizadas por deslocamento cervical, sangradas e evisceradas. A carcaça (sem vísceras, pescoço e pés), a gordura abdominal e as partes separadas da carcaça (peito, coxas, sobrecoxas, asas e dorso) foram pesadas para obtenção dos rendimentos.

O rendimento de carcaça foi calculado em relação ao peso vivo da ave antes do abate $[(\text{Peso Carcaça}/\text{Peso Vivo}) \times 100]$. O rendimento das partes (peito, asas, coxas e sobrecoxas) foram determinados em relação ao peso da carcaça $[(\text{Peso Parte}/\text{Peso Carcaça}) \times 100]$.

Aos 21 e 45 dias de idade uma ave por parcela experimental foi abatida para análise da saúde intestinal. Foram confeccionadas lâminas para avaliação da altura das vilosidades, profundidade da cripta e a relação vilo/cripta na porção média do duodeno, jejuno e íleo. As medidas da altura das vilosidades da ponta da vilosidade à junção vilosidade-cripta e a profundidade da cripta da junção vilo-cripta ao limite inferior da cripta foram registradas como a média de 15 campos para cada amostra.

A histomorfometria de intestino foi avaliada por microscopia de luz de acordo com o método apresentado por Nuñez et al. (1996). Após o abate, uma porção do duodeno, do jejuno e do íleo foi retirada e fixada em formalina ao 10% e, posteriormente, os tecidos foram cuidadosamente embebidos em parafina e cortados através de micrótomo pelo menos em seis secções de cinco μm de espessura. Em seguida, as amostras foram fixadas em lâminas de vidro e coradas com hematoxilina e eosina. As lâminas foram analisadas ao microscópio e as fotos foram tiradas.

A integridade e a capacidade absorptiva da parede intestinal foram observadas por meio da coloração sérica com o uso de cataxantina na ração. A coloração sérica foi realizada com soro em leitura de absorbância em calorímetro ELISA no comprimento de onda de 492 nm.

3.3 Avaliação estatística

Ao final de cada fase e na fase total de criação das aves, os dados foram submetidos à análise de variância (ANAVA) utilizando o pacote estatístico SAS[®] (2002), sendo adotado o teste Tukey ao nível de 5% de significância para comparação das médias dos tratamentos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Desempenho

Os valores médios de desempenho dos frangos de corte submetidos aos diferentes tratamentos experimentais, nas fases de 1 a 21, 22 a 35 e 1 a 45, são apresentados nas Tabelas 5 a 7. O ganho de peso, o consumo de ração e a conversão alimentar das aves não foram afetados ($P>0,05$) pelas diferentes fontes de ácidos orgânicos durante todo o período experimental. Estes resultados já eram esperados no presente estudo, uma vez que a ausência de desafio nutricional ou sanitário e a utilização da mesma concentração do ácido, independentemente da forma utilizada, pode ter influenciado o desempenho das aves, não diferindo do tratamento controle. Neste sentido, as aves tiveram seus requerimentos nutricionais atendidos e encontravam-se em condições de boa higiene.

Tabela 5. Ganho de peso (GP), consumo de ração (CR) e conversão alimentar (CA) de frangos de corte alimentados com diferentes fontes de ácidos orgânicos de 1 a 21 dias

Tratamento	GP (kg)	CR (kg)	CA (kg/kg)
Controle	0,943	1,219	1,29
SR130	0,952	1,225	1,28
C4 Powder	0,909	1,193	1,31
Butirex	0,926	1,213	1,31
PH101	0,931	1,199	1,29
SR130 + PH101	0,967	1,261	1,29
EPM ¹	0,023	0,020	0,012
P-Valor	0,201	0,295	0,121

¹ EPM, erro padrão da média.

Tabela 6. Ganho de peso (GP), consumo de ração (CR) e conversão alimentar (CA) de frangos de corte alimentados com diferentes fontes de ácidos orgânicos de 22 a 35 dias

Tratamento	GP (kg)	CR (kg)	CA (kg/kg)
Controle	1,395	2,357	1,689
SR130	1,424	2,318	1,627
C4 Powder	1,421	2,322	1,634
Butirex	1,481	2,349	1,586
PH101	1,427	2,224	1,558
SR130 + PH101	1,488	2,381	1,600
EPM ¹	0,035	0,058	0,022
P-Valor	0,257	0,175	0,141

¹ EPM, erro padrão da média.

Tabela 7. Ganho de peso (GP), consumo de ração (CR), conversão alimentar (CA) e conversão alimentar corrigida para 42 dias (CAc) de frangos de corte alimentados com diferentes fontes de ácidos orgânicos de 1 a 45 dias

Tratamento	GP (kg)	CR (kg)	CA (kg/kg)	CAc (kg/kg)
Controle	3,295	5,476	1,661	1,519
SR130	3,340	5,407	1,618	1,466
C4 Powder	3,358	5,649	1,682	1,519
Butirex	3,314	5,413	1,633	1,473
PH101	3,284	5,424	1,651	1,501
SR130 + PH101	3,383	5,524	1,632	1,467
EPM ¹	0,043	0,062	0,011	0,029
P-Valor	0,519	0,076	0,564	0,581

¹ EPM, erro padrão da média.

Resultados similares podem ser encontrados na literatura. Wu et al. (2018) não observaram diferença no desempenho de frangos de corte no período de crescimento, de 1 a 21 dias, e durante o período experimental total quando suplementados com 200, 400, 800 e 1000 mg/kg de butirato de sódio ou antibiótico, em relação ao grupo controle (ausência de ácido).

Estudando a imunonutrição de frangos de corte alimentados com um *blend* contendo 40% de ácido lático, 5% de ácido propiônico e 1% de ácido butírico, Silva (2016) verificou aos 42 dias que as aves não desafiadas e aquelas que receberam antibiótico e anticoccidiano nas rações, as variáveis de ganho de peso e consumo de ração se comportaram de modo similar em relação às aves desafiadas com *Eimeria acervulina*, *E. máxima* e *E. tenella* (controle negativo) e aquelas com inclusão de ácidos orgânicos na dieta.

Fresch (2014) também concluiu em seu estudo que a adição de ácidos orgânicos não influencia o ganho de peso, consumo de ração, conversão alimentar, viabilidade e fator de produção de frangos de corte inoculados com *Eimeria acervulina*, aos 21 e 42 dias de idade.

Por outro lado, Kaczmarek et al. (2016) constataram que a inclusão de 300 ppm e 400 ppm de ácido butírico melhorou a conversão alimentar em frangos de corte mesmo na ausência de desafio e criados em cama nova. Da mesma forma, Bortoluzzi et al. (2017) verificaram que a suplementação de 1000 ppm de butirato de sódio não alterou o desempenho de aves não desafiadas, mas recuperou parcialmente a redução no ganho de peso causada pela redução de energia e aminoácidos da dieta. Um estudo meta-analítico de ácidos orgânicos verificou ainda que na ausência de desafio, os ácidos orgânicos melhoraram a conversão alimentar de frangos de corte, apresentando resultados semelhantes aos antibióticos (POLYCARPO et al., 2017).

Analisando o efeito de várias concentrações de ácido butírico protegido no desempenho de crescimento de frangos de corte criados em cama nova e reutilizada, Sizmaz et al. (2022) constataram que as concentrações de 400 e 800 ppm do ácido foram capazes de aumentar o peso corporal em 42 dias em comparação com as aves alimentadas com o controle negativo (sem ácido e cama reutilizada contaminada com esporos de coccídeos).

Embora não tenham ocorrido diferenças estatísticas ($P>0,05$) no presente estudo, houve tendência para que as aves que receberam a combinação do SR130 + PH101 apresentassem os melhores valores para ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar, sendo que em condições adversas de criação essa combinação seria indicada.

Estes resultados concordam com a meta-análise realizada por Polycarpo et al. (2017), que demonstrou que a associação de vários ácidos orgânicos foi capaz de melhorar o desempenho de frangos de corte em condições de desafio, em relação aos ácidos utilizados isoladamente. Segundo estes autores, cada ácido tem sua própria ação de atividade antimicrobiana e, portanto, as misturas de vários ácidos detêm uma ação mais geral, apresentando melhor desempenho nas diferentes condições de criação.

Segundo Freschi (2014), as diferentes respostas com a utilização dos ácidos orgânicos para frangos de corte encontradas na literatura científica, podem ser em razão das diferentes concentrações e princípios ativos utilizados, estado sanitário dos animais, rações e instalações, temperatura ambiente, densidade de criação, linhagem, sexo, níveis nutricionais empregados, entre outros. Além disso, a forma de suplementação, misturada ou não, também parece influenciar os resultados nas pesquisas citadas e no presente estudo.

Assim, pode-se inferir que frangos não desafiados e alimentados com dietas sem aditivo apresentaram desempenho produtivo semelhante ao de aves que receberam suplementação com ácidos orgânicos. Portanto, mesmo na ausência de desafio, as formas protegidas ou o associadas dos ácidos orgânicos comerciais utilizados no presente estudo não foram capazes de melhorar os parâmetros de desempenho dos animais.

4.2 Rendimento de carcaça

De acordo com a Tabela 8, não foram observadas diferenças significativas ($P>0,05$) nas características de carcaça dos frangos quando suplementados com diferentes fontes de ácidos orgânicos comerciais. Portanto, os resultados de rendimento de carcaça, peito, coxa e sobrecoxa e asa foram similares ($P>0,05$) ao tratamento controle aos 45 dias de idade.

Tabela 8. Rendimento de carcaça e cortes de frangos alimentados com diferentes fontes de ácidos orgânicos aos 45 dias

Tratamento	% Carcaça	% Peito	% Coxa e sobrecoxa	% Asa
Controle	70,8	40,8	29,0	10,9
SR130	70,2	41,2	28,4	10,9
C4 Powder	71,4	40,4	29,0	10,4
Butirex	70,2	40,7	29,2	10,9
PH101	71,4	42,1	28,5	10,6
SR130 + PH101	71,8	41,1	28,4	10,4
EPM ¹	0,819	0,542	0,635	0,298
P-Valor	0,7095	0,8734	0,8868	0,6119

¹ EPM, erro padrão da média.

De maneira semelhante ao observado no presente estudo, García et al. (2007) registraram que a suplementação de ácido fórmico a 0,5% ou 1,0% não afetou os rendimentos de carcaça, peito direito e coxa direita de frangos de corte aos 49 dias de idade. Da mesma forma, outros autores observaram que o ácido orgânico a 0,3% ou 0,9% não influenciou no rendimento da carcaça ou na proporção de partes individuais da carcaça (BRZOSKA, ŚLIWIŃSKI e MICHALIK-RUTKOWSKA, 2013).

Por outro lado, Lesson et al. (2005) verificaram que o peso da carcaça e o rendimento da carne do peito foi maior nas aves alimentadas com 0,2% de ácido butírico (com mono, di e triglicerídeo), ao passo que Ragaa e Korany (2016) determinaram que quando frangos de corte Cobb 500 receberam dietas suplementadas com 0,5% de ácido fórmico na dieta, o rendimento, o peso do peito e da coxa melhoraram em comparação com aqueles alimentados com a dieta basal.

A inexistência de efeito sobre o rendimento de carcaça observado no presente estudo, além de se relacionar com a ausência de desafio sanitário, pode estar ligada ao fato de que as dietas foram isonutrientes e, portanto, as aves tiveram suas exigências nutricionais atendidas, principalmente, em energia metabolizável, proteína bruta e nos aminoácidos primordiais para a formação do tecido muscular.

4.3 Morfometria intestinal e índice de coloração sérica

Os resultados de morfometria intestinal e índice de coloração sérica encontram-se nas Tabelas 10 e 11. Aos 21 dias de idade não houve diferenças significativas ($P > 0,05$) para os parâmetros morfométricos intestinais no jejuno e íleo. No duodeno foi observado maior profundidade de cripta ($P < 0,05$) nos animais alimentados com C4 Powder quando comparado

aos demais tratamentos. Ainda nesse período, as aves alimentadas com SR130 + PH101 apresentaram maiores valores de absorvência sanguínea ($P < 0,05$) em relação ao grupo controle.

Os valores de absorvência do tratamento contendo SR130 + PH101 indicam que as aves tiveram maior digestão e absorção dos nutrientes da dieta alimentar, que pode estar relacionado à associação da tributirina com o *blend* contendo ácido láctico, ácido fórmico e cinamaldeído. Isso porque a mistura de ácidos representam uma variedade de valores de pKa e são usadas estrategicamente devido ao amplo espectro de atividade (KHAN e IQBAL, 2016).

Aos 45 dias não houve diferenças significativas ($P > 0,05$) para os parâmetros morfométricos intestinais no duodeno e íleo. No jejuno foram observados maiores vilos e, conseqüentemente, maior relação vilo/cripta ($P < 0,05$) nos animais do grupo controle quando comparados ao grupo suplementado com PH 101. Ao final do período experimental, as aves alimentadas com PH 101 apresentaram menores valores de absorvência sanguínea ($P < 0,05$) em relação ao grupo controle e ao C4 Powder, demonstrando que essas aves tiveram menor digestibilidade e absorção de nutrientes.

As discrepâncias nesses resultados são possivelmente conseqüências de diferenças no tipo e concentração de ácidos orgânicos utilizados no estudo. Além disso, a falta de clareza na resposta da morfologia intestinal pode ser devido aos frangos deste estudo estarem saudáveis e sem nenhum desafio ambiental. Leeson et al. (2005) relataram que não houve diferenças na morfologia duodenal (comprimento das vilosidades e profundidade da cripta) aos 21 dias entre frangos de corte alimentados com uma dieta controle sem antibióticos ou ácido butírico em relação a frangos alimentados com uma dieta com 0,2% de ácido butírico.

Em estudos mais recentes, ao avaliar o efeito da suplementação de 0,5, 1,0 e 2,0 kg/t de butirato de sódio protegido em frangos de corte alojados em condições ótimas, Sadurní et al. (2022) identificaram que a altura das vilosidades e a profundidade das criptas não foram alteradas. No entanto, os mesmos autores em um segundo experimento com aves desafiadas com coccidiose, observaram que o butirato de sódio aumentou a profundidade das criptas se comparado aos frangos não desafiados, sugerindo uma rápida renovação do tecido, resultando na tendência de ter a menor relação vilo/cripta.

Wang et al. (2021) em pesquisa com ácido butírico em matrizes, verificaram que o tratamento contendo *Clostridium butyricum*, que é um anaeróbio gram-positivo produtor de ácido butírico, aumentou a altura do vilo, a profundidade da cripta e a relação vilo/cripta do jejuno, enquanto que a suplementação com tributirina aumentou a altura das vilosidades e a

profundidade das criptas da mucosa jejunal. No entanto, as aves alimentadas com butirato de sódio não melhoraram a morfologia do jejuno.

Os resultados de coloração de coloração sérica reforçou as respostas de morfologia relacionados com a altura das vilosidades, sendo menor para o tratamento contendo PH101. Também a associação do SR130 + PH101 resultou em maior coloração sérica aos 45 dias.

De forma geral, a ausência e a inconsistência de respostas na morfometria intestinal por parte dos ácidos orgânicos nos estudos citados e em parte no presente trabalho podem estar atribuída à falta de desafios sanitários que estimulem a proliferação do epitélio intestinal, já que em termos gerais os estudos são conduzidos sob ótimas condições de higiene e manejo.

Tabela 9. Morfometria intestinal e índice de coloração sérica de frangos de corte alimentados com diferentes fontes de ac. orgânicos aos 21 dias

Tratamentos	Duodeno			Jejuno			Íleo			Absorbância (492 nm)
	Vilo (μm)	Cripta (μm)	Vilo/Cripta ($\mu\text{m}/\mu\text{m}$)	Vilo (μm)	Cripta (μm)	Vilo/Cripta ($\mu\text{m}/\mu\text{m}$)	Vilo (μm)	Cripta (μm)	Vilo/Cripta ($\mu\text{m}/\mu\text{m}$)	
Controle	769,83	64,46 b	11,94	626,83	65,1	9,63	436,89	77,81	5,61	0,500 b
SR 130	807,67	64,56 b	12,51	613,66	68,41	8,97	445,19	70,54	6,31	0,582 ab
C4 Powder	751,72	95,61 a	7,86	620,97	62,47	9,94	442,15	74,82	5,91	0,583 ab
Butirex	735,15	62,96 b	11,68	630,35	62,76	10,04	432,3	69,26	6,24	0,532 ab
PH 101	729,68	64,67 b	11,28	602,13	64,06	9,40	386,7	66,8	5,79	0,541 ab
SR 130 + PH101	783,44	64,87 b	12,08	614,35	63,56	9,67	408,68	64,88	6,30	0,611 a
EPM	42,11	10,51	1,93	40,48	7,3	1,23	34,58	7,43	0,669	0,0303
P valor	0,4244	0,0291	0,2141	0,9853	0,9715	0,9952	0,5832	0,5158	0,8065	<0,01

Letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Tabela 10. Morfometria intestinal e índice de coloração sérica de frangos de corte alimentados com diferentes fontes de ac. orgânicos aos 45 dias

Tratamentos	Duodeno			Jejuno			Íleo			Absorbância (492 nm)
	Vilo (μm)	Cripta (μm)	Vilo/Cripta ($\mu\text{m}/\mu\text{m}$)	Vilo (μm)	Cripta (μm)	Vilo/Cripta ($\mu\text{m}/\mu\text{m}$)	Vilo (μm)	Cripta (μm)	Vilo/Cripta ($\mu\text{m}/\mu\text{m}$)	
Controle	1646,21	246,6	6,67	1236,99 a	172,7	7,16 a	840,126	135,16	6,22	0,746 a
SR 130	1662,43	225,97	7,35	1171,42 ab	178,6	6,55 ab	873,036	145,92	5,98	0,665 ab
C4 Powder	1656,62	239,91	6,90	1200,31 ab	170,3	7,04 ab	864,335	135,86	6,36	0,703 a
Butirex	1603,36	217,44	7,37	1103,95 ab	183,7	6,01 ab	893,419	140,45	6,36	0,662 ab
PH 101	1608,79	225,21	7,14	907,31 b	168,4	5,38 b	814,716	138,82	5,87	0,587 b
SR 130 + PH101	1656,36	217,88	7,60	1022,07 ab	164,1	6,22 ab	844,247	145,52	5,80	0,673 ab
EPM	86,7	13,35	0,855	69,85	10,96	0,6457	60,88	6,7	0,544	0,0234
P valor	0,9231	0,5508	0,4718	0,0192	0,7455	0,0347	0,961	0,841	0,937	<0,01

Letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

5 CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos e sob as condições em que o experimento foi realizado, as fontes de ácidos orgânicos suplementadas nas concentrações de 250 g/ton de 1 a 21 dias e 125 g/ton de 22 a 45 dias de idade das aves não influenciam o consumo de ração, o ganho de peso e a conversão alimentar de frangos de cortes no período de 1 a 45 dias. Logo, as fontes de ácidos orgânicos comerciais utilizadas resultaram em desempenho semelhante entre elas.

As características de carcaça não são influenciadas pelo uso dos ácidos orgânicos nas rações de 1 a 45 dias de idade.

Na fase inicial de criação, o uso do SR 130 + PH101 permite melhor digestibilidade e absorção em relação ao grupo sem ácidos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDELQADER, A; AL-FATAFTAH, A.-R. Effect of dietary butyric acid on performance, intestinal morphology, microflora composition and intestinal recovery of heat-stressed broilers. **Livestock Science**, v. 183, p. 78-83, 2016.

ABDOLLAHI, M. R. et al. Feed acidification and steam-conditioning temperature influence nutrient utilization in broiler chickens fed wheat-based diets. **Poultry Science**, v. 99, n. 10, p. 5037-5046, 2020.

ABPA. Associação Brasileira de Proteína Animal. **Exportações de carne de frango encerram 2022 com recorde**. 2023. Disponível em: <<https://abpa-br.org/exportacoes-de-carne-de-frango-encerram-2022-com-recorde/>>. Acesso em: 19 jan. 2023.

ADIL, S. et al. Effect of dietary supplementation of organic acids on performance, intestinal histomorphology, and serum biochemistry of broiler chicken. **Veterinary Medicine International**, 2010.

ALJUMAAH, M. R. et. al. Organic acid blend supplementation increases butyrate and acetate production in *Salmonella* enterica serovar Typhimurium challenged broilers. **Journal PLoS ONE**, v. 15, n. 6, 2020.

Al-TARAZI, Y. H.; ALSHAWABKEH, K. Effect of dietary formic and propionic acids on salmonella pullorum shedding and mortality in layer chicks after experimental infection. **Journal of Veterinary Medicine**, v. 50, n. 3, p. 7-112, 2003.

BANGAR, S. P. et al. Organic acids production from lactic acid bacteria: A preservation approach. **Food Bioscience**, v. 46, 101615 p., 2022.

BERTECHINI, A. G. **Nutrição de Monogástricos**, 3. ed. Lavras: Ed. UFLA, 375 p., 2021.

BLAIR, J. M. et al. Molecular Mechanisms of Antibiotic Resistance. **Nature Reviews Microbiology**, v. 13, p. 42-51, 2015.

BORTOLUZZI, C. et al. Sodium butyrate improved performance while modulating the cecal microbiota and regulating the expression of intestinal immune-related genes of broiler chickens. **Poultry Science**, v. 96, n. 11, p. 3981-3993, 2017.

BRZÓSKA, F.; ŚLIWIŃSKI, B. MICHALIK-RUTKOWSKA, O. Effect of dietary acidifier on growth, mortality, post-slaughter parameters and meat composition of broiler chickens. **Annals of Animal Science**, v. 13, n. 1, p. 85-96, 2013.

CALEFI, A. S. et al. Effects of long-term heat stress in an experimental model of avian necrotic enteritis. **Poultry Science**, v. 93, n. 6, p. 1344-1353, 2014.

CARRASCO, J. M. D. et al. Microbiota, gut health and chicken productivity: what is the connection? **Microorganisms**, v. 7, n.10, 374 p., 2019.

CASTANON, J. I. R. History of the use of antibiotic as growth promoters in European poultry feeds. **Poultry Science**, v. 86, n. 11, p. 2466-2471, 2007.

COOB 500[®]. Suplemento de nutrição e desempenho do frango de corte. **Coob-Vantress**, 2018. Disponível em: <<https://www.cobb-vantress.com/assets/Cobb-Files/99b0cf062c/61bd2490-56d1-11e9-bfbd-7963ec6b06e5.pdf>>. Acesso em: 18 dez. 2023.

DAUKSIENE, A. et. al. A comparison study of the caecum microbial profiles, productivity and production quality of broiler chickens fed supplements based on medium chain fatty and organic acids. **Animals**. v. 11, n. 3, 610 p., 2021.

DIBNER, J. J.; BUTTIN, P. Use of organic acids as a model to study the impact of gut microflora on nutrition and metabolism. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 11, n. 4, p. 453-463, 2002.

DITTOE, D. K.; RICKE, S. C.; KIESS, A. S. Organic acids and potential for modifying the avian gastrointestinal tract and reducing pathogens and disease. **Frontiers in Veterinary Science**, v. 5, n. 9, p. 1-12, 2018.

FASCINA, V. Resistência antimicrobiana, uma ameaça para o futuro da integridade intestinal na avicultura. **Revista aviNews Brasil**, p. 107, 2021.

FERNÁNDEZ-RUBIO, C. et al. Butyric acid-based feed additives help protect broiler chickens from Salmonella Enteritidis infection. **Poultry Science**, v. 88, p. 8-943, 2009.

FEYE, K. M. et al. A comparison of formic acid or monoglycerides to formaldehyde on production efficiency, nutrient absorption, and meat yield and quality of Cobb 700 broilers. **Poultry Science**, v. 100, n. 12, 101476 p. 2021.

FOEGEDING, P. M.; BUSTA, F. F. Chemical food preservatives. In: BLOCK, S.S. (ed.) **Disinfection, sterilization and preservation**. Philadelphia: Lea & Febiger, p. 802-832, 1991.

FRESCHI, J. B. **Ácidos orgânicos isolados ou associados em dietas de frangos de corte**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Animal), Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas – UNESP, Campus Dracena, 2014.

GALFI, P.; J. BOKORI, J. Feeding trial in pigs with a diet containing sodium n-butyrate. **Acta Veterinaria Hungarica**, v. 38, p. 3-17, 1990.

GARCÍA, V. et al. Effect of formic acid and plant extracts on growth, nutrient digestibility, intestine mucosa, morphology, and meat yield of broilers. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 16, n. 4, p. 555-562, 2007.

GHAZALAH, A. A. et al. Effect of dietary supplementation of organic acids on performance, nutrients digestibility and health of broiler chicks. **International Journal of Poultry Science**, v. 10, n. 3, p. 176-184, 2011.

GILANI, S. M. H. et al. Growth performance, intestinal histomorphology, gut microflora and ghrelin gene expression analysis of broiler by supplementing natural growth promoters: A nutrigenomics approach. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 28, n. 6, p. 3438-3447, 2021.

HANSEN, V. L. et al. The effects of tributyrin supplementation on weight gain and intestinal gene expression in broiler chickens during *Eimeria maxima*-induced coccidiosis. **Poultry Science**, v. 100, n. 4, 100984 p., 2021.

HERMES, R.G. Uso de extratos de plantas e acidificantes para suínos, o que diz a ciência e a prática atual? **Engormix**, 2011. Disponível em: <<https://pt.engormix.com/suinocultura/foruns/uso-extratos-plantas-acidificantes-t31478/>>. Acesso em: 09 dez. 2022.

HERNÁNDEZ, F. et al. Effect of formic acid on performance, digestibility, intestinal histomorphology, and plasma metabolite levels of broiler chickens. **British Poultry Science**, v. 47, n. 1, p. 50-56, 2007.

JYOTHI SRI, S. et al. Microencapsulation: A review. **International Journal of Pharma and Bio Sciences**. v. 3, p. 509-531, 2012.

KACZMAREK, S. A. et al. Effect of different doses of coated butyric acid on growth performance and energy utilization in broilers. **Poultry Science**. v. 95, p. 9-851, 2016.

KHAN, S.H.; IQBAL, J. Recent advances in the role of organic acids in poultry nutrition. **Journal of Applied Animal Research**, v. 44, n. 1, p. 359-369, 2016.

LAN, R. X. et al. Sodium butyrate as an effective feed additive to improve growth performance and gastrointestinal development in broilers. **Veterinary Medicine and Science**, v. 6, n. 3, p. 491-499, 2020.

LEESON, S. et al. Effect of butyric acid on the performance and carcass yield of broiler chickens. **Poultry Science**, v. 84, n. 9, p. 1418-1422, 2005.

LEVY, A. W. et al. Effect of feeding an encapsulated source of butyric acid (ButiPEARL) on the performance of male Cobb broilers reared to 42 d of age. **Poultry Science**, v. 94, n. 8, p. 1864-1870, 2015.

- MAIORKA, A. et al. Emprego de uma mistura de ácidos fumárico, láctico, cítrico e ascorbico em dietas iniciais de frangos de corte. **Archives of Veterinary Science**, v. 9, n. 1, 2004.
- MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Aditivos**, 2015. Disponível em: <encurtador.com.br/detDF>. Acesso em: 02 jan. 2023.
- MARCHIZELI, P. Como atender à crescente demanda por proteínas livres de antibióticos? **Revista aviNews Brasil**, p. 28-32, 2022.
- MARKAZI, A. D. et al. Effect of acidifier product supplementation in laying hens challenged with *Salmonella*. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 28, n. 4, p. 919-929, 2019.
- MORGAN, N. K. Managing gut health without reliance on antimicrobials in poultry. **Animal Production Science**, v. 57, n. 11, p. 2270-2279, 2017.
- NIKAIDO, H. Molecular basis of bacterial outer membrane permeability revisited. **Microbiology and Molecular Biology Reviews**. v. 67, p. 593-656, 2003.
- NOGUEIRA, B. R. F.; RONDON, E. O. O.; BARBOSA, J. G. M. Changes and challenges in Brazilian broiler nutrition in the last five years. **Magazine aviNews International**, 2022.
- NUÑEZ, M. et al. Bacteriocin quantification by the critical dilution method: comparison of arbitrary units with diameter and area of the zone of the growth inhibition. **Michwissenschaft**, v. 51, p. 7–10, 1996.
- OLIVEIRA, I. C. V de et al. Cinnamaldehyde modulates host immunoinflammatory responses in rat ligature-induced periodontitis and peripheral blood mononuclear cell models. **International Immunopharmacology**, v. 115, 2023.
- ORIÁ, R. B.; BRITO, G. A. C. **Sistema digestório: integração básico-clínica**. Editora Edgard Blucher, 2016. p. 441-478.
- PAGANO, G. G. Altos custos alimentares & saúde intestinal. **Revista aviNews Brasil**, p. 110-126, 2021.
- PAPATSIROS, V. G. et al. Alternatives to antibiotics for farm animals. **CABi**, Wallingford, v. 8, n. 1, 2014.

- PELÁEZ, A. M. L. et al. Inhibitory activity of lactic and acetic acid on *Aspergillus flavus* growth for food preservation. **Food Control**, v. 24, n. 1-2, p. 177-183, 2012.
- PEREIRA, R. et al. Organic acid blend in diets of broiler chickens challenged with *Clostridium perfringens*. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 24, n. 3, p. 387-393, 2015.
- PICKLER, L. et al. Avaliação microbiológica, histológica e imunológica de frangos de corte desafiados com *Salmonella Enteritidis* e *Minnesota* e tratados com ácidos orgânicos. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 32, n. 1, p. 27-36, 2012.
- POLYCARPO, G. V. et al. Meta-analytic study of organic acids as an alternative performance-enhancing feed additive to antibiotics for broiler chickens. **Poultry Science**, v. 96, n. 10, p. 3645-3653, 2017.
- POLYCARPO, V. C. C.; BARBOSA, B. F. S. da. Ácido butírico: uma estratégia nutricional em alternativa aos antibióticos na produção de frangos de corte. **Revista nutriNews Brasil**, p. 108-112, 2021.
- RAGAA, N. M; KORANY, R. M. S. Studying the effect of formic acid and potassium diformate on performance, immunity and gut health of broiler chickens. **Animal Nutrition**, v. 2, n. 4, p. 296-302, 2016.
- RAHMAN, R. T.; FLISS, I.; BIRON, E. Insights in the Development and Uses of Alternatives to Antibiotic Growth Promoters in Poultry and Swine Production. **Antibiotics**, v. 11, n. 6, 766 p., 2022
- RICKE S. C.; DITTOE D. K.; RICHARDSON K. E. Formic Acid as an Antimicrobial for Poultry Production: A Review. **Frontiers in Veterinary Science**. v. 7, 563 p., 2020.
- RUSSO, F. A. **Utilização de ácidos orgânicos, mananoligossacarídeos e extratos de plantas na alimentação de frangos de corte**. Dissertação (Mestrado em Nutrição e Produção Animal), Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, São Paulo, 2011.
- SADURNÍ, M. et al. Impact of Dietary Supplementation with Sodium Butyrate Protected by Medium-Chain Fatty Acid Salts on Gut Health of Broiler Chickens. **Animals**, v. 12, n. 19, 2496 p., 2022.

SALAZARI, P. C. R. et al. Effect of lactic and butiric acids, isolated and associated, on performance and intestinal morfometric in broilers. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 45, n. 6, p. 463-471, 2008.

SENGUPTA, S.; MUIR, J. G.; GIBSON, P. R. Does butyrate protect from colorectal cancer? **Journal of Gastroenterology and Hepatology**. v. 21, p. 209-218, 2006.

SILVA, K. M. da. **Imunonutrição de frangos de corte alimentados com ácidos orgânicos em alternativa aos quimioterápicos**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Animal), Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas – UNESP, Campus Dracena, 2016.

SILVA, M. C. **Ácidos orgânicos e suas combinações em dietas de leitões desmamados aos 21 dias de idade**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2022.

SIZMAZ, O. et al. Effect of various concentration of butyric acid on growth performance, intestinal lesion scores, and body composition of broilers raised on used litter. **Journal of Applied Poultry Research**. v. 31, n. 4, 2022.

SMITH, D. J. et al. In vitro dissolution and in vivo absorption of calcium [$1-^{14}\text{C}$] Butyrate in free or protected forms. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 60, p. 3151-3157, 2012.

STURKIE, P. D. **Avian physiology**, ed. 4, New York: Springer-Verlag, 516 p., 1986.

VENTURA, G. **Ácido butírico livre e microencapsulado em alternativa aos antibióticos em dietas para frangos de corte desafiados com *eimeria* spp.** Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Animal), Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas – UNESP, Campus Dracena, 2019.

VIOLA, E. S. et al. Desempenho de frangos de corte sob suplementação com ácidos láctico, fórmico, acético e fosfórico no alimento ou na água. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 27, n. 2, 2008.

VIOLA, E. S.; VIEIRA, S. L. Suplementação de acidificantes orgânicos e inorgânicos em dietas para frangos de corte: desempenho zootécnico e morfologia intestinal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 4, 2007.

WANG, Y. et al. Effects of *Clostridium butyricum*, sodium butyrate, and butyric acid glycerides on the reproductive performance, egg quality, intestinal health, and offspring performance of yellow-feathered breeder hens. **Frontiers in Microbiology**, v. 12, 2021.

WU, W. et al. Dietary sodium butyrate improves intestinal development and function by modulating the microbial community in broilers. **PloS One**, v. 13, n. 5, p.1-21, 2018.

XIE, J. et al. Fatty Acids Produced by Ruminococcaceae Mediate α -Linolenic Acid Promote Intestinal Stem Cells Proliferation. **Molecular Nutrition & Food Research**. v. 66, n. 1, 2022.

ZAVARIZE, K. A importância da saúde intestinal na produção avícola. **Revista aviNews Brasil**, 2022.

ZHANG, W. H. et al. Sodium butyrate maintains growth performance by regulating the immune response in broiler chickens. **British Poultry Science**. v. 52, n. 3, p. 292–301, 2011.