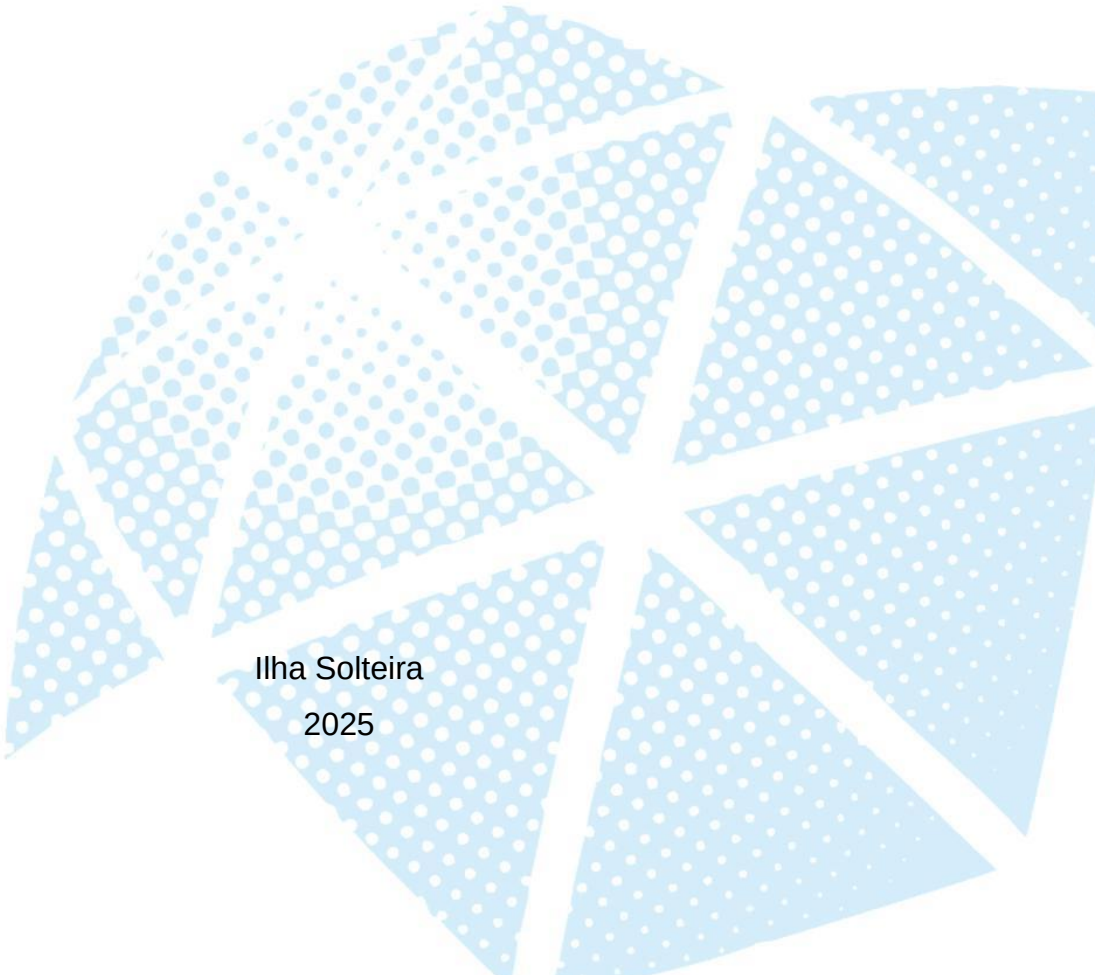
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA

CARLA CAROLINE DE SOUZA FURIOZO RONDIS

FITASE COMBINADA A DIFERENTES pH's DA ÁGUA DE BEBIDA SOBRE O DESEMPENHO E METABOLIZABILIDADE DE NUTRIENTES EM FRANGOS NA FASE INICIAL



Ilha Solteira
2025

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA ANIMAL

CARLA CAROLINE DE SOUZA FURIOZO RONDIS

FITASE COMBINADA A DIFERENTES pH's DA ÁGUA DE BEBIDA SOBRE O DESEMPENHO E METABOLIZABILIDADE DE NUTRIENTES EM FRANGOS NA FASE INICIAL

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia – Unesp, Câmpus de Ilha Solteira como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia Animal.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Carlos de Laurentiz

Ilha Solteira

2025

FICHA CATALOGRÁFICA
Desenvolvida pela Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação

R771f

Rondis, Carla Caroline de Souza Furiozo.
Fitase combinada a diferentes pH's da água de bebida sobre o desempenho e metabolizabilidade de nutrientes em frangos na fase inicial / Carla Caroline de Souza Furiozo Rondis. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2025
49 f.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Produção Animal, 2025

Orientador: Antonio Carlos de Laurentiz
Inclui bibliografia

1. Ácido orgânico. 2. Aditivos zootécnicos. 3. Ensaio de metabolismo. 4. Ganho de peso. 5. Qualidade da água.

Elaborada por Raiane da Silva Santos - CRB-8/9999

IMPACTO ESPERADO NA SOCIEDADE

O presente estudo tem impacto para a sociedade por ser relacionado à produção de proteína de origem animal. O uso de aditivos zootécnicos na produção animal, especificamente na produção de frangos de corte, é um aliado e uma estratégia que ajuda a diminuir os custos de produção. O uso da enzima fitase no presente estudo pode contribuir para uma produção mais sustentável (ambiente, social e econômico), atende aos conceitos de saúde única (ser humano, ambiente e animal) e contempla algumas das 17 metas globais propostas pela Assembleia Geral das Nações Unidas chamada de “Objetivos de Desenvolvimento Sustentável”, atendendo os objetivos 12 (Consumo e produção responsáveis), 13 (Ação contra a mudança global do clima), 14 (Vida na água) e 15 (Vida terrestre). Além disso, pode permitir maiores quantidades e qualidade dos produtos de origem animal, atendendo exigências do mercado consumidor.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Ilha Solteira

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Fitase combinada a diferentes pH's da água de bebida sobre o desempenho e metabolizabilidade de nutrientes em frangos na fase inicial

AUTORA: CARLA CAROLINE DE SOUZA FURIOZO RONDIS
ORIENTADOR: ANTONIO CARLOS DE LAURENTIZ

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em Ciências , pela Comissão Examinadora:

Prof. Ass. Dr. ANTONIO CARLOS DE LAURENTIZ (Participaçao Presencial)
Departamento de Biologia e Zootecnia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP

Profa. Dra. ROSEMEIRE DA SILVA FILARDI (Participaçao Presencial)
Departamento de Biologia e Zootecnia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP

gov.br Documento assinado digitalmente
MARCOS BARCELLOS CAFE
Data: 20/02/2025 15:16:43-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. MARCOS BARCELLOS CAFÉ (Participaçao Virtual)
Departamento de Zootecnia / Universidade Federal de Goiás - UFG

Ilha Solteira, 17 de fevereiro de 2025

CERTIFICADO

Certificamos que a proposta intitulada "Efeito da enzima fitase combinada a diferentes pH's da água sobre o desempenho e digestibilidade de nutrientes de frangos de corte na fase inicial" registrada com o n. 08/2024 sob a responsabilidade do Prof. Dr. Antonio Carlos de Laurentiz que envolve a produção, manutenção ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto humanos), para fins de **pesquisa científica** encontra-se de acordo com os preceitos da Lei nº 11.794, de 8 de outubro de 2008, do Decreto nº 6,899, de 15 de julho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA), e foi aprovado pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS- CEUA da Faculdade de Engenharia da UNESP, Câmpus de Ilha Solteira, em reunião de 20/06/2024.

Ilha Solteira, 25 de Junho de 2024

gov.br
Documento assinado digitalmente
RENATA NEGRI DOS SANTOS
Data: 25/06/2024 08:42:47-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Profa. Dra. Renata Negri dos Santos

Presidente da Comissão de Ética no Uso de Animais

DADOS CURRICULARES DA AUTORA

Carla Caroline de Souza Furiozo Rondis, nascida em 16 de março de 1998, na cidade de São Paulo/SP. Zootecnista formada pela Unesp – campus de Ilha Solteira em 2022. Em 2023 ingressei no Programa de Pós – Graduação em Ciência e Tecnologia Animal da Unesp de Ilha Solteira, sendo minha linha de pesquisa em: “Melhoramento, Nutrição e Qualidade de Produtos de Origem Animal”, mais especificamente na área de nutrição e uso de aditivos zootécnicos na avicultura de corte e postura.

DEDICATÓRIA

A Deus, que me deu a vida, meu esposo, família, amigos e completamente tudo que tenho. Ele está realizando em mim sua boa, perfeita e agradável vontade.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de expressar toda minha gratidão a Deus, por me dar capacidade, força e saúde e por me abençoar durante toda minha trajetória na Pós-Graduação (nível mestrado). Graças a Deus estou realizando mais um grande sonho.

Agradeço com todo meu coração ao meu esposo Welington Jose Rondis, que me apoiou com todo seu amor e me fortaleceu com suas orações. Você é uma dádiva de Deus em minha vida, quero continuar crescendo e alcançando cada um de nossos sonhos, te amo.

Agradeço a minha mãe Maria Helena de Souza Furiozo por todo amor, carinho, preocupação, apoio, por todos os conselhos e principalmente orações a senhora é minha base e exemplo de mulher de Deus, me moldou com bons valores e acredito que está colhendo os bons frutos por ser uma mãe que qualquer um gostaria de ter. Obrigada por tudo, te amo. Agradeço ao meu pai Antonio Carlos Furiozo por trabalhar e me sustentar em minhas necessidades.

Agradeço a minha avó Edenir Aragon de Souza, pode ter certeza de que as orações da senhora são um dos motivos que me fizeram chegar aonde estou, e ao meu avô Gaudêncio Ferreira de Souza que sempre me ajudou em tudo que precisei, amo os senhores.

Agradeço a UNESP de Ilha Solteira-SP, o diretor, vice-diretor, coordenadores, professores e todos os demais funcionários, por me proporcionarem um tempo incrível na pós-graduação, com batalhas, porém, com muitas vitórias. Agradeço em especial a Fazenda de Ensino Pesquisa e Extensão (FEPE) onde realizei meu experimento e aos funcionários Márcio Rogério Lomba e Leandro de Jesus que me ajudaram durante todo experimento. Agradeço aos funcionários do Laboratório de Bromatologia da unidade: Sidival Antunes de Carvalho e Wilder Jordão que realizaram as análises das minhas amostras. Agradeço também a cada um que colaborou para o meu experimento ajudando na organização, pesagens e coleta de material: Edilson Silva de Oliveira, Emanuele Attilio de Lima, Fabricio Drigo Pontes, Gabrielle Cardeliquio Pedrosa, Geovana Silva Ferreira, Heitor Vilela, Vinicius Pagioro e Vinicius Yoshio Moreira Wagatuma.

Agradeço a Profª Drª. Rosemeire da Silva Filardi por todos os ensinamentos e pela amizade que fizemos durante meu estágio docência. A senhora foi muito importante na minha caminhada.

Agradeço em especial meu orientador desde a graduação Profº Drº. Antonio Carlos de Laurentiz, por todo aprendizado, atenção, colaboração, paciência, confiança e ajuda. Admiro o senhor por ter acreditado em mim e por me ensinar, além de conhecimentos técnicos, a ajudar o próximo através da nossa profissão.

Agradeço a CNPq que me concedeu a bolsa de mestrado e financiou o experimento.

Enfim agradeço a todos que contribuíram direta e indiretamente para realização desse sonho: família, amigos, escolas e universidade, todos são especiais e importantes e estão guardados em meu coração. Que Deus abençoe a todos.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

“Deleita-te também no Senhor, e Ele concederá os desejos do teu coração. Entrega o teu caminho ao Senhor; confia nele, e o mais Ele fará.” (Salmos 37: 4-5).

RESUMO

Objetivou-se avaliar a fitase combinada a ingestão de água com diferentes pH's sobre o desempenho zootécnico e metabolizabilidade dos nutrientes de frangos na fase inicial (7 a 21 dias de idade). Foram utilizados 252 pintos de corte da linhagem comercial Cobb® alojados em baterias e distribuídos em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2x3, sendo os fatores principais a inclusão da fitase (0 e 100 g/ton) e o pH da água de bebida (4,48, 6,64 e 7,88), totalizando 6 tratamentos. Os parâmetros avaliados foram desempenho zootécnico, metabolizabilidade dos nutrientes e a energia metabolizável estimada. Os dados foram submetidos à análise de variância, e quando houve efeito significativo dos fatores ($p \leq 0,05$) as médias foram comparadas pelo teste de Student-Newman-Keuls a 5% de probabilidade. Para a metabolizabilidade dos nutrientes observou-se que houve interação entre os fatores estudados ($p \leq 0,05$) para o coeficiente de metabolizabilidade da proteína bruta, matéria mineral e fósforo. Para desempenho zootécnico observou-se que na fase de 7 a 21 dias de idade houve interação entre os fatores estudados ($p \leq 0,05$) para ganho de peso e conversão alimentar. Conclui-se que a associação entre fitase e o pH da água de 6,64 proporciona maior metabolizabilidade da proteína, minerais e fósforo e também maior ganho de peso das aves.

Palavras-chave: ácido orgânico; aditivos zootécnicos; ensaio de metabolismo; ganho de peso; qualidade da água.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of phytase combined with water intake with different pHs on the zootechnical performance and metabolizability of nutrients in broilers in the initial phase (7 to 21 days of age). A total of 252 broiler chicks of the commercial Cobb® line were housed in batteries and distributed in a completely randomized design in a 2x3 factorial scheme, with the main factors being the inclusion of phytase (0 and 100 g/ton) and the pH of the drinking water (4.48, 6.64 and 7.88), totaling 6 treatments. The parameters evaluated were zootechnical performance, nutrient metabolizability and estimated metabolizable energy. The data were subjected to analysis of variance, and when there was a significant effect of the factors ($p \leq 0.05$), the means were compared by the Student-Newman-Keuls test at 5% probability. For the metabolizability of nutrients, it was observed that there was an interaction between the factors studied ($p \leq 0.05$) for the metabolizability coefficient of crude protein, mineral matter and phosphorus. For zootechnical performance, it was observed that in the phase from 7 to 21 days of age there was an interaction between the factors studied ($p \leq 0.05$) for weight gain and feed conversion. It is concluded that the association between phytase and water pH of 6.64 provides greater metabolizability of protein, minerals and phosphorus and also greater weight gain in birds.

Keywords: organic acid; zootechnical additives; metabolism assay; weight gain; water quality.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Ingredientes utilizados e composição nutricional da ração experimental para frangos de corte de 1 a 21 dias de idade (fase inicial).....29
Tabela 2 - Análise de variância dos dados de metabolizabilidade dos nutrientes e da energia metabolizável estimada no período de 18 a 20 dias de idade.. 33
Tabela 3 - Desdobramento das interações de metabolizabilidade dos nutrientes e energia metabolizável estimada.....34
Tabela 4 - Análise de variância dos dados de desempenho zootécnico no período de 7 a 21 dias de idade. 36
Tabela 5 - Desdobramento das interações de desempenho zootécnico.....36

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 13
2 OBJETIVOS 15
2.1 Objetivo Geral 15
2.2 Objetivos Específicos 15
3 REVISÃO DE LITERATURA 16
3.1 Panorama da avicultura de corte no Brasil 16
3.2 Ácido fítico 16
3.3 Fitase 18
3.4 Qualidade da água de bebida na avicultura 20
3.5 Inclusão de ácidos orgânicos na água de bebida 22
3.6 Relação entre fitase e pH da água de bebida 23
4 MATERIAL E MÉTODOS 25
4.1 Considerações gerais, instalações, aves e manejo 25
4.2 Tratamentos e delineamento experimental 26
4.3 Preparo das rações experimentais 26
4.4 Preparo da água de bebida 28
4.5 Parâmetros avaliados 28
4.6 Análise estatística 30
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO 31
5.1 Metabolizabilidade dos nutrientes 31
5.2 Desempenho zootécnico 33
6 CONCLUSÃO 38
REFERÊNCIAS 39

1 INTRODUÇÃO

Na nutrição de aves os ingredientes de origem vegetal compõe grande parte da ração (Anwar *et al.*, 2022), nos quais, o fósforo é armazenado na forma de ácido fítico (mio-inositol-1,2,3,4,5,6-hexafosfato; IP6) geralmente encontrado na forma de complexo com outros minerais, como: cálcio, magnésio, potássio e zinco, podendo ainda interagir fortemente com proteínas e aminoácidos, diminuindo a biodisponibilidade desses nutrientes e agravando a questão ambiental da excreção mineral (Bassi *et al.*, 2022).

A ingestão de ácido fítico por animais não ruminantes gera uma cascata fisiológica no trato intestinal que resulta em hipersecreção de ácido gástrico, pepsina, bicarbonato de sódio e mucina intestinal. Esses efeitos estão associados à forte eletronegatividade do ácido fítico em pH entérico e à consequente capacidade do ácido fítico de formar complexos pouco solúveis com proteínas, enzimas endógenas e macro e microminerais. O efeito dessas propriedades antinutricionais é uma redução na biodisponibilidade de aminoácidos, nutrientes produtores de energia, macro e microminerais, e uma interrupção na homeostase de sódio no intestino (Cowieson; Parsons, 2024).

Com o intuito de melhorar o aproveitamento dos nutrientes de ingredientes de origem vegetal, aditivos zootécnicos, como as enzimas exógenas, são utilizados na alimentação de não ruminantes (Barbosa *et al.*, 2012). A inclusão da fitase na dieta vai além da melhoria econômica, o uso está correlacionado à eficiência alimentar, melhor aproveitamento de nutrientes e maior desempenho zootécnico, reduzindo a excreção de nutrientes e, consequentemente, a poluição ambiental (Nacimento *et al.*, 2021). Embora a principal razão para a adição de fitase como aditivo zootécnico seja melhorar a disponibilidade de fósforo, especula-se que os efeitos extrafosfóricos da suplementação de fitase exógena incluem melhor utilização de energia, aminoácidos, cálcio, zinco, cobre e outros minerais (Osunbami; Walk; Adeola, 2024).

A eficácia da fitase no trato digestivo de uma ave é dependente das características da enzima (fonte, atividade catalítica específica, resistência à ação proteolítica da pepsina), características do substrato (concentração e acessibilidade) e condições do trato digestivo (teor de umidade, pH, temperatura e tempo que a digesta passa no trato) (Kiarie; Woyengo; Nyachoti, 2015).

A água é um nutriente vital, envolvido em todos os aspectos do metabolismo das aves (Kalita, 2019). Ela é o nutriente mais crítico na produção avícola, mas muitas vezes esquecido (Sheikh, 2019). Existem diferentes fatores afetando a qualidade da água potável em granjas avícolas que incluem pH, dureza total, conteúdo mineral e carga microbiana (Bedford; Walk; Masey O'Neill, 2016).

O pH é uma medida da acidez ou alcalinidade da água e sua escala para soluções aquosas está entre 1-14 (Kalita, 2019). As aves preferem água com pH de 6,0 a 6,8, mas podem tolerar uma faixa de pH de 4 a 8 (Sheikh, 2019), além disso, o pH da água está relacionado ao impacto nos órgãos digestivos e imunológicos e na saúde das aves (Martínez *et al.*, 2021).

Os ácidos orgânicos, como propiônico e acético, são utilizados na água de bebida de frangos de corte, com intuito de acidificá-la, pois, têm impactos no crescimento, na utilização de nutrientes, na disponibilidade de minerais, na microbiota intestinal e na resistência a doenças (Martínez *et al.*, 2021).

Verifica-se que pode haver uma relação ou interação entre a fitase e o pH da água de bebida fornecida aos frangos de corte, pois, o pH dentro de cada segmento do trato gastrointestinal determina o ambiente químico e influencia diretamente a digestão e absorção de nutrientes (Martínez *et al.*, 2021). O pH duodenal de aves saudáveis é superior a 6,0, mas, acredita-se que o pH duodenal reduzido aumente a eficácia da fitase, pois, a faixa ideal de pH da fitase está entre 2,5 e 5,5 (Shi *et al.*, 2023).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar se a inclusão de fitase na ração combinada a diferentes pH’s de água de bebida pode interferir positivamente na fase inicial de criação de frangos.

2.2 Objetivos Específicos

- Verificar se a combinação de fitase a diferentes pH’s da água de bebida interfere no desempenho na fase inicial de frangos;
- Avaliar se a combinação de fitase a diferentes pH’s da água de bebida interfere na metabolizabilidade dos nutrientes ao final da fase inicial de frangos.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Panorama da avicultura de corte no Brasil

A avicultura de corte é a atividade relacionada à criação de frangos com o objetivo de produzir carne para consumo humano. É uma atividade pecuária bastante expressiva no Brasil e desempenha um papel crucial na produção de proteína animal.

Segundo dados da Associação Brasileira de Proteína Animal-ABPA (2024), em 2023 a produção brasileira de carne de frango foi de 14,833 milhões de toneladas, permitindo que o país se colocasse como 2º maior produtor mundial, atrás apenas dos Estados Unidos da América. Essa produção foi responsável por gerar um valor bruto de produção de R$ 91,6 bilhões. Do total produzido, 65,35% permaneceu no mercado interno e 34,65% foi destinado a exportação para mais de 150 países, porcentagem que representou 5,139 milhões de toneladas, rendeu uma receita de US$ 9,7 bilhões e colocou o país como maior exportador mundial.

O custo de produção de frango foi de R$ 4,67 o kg vivo e cada habitante brasileiro consumiu em média 45,1 kg de carne de frango (ABPA, 2024).

Todos esses dados demonstram a representatividade do setor e apontam que o sucesso da avicultura industrial moderna decorre do desenvolvimento e aprimoramento do melhoramento genético, da ambiência e de novas formulações de dietas baseadas principalmente no contexto da otimização de seus ingredientes e do uso de aditivos (Dallmann *et al.*, 2023).

3.2 Ácido fítico

No Brasil, as rações para frangos são formuladas principalmente à base de milho e farelo de soja, que representam cerca de 90% da dieta, contribuindo para atender as necessidades em energia, proteínas, minerais e vitaminas de acordo com as tabelas e recomendações das empresas fornecedoras das linhagens existentes no mercado (Costa *et al.*, 2007).

As rações para frangos são formuladas quase que exclusivamente com ingredientes de origem vegetal, que em sua maioria contêm compostos

antinutricionais, pois, os animais não produzem enzimas capazes de digerir esses compostos em seu sistema digestivo (Dallmann *et al.*, 2023).

O ácido fítico também conhecido como inositol hexafosfato ou fitato é um composto de baixa solubilidade presente em ingredientes de origem vegetal, fazendo parte da estrutura da planta (Fernandes *et al.*, 2019). O fitato representa 60 a 80% do fósforo total em sementes de plantas e é pouco utilizado por animais não ruminantes devido à falta de enzima endógena (Shi *et al.*, 2023). Normalmente, considera-se que apenas 30% do fósforo das plantas está realmente disponível para as aves (Lelis *et al.*, 2012).

O fósforo é considerado um nutriente essencial para o desenvolvimento ósseo e múltiplos processos metabólicos no organismo (Leyva-Jimenez *et al.*, 2019), no entanto, em ingredientes de origem vegetal sua biodisponibilidade é limitada, com isso, para satisfazer as exigências nutricionais em fósforo é necessário o uso do fósforo inorgânico, presente no fosfato bicálcico, que é adicionado na ração de aves, mas aumenta os custos de alimentação (Iqbal *et al.*, 2023), uma vez que o fósforo é considerado o terceiro nutriente mais caro na alimentação de aves, ficando atrás da proteína e da energia (Li *et al.*, 2018). Além disso, o fósforo fítico juntamente com o excesso de fósforo inorgânico adicionado às rações são eliminados nas excretas e causam sérios problemas ao meio ambiente, como eutrofização e nitrificação, que provocam diminuição da quantidade de oxigênio nas águas dos rios e lagos, além da contaminação do solo (Fukayama *et al.*, 2008).

A ingestão de ácido fítico por animais não ruminantes gera uma cascata fisiológica no trato intestinal que resulta em hipersecreção de ácido gástrico, pepsina, bicarbonato de sódio e mucina intestinal. Esses efeitos estão associados à forte eletronegatividade do ácido fítico em pH entérico e à consequente capacidade do ácido fítico de formar complexos pouco solúveis com proteínas, enzimas endógenas e macro e microminerais. O efeito dessas propriedades antinutricionais é uma redução na biodisponibilidade de aminoácidos, nutrientes produtores de energia, macro e microminerais, e uma interrupção na homeostase de sódio no intestino (Cowieson; Parsons, 2024).

O fitato, também conhecido como sal ou éster de ácido fítico, pode criar complexos insolúveis com nutrientes essenciais como proteínas, lipídios, cálcio, zinco, ferro, sódio e vários outros micronutrientes, reduzindo assim a solubilidade, digestão e absorção desses nutrientes (Osunbami; Walk; Adeola, 2024). O

composto também inibe a eficiência de enzimas de digestão de proteínas, como pepsina e tripsina, portanto, reduz a digestibilidade das principais proteínas, consideradas cruciais para o crescimento de frangos (Anwar *et al.*, 2022).

3.3 Fitase

Do ponto de vista nutricional, o uso de enzimas exógenas, como a fitase, permite que os nutrientes sejam melhor aproveitados pelo animal, assim há um aumento no uso de fósforo, aminoácidos e energia, reduzindo o custo final de formulação da ração, além da redução da poluição ambiental, devido à menor excreção de fósforo e outros minerais não utilizados pelas aves (Dallmann *et al.*, 2023).

A fitase foi descoberta na década de 1970 (Babatunde *et al.*, 2020) e tem sido utilizada com sucesso na produção animal de não ruminantes desde o início da década de 1990 (Cowieson; Parsons, 2024).

A produção da fitase endógena pelas aves é quase nula e o fósforo complexado na forma de fitato, que é considerado a maior reserva desse elemento nas plantas, torna-se indisponível para os animais, razão pela qual a fitase exógena administrada via ração tem sido utilizada como fonte de suplementação de fósforo (Litz *et al.*, 2017).

O uso de fitase exógena na dieta avícola influenciou positivamente a formulação da dieta e resultou em uma produção mais ecológica e sustentável como resultado da redução da quantidade de fósforo excretado no ambiente (Adejumo *et al.*, 2021).

A fitase catalisa a reação de desfosforização do ácido fítico em fosfato inorgânico e ésteres menores. Esta hidrólise também produz mio-inositol que desempenha um papel importante na regulação da morfogênese e histogênese celular, mantendo a estrutura da membrana celular, síntese lipídica e crescimento celular (Fernandes *et al.*, 2019).

A degradação e eliminação do fitato do trato gastrintestinal com o uso da fitase está correlacionada com melhorias significativas na digestibilidade do fósforo e do cálcio, conteúdo de cinzas no osso da tíbia, ganho de peso, eficiência alimentar e conversão alimentar (Sens *et al.*, 2021). Além da melhora na digestibilidade do

fósforo, a adição de fitase favorece a disponibilidade dos nutrientes que seriam complexados à molécula de ácido fítico, melhorando o desempenho animal (Fernandes *et al.*, 2019).

A atividade das fitases é expressa em FTU/kg, que corresponde à quantidade de enzima necessária para liberar um micromol de fósforo inorgânico em um minuto em um substrato de fitato de sódio, a uma temperatura de 37 ºC e pH de 5,5 (Tizziani *et al.*, 2016). No Brasil o uso da fitase é consensual na nutrição de frangos e é empregado na dose de 200-500 FTU/kg (Nacimento *et al.*, 2021).

Como o custo relativo da fitase tem diminuído nas últimas décadas, o interesse em maiores concentrações de inclusão tem aumentado, levando ao surgimento do conceito de superdosagem e dos efeitos supranutricionais associados da fitase. Embora a superdosagem tenha sido possibilitada pelo custo competitivo da fitase no mercado, essa abordagem ganhou impulso substancial devido a uma variedade de efeitos benéficos importantes sobre o bem-estar animal, sustentabilidade, qualidade da carne, nutrição e saúde (Cowieson; Parsons, 2024).

Embora a principal razão para a adição de fitase como aditivo zootécnico seja melhorar a disponibilidade de fósforo, especula-se que os efeitos extrafosfóricos da suplementação de fitase exógena incluem melhor utilização de energia, aminoácidos, cálcio, zinco, cobre e outros minerais (Osunbami; Walk; Adeola, 2024). A expressão superdosagem de fitase é designada para se referir a uma alta dose de inclusão de fitase dietética que pode ser considerada como ≥ 1.500 FTU/kg ou ≥ 2.500 FTU/kg dependendo dos pesquisadores (Nacimento *et al.*, 2021). A inclusão de maiores doses de fitase tem sido associada a uma hidrólise mais intensificada do fitato e maior grau de degradação do IP6 em ésteres inferiores (IP5 para IP1) na medida em que não apenas o fósforo é disponibilizado, mas a disponibilidade de outros minerais e aminoácidos ligados ao fitato também é aumentada, melhorando a utilização global da dieta e impactando positivamente o desempenho zootécnico e mineralização óssea para frangos de corte (Bassi *et al.*, 2022).

Dependendo do microrganismo utilizado como doador gênico para a produção industrial de fitases, essas enzimas podem ser classificadas em bacterianas ou fúngicas (Nardelli *et al.*, 2018). Algumas fitases originárias de fungos como *Aspergillus niger* e *Aspergillus ficum*, são 3-fitases, enquanto outras derivadas de bactérias como *Escherichia coli* e *Buttiauxella sp*., são 6-fitases (Houshyar *et al.*, 2023).

Os produtos no mercado diferem quanto ao sítio de carbono do ataque inicial à molécula de fitato (Houshyar *et al.*, 2023), podendo ser capazes de hidrolisar ligações fitato no carbono 3 ou 6 para liberar o fósforo (Babatunde *et al.*, 2020).

Dependendo da atividade das enzimas e do pH ideal para catálise, as enzimas fitase são classificadas como fosfatases alcalinas, ácidas e neutras (Abbasi *et al.*, 2019). Fitases ácidas possuem ação em pH ótimo: 3,0–5,5 e fitases alcalinas possuem ação em pH ótimo: 7,0–8,0 (Humer; Schwarz; Schedle, 2015). A maioria das fitases resiste até 70 °C (Barrilli *et al.*, 2022) e a faixa ideal de pH para sua atividade está entre 2,5 e 5,5 (Shi *et al.*, 2023).

A maioria das fitases fúngicas exibem atividade ótima em pH ácido, sensibilidade a enzimas proteolíticas, exceto algumas, e ampla especificidade de substrato. Em contraste, as fitases bacterianas têm várias propriedades biológicas diferentes, como especificidade de fitato, atividade em pH ácido, neutro e alcalino, resistência à proteólise e alta eficiência catalítica (Sapna; Singh, 2016).

A eficácia das fitases comercialmente disponíveis é influenciada por muitos fatores (Leyva-Jimenez *et al.*, 2019) como: nível de cálcio da dieta, teor de fósforo, pH intestinal, concentração de fitato, espécie e idade das aves, dosagem da fitase, faixa ótima de pH para ação e resistência à ação de proteases no trato gastrintestinal (Oliveira *et al.*, 2018), tempo de permanência nas dietas experimentais (Walk; Veluri; Olukosi, 2024), concentração de substrato, tempo de exposição (Barrilli *et al.*, 2022), umidade, temperatura, presença de outras enzimas, além do tempo de passagem da digesta (Tizziani *et al.*, 2016), estabilidade do pH, estabilidade proteolítica, bem como estabilidade da temperatura (Humer; Schwarz; Schedle, 2015).

3.4 Qualidade da água de bebida na avicultura

A água é um nutriente vital, envolvido em todos os aspectos do metabolismo das aves (Kalita, 2019). Ela é o nutriente mais crítico na produção avícola, mas muitas vezes esquecido (Sheikh, 2019).

Em condições normais, o consumo de água pelas aves é cerca de duas vezes mais em relação ao consumo de ração, no entanto, durante o período de calor extremo, as necessidades de água podem facilmente quadruplicar (Kalita, 2019).

O conteúdo de água em uma ave é em média de 65-70% de seu peso (Sheikh, 2019), e está envolvida em importantes funções fisiológicas como: digestão, absorção, função enzimática, transporte de nutrientes, termorregulação, lubrificação de articulações e órgãos, eliminação de resíduos, respiração e ser um componente essencial do sangue e dos tecidos (Kalita, 2019).

Tendo em vista as funções da água, para crescimento eficiente e desempenho produtivo, é necessário que os frangos recebam água potável, limpa, fresca, saudável e em quantidade adequada (Kalita, 2019).

Nas aves o consumo de água depende de vários fatores incluindo: consumo de ração, temperatura da água, contaminação da água, temperatura do ambiente, tipo de bebedouros, altura e regulagem do bebedouro, pressão, fluxo da água e vazão (Sheikh, 2019).

A qualidade da água de qualquer fonte requer controle constante, principalmente em parâmetros físico-químicos como turbidez, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, dureza, cloro total e pH; e parâmetros biológicos como presença de patógenos, já que todos influenciam diretamente no consumo de água e no desempenho animal (Martínez *et al.*, 2021).

Os parâmetros a serem monitorados nos estabelecimentos avícolas são: os sólidos dissolvidos totais (SDT) até 500 mg/l, o pH na faixa recomendada de 6 a 9, dureza total com valor máximo permitido de até 110 mg de carbonato de cálcio/l, cloretos até 250 mg/l, nitratos até 10 mg/l, sulfatos com valor máximo permitido de 250 mg/l e *Escherichia coli* que o valor máximo permitido é 0 organismos/100ml (Fernandes, 2020). Na água, além da *Escherichia coli*, também podem ser encontrados *Salmonella spp*, *Vibrio cholerae*, *Leptospira spp*, protozoários e vermes. Os coliformes são classificados em totais e fecais, onde os totais representam 20 espécies pertencentes a família *Enterobacteriaceae*; os fecais representam os gêneros *Escherichia* e algumas cepas de *Enterobacter* e *Klebsiella*. A recomendação e que a água de bebida dos frangos deve ter no máximo de 10.000 UFC/100 ml de coliformes totais e 2.000 UFC/100 ml de coliformes fecais (Viola; Viola, 2011).

O pH é uma medida da acidez ou alcalinidade da água e sua escala para soluções aquosas está entre 1-14. Uma leitura de pH de 7 indica neutralidade, inferior a 7 indica acidez e pH superior a 7 indica alcalinidade. A abundância de íon hidrogênio é o que determina a acidez de uma solução, quanto mais íons de

hidrogênio, mais ácida é a amostra. Uma concentração mais alta de íons de hidrogênio resulta em uma pontuação mais baixa na escala de pH, enquanto uma concentração mais baixa de íons de hidrogênio resulta em uma pontuação mais alta na escala de pH. A água adquire propriedades ácidas ou alcalinas dependendo do tipo de substâncias com as quais entra em contato. Isso acontece naturalmente ou às vezes é incluído pelo homem (Kalita, 2019).

As aves preferem água com pH de 6,0 a 6,8, mas podem tolerar uma faixa de pH de 4 a 8 (Sheikh, 2019), além disso, o pH da água tem sido relacionado ao impacto nos órgãos digestivos e imunológicos e na saúde das aves (Martínez *et al.*, 2021).

Muitas empresas avícolas fazem uso de ácidos orgânicos na água potável com intuito de diminuir o pH, principalmente em situações estressantes, com o objetivo de reduzir a colonização de bactérias patogênicas intestinais e promover a exclusão competitiva (Martínez *et al.*, 2021).

3.5 Inclusão de ácidos orgânicos na água de bebida

A acidificação da água potável em animais de crescimento rápido como frango ajuda a manter o equilíbrio da microbiota ao nível do trato digestivo. Os ácidos orgânicos são capazes de atuar como bacteriostáticos ou bactericidas, especialmente na presença de microrganismos gram negativos (Santamaría; Quishpe, 2023).

O ácido acético (CH_3COOH), também conhecido como acetato, é um líquido higroscópico, incolor, inodoro e com cheiro pungente, com ponto de ebulição a 118,05 ºC e o ponto de fusão a 16,60 ºC. O ácido acético é um líquido solúvel em água, álcool, éter, glicerina, acetona, benzeno e tetracloreto de carbono, sendo um bom solvente para alguns compostos orgânicos e inorgânicos como enxofre e fósforo, sendo, entretanto, um líquido insolúvel em sulfeto de carbono (Durán e Espinoza, 2021).

A palavra vinagre vem do latim *vinum acre* cujo significado é “vinho azedo”, considerado um líquido ácido produzido através de dois processos de fermentação: alcoólica e acética (Yaguana, 2022). O vinagre é formado pela oxidação do álcool presente no vinho, na cerveja, na cidra e em diversas bebidas fermentadas. A

bactéria *Acetobacter* na presença de oxigênio converte o álcool do vinho em ácido acético. O vinagre contém em sua composição entre 5 e 8% de ácido acético e água (Durán; Espinoza, 2021).

O vinagre pode atuar na diminuição do pH do sistema digestivo dos animais dificultando a proliferação de bactérias e fungos que preferem um meio alcalino, ajudando, portanto, no equilíbrio da microbiota intestinal e na atividade do sistema imunológico, além de melhorar o aproveitamento dos nutrientes dos alimentos consumidos (Santamaría; Quishpe, 2023).

De acordo com Viola *et al.* (2008) a inclusão de uma mistura de ácidos orgânicos contendo ácidos lático, fórmico, acético e fosfórico na água de bebida melhoram o ganho de peso de frangos.

3.6 Relação entre fitase e pH da água de bebida

A inclusão de fitase na ração de frangos é uma estratégia nutricional que visa contribuir para o desempenho das aves a partir da hidrolise do fitato no trato gastrointestinal e liberação de nutrientes antes complexados, sendo a atividade da enzima dependente do pH intestinal. Também dependente do pH intestinal está a solubilidade dos quelatos de fitato com demais componentes da ração. Em pH ácido os quelatos de fitato são mais solúveis e mais suscetíveis à hidrólise, enquanto em pH mais próximo do neutro o fitato tem maior afinidade por cátions, e sua complexação com os nutrientes da dieta é promovida (Bassi *et al*., 2022).

A maioria das fitases comercialmente disponíveis são fitases ácidas, cuja atividade é otimizada em pH mais baixo. O trato gastrointestinal superior das aves (proventrículo e moela) tem um perfil de pH ácido, variando de 2,5 a 5,0, enquanto o pH no trato gastrointestinal inferior está em torno de 5,7 a 6,5. Entretanto, esses valores de pH podem ser alterados por fatores externos como a adição de ácido orgânico na dieta ou pela acidificação e/ou alcalinização da água potável de bebida, situação que pode influenciar a atividade ótima da fitase (Bassi *et al*., 2022).

Ácidos orgânicos como ácido acético, ácido fórmico, ácido propiônico, ácido butírico e outros ácidos carboxílicos como lático, tartárico, cítrico, málico e fumárico quando adicionados na dieta diminuem o pH da digesta, especialmente no trato

gastrointestinal, além de aumentar da atividade de pepsinogênios e zimogênios (Anwar *et al*., 2022).

O ácido cítrico (ácido orgânico) pode alterar o pH intestinal e melhorar a atividade enzimática da fitase, pois a eficácia da fitase está correlacionada tanto com a acidez quanto com a concentração de outros cátions livres, podendo, portanto, ser utilizado com ácidos orgânicos quelatados para possibilitar a eficácia da fitase (Nourmohammadi *et al.*, 2012).

O pH dentro de cada segmento do trato gastrointestinal determina o ambiente químico e influencia diretamente a digestão e absorção de nutrientes (Martínez *et al.*, 2021). O pH duodenal de aves saudáveis é superior a 6,0, mas, acredita-se que o pH duodenal reduzido aumente a eficácia da fitase, pois a faixa ideal de pH da fitase está entre 2,5 e 5,5 (Shi *et al.*, 2023).

Laurentiz *et al*. (2001) usaram 1% de vinagre e 0,05 % de ácido cítrico na água de bebida na primeira semana de vida de frangos, não encontraram diferença estatística entre os tratamentos, porém, houve uma tendência de melhor desempenho zootécnico para os frangos tratados com a mistura de ácidos.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento de campo foi realizado no Setor de Avicultura da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP), Faculdade de Engenharia, campus de Ilha Solteira, região Noroeste do Estado de São Paulo, com início em 10 de setembro de 2024 e término em 30 de setembro de 2024. Todo o procedimento utilizado na condução do experimento foi submetido à Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da referida unidade e aprovado sob parecer 08/2024 da reunião que ocorreu no dia 25 de junho de 2024 (Anexo 1).

4.1 Considerações gerais, instalações, aves e manejo

Foram conduzidos dois experimentos, sendo:

- Ensaio de desempenho zootécnico (7 a 21 dias de idade): foram utilizados 252 pintos de corte, com um dia de idade, machos, com peso médio de 39,031 g, da linhagem comercial Cobb® e vacinados no incubatório contra doença de Marek.
- Ensaio de metabolizabilidade dos nutrientes (18 a 20 dias de idade): foram utilizados 168 frangos selecionados através do peso médio das parcelas experimentais.

No período de 1 a 7 dias de idade as aves já estavam recebendo os devidos tratamentos, no entanto, o período não foi avaliado.

Em ambos os experimentos os frangos foram alojados em baterias de arame galvanizado com divisões de 0,90 x 0,45 x 0,25 m (comprimento x largura x altura), equipadas com bebedouros tipo copo, comedouros lineares tipo calha e bandejas para a coleta de excretas.

O manejo das aves foi de acordo com as recomendações do manual da linhagem Cobb®, com programa de luz e aquecimento inicial realizado com o auxílio de lâmpadas incandescentes de 100 watts. O fornecimento de água e ração foi *ad libitum* durante todo o período experimental.

Diariamente foram registrados os parâmetros de controle da qualidade do ambiente (temperatura e umidade do ar) e a mortalidade. Sendo que durante o período experimental a temperatura média foi de 28,8ºC, com a máxima de 37,1ºC e

a mínima de 21,1ºC e a umidade média do ar foi de 52,4%, com a máxima de 82,1% e a mínima de 30,8%, segundo o Sistema de Monitoramento Climático - UNESP Ilha Solteira.

4.2 Tratamentos e delineamento experimental

O delineamento experimental para os dois experimentos foram:

- Ensaio de metabolizabilidade dos nutrientes: delineamento inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 2x3, sendo os fatores principais a inclusão da fitase (0 e 100 g/ton) e o pH da água (4,48, 6,64 e 7,88), perfazendo 6 tratamentos, com 4 repetições cada, totalizando 24 parcelas experimentais com 7 aves.
- Ensaio de desempenho zootécnico: delineamento inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 2x3, sendo os fatores principais a inclusão da fitase (0 e 100 g/ton) e o pH da água (4,48, 6,64 e 7,88), perfazendo 6 tratamentos, com 6 repetições cada, totalizando 36 parcelas experimentais com 7 aves.

A fitase utilizada no experimento é cadastrada no Ministério Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), sendo autorizado a sua utilização para frangos. A fitase é do tipo bacteriana sendo o doador gênico a bactéria do gênero *Buttiauxella*. A dieta com fitase teve a inclusão de 100 g/ton o que representa 1.000 FTU/kg.

4.3 Preparo das rações experimentais

As rações experimentais foram preparadas na Fábrica de Rações da Fazenda Experimental da FEIS/UNESP de Ilha Solteira, formuladas à base de milho e farelo de soja (Tabela 1), seguindo as recomendações de exigências nutricionais para fase de criação inicial e composição dos alimentos preconizadas por Rostagno *et al*. (2024).

As rações foram preparadas no mesmo dia em misturador vertical da marca MFW máquinas, com tempo de mistura de 10 minutos. Os microingredientes foram pesados em balança de precisão de 2 gramas, e para não haver contaminação

cruzada a ração sem inclusão de fitase foi preparada primeiro, em seguida foi preparada a ração com inclusão de fitase. Na ração com fitase houve a pré-mistura da fitase com os demais microingredientes e posteriormente a pré-mistura foi adicionada ao misturador vertical com os macroingredientes.

Na ração com inclusão da fitase foi considerada a matriz nutricional indicada pelo fabricante, para: cálcio (1.500%), energia metabolizável (400.000 kcal/kg) e fósforo disponível (1.450%).

Tabela 1 - Ingredientes utilizados e composição nutricional da ração experimental para frangos de corte de 1 a 21 dias de idade (fase inicial)

Ingredientes (%)	Sem fitase	Com fitase
Milho grão 7,92%	51,28	53,38
Soja farelo 46%	40,22	39,86
Óleo soja	5,01	3,93
Fosfato bicálcico	1,66	0,87
Calcário	0,93	1,04
Sal comum	0,47	0,48
DL-metionina	0,22	0,22
*Mistura mineral	0,10	0,10
**Mistura vitamínica	0,10	0,10
Fitase	0	0,01
Total	100	100
Composição nutricional		
EM kcal/kg	2.900	2.900
PB %	23,00	23,00
Cálcio %	0,90	0,90
Fósforo disponível %	0,42	0,42
Lisina digestível %	1,11	1,11
Metionina digestível %	0,53	0,53
Sódio %	0,21	0,21

Nota: *Mistura mineral, níveis de garantia: cobre (min) 6,300,00 mg/kg; ferro (min) 52,50 g/kg; iodo (min) 1.260,00 mg/kg; manganês (min) 70,00 g/kg; selênio (min) 300,00 mg/kg; zinco (min) 63,00 g/kg.
**Mistura vitamínica, níveis de garantia: ácido fólico (min) 750,00 mg/kg; ácido pantotênico (min) 10,00 g/kg; biotina (min) 80,00 mg/kg; niacina (min) 40,00 g/kg; vitamina A (min) 8.000.000,00 UI/kg; vitamina B1 (min) 3.000,00 mg/kg; vitamina B12 (min) 18.000,00 µg/kg; vitamina B2 (min) 6.000,00 mg/kg; vitamina B6 (min) 3.250,00 mg/kg; vitamina D3 (min) 2.500.000,00 UI/kg; vitamina E (min) 15.000,00 UI/kg; vitamina K3 (min) 2.500,00 mg/kg. Fonte: Elaborado pelo autor.

4.4 Preparo da água de bebida

Para alteração do pH da água de bebida foi utilizado o vinagre de álcool comercial, cuja composição é água e ácido acético (CH_3COOH) ácido considerado orgânico. O experimento contou com 3 pH's de água de bebida, sendo: 4,48 (adição de 5 ml/L de vinagre de álcool), 6,64 (adição de 1 ml/L de vinagre de álcool) e 7,88 (sem adição de vinagre de álcool).

Para o preparo das soluções foram utilizadas três caixas d'água com volume de 310 litros, água não clorada do setor de avicultura e vinagre de álcool comercial. Uma das caixas não se incluiu o vinagre de álcool comercial, ficando com o pH 7,88; nas outras duas caixas d'água foram inclusos 1 e 5 ml/L de vinagre de álcool comercial para diminuir o pH, ou seja, acidificar a água de bebida. Na caixa d'água que foi incluído 1 ml/L de vinagre de álcool o pH foi de 6,64 e na caixa d'água que foi incluído 5 ml/L de vinagre de álcool o pH foi de 4,48.

Depois de preparadas as águas de bebida foram colocadas em caixas plásticas de 56 litros, providas de tampa e trava (6 no total representando cada tratamento). Essas caixas ficavam em cima das baterias e conectadas ao encanamento e mangueiras dos bebedouros automáticos tipo copo.

Durante o decorrer do experimento foi realizado o controle do pH da água através de um pHmetro B474 microNal duas vezes por semana.

4.5 Parâmetros avaliados

Durante o experimento foram avaliados os parâmetros de metabolizabilidade dos nutrientes e desempenho zootécnico.

Entre 18 e 20 dias de idade das aves foi realizado o ensaio de metabolismo através do método de coleta total de excretas. Para determinar o início e o final do período de coleta de excretas, foi definido o horário de início e final de coleta em um intervalo de 72 horas, com um intervalo de 12 horas entre cada coleta de excreta, que se baseia no fato de que parte das excretas que estavam no trato digestivo no início, são compensadas pelas perdas no final da coleta (Sakomura e Rostagno, 2016). Portanto foram três dias de coleta, com duas coletas ao dia totalizando seis coletas. Após a coleta as excretas foram acondicionadas em sacos plásticos

devidamente identificados por tratamento e repetição e congeladas a -20ºC. No final do período experimental foram determinadas em cada unidade experimental a quantidade de ração consumida e a quantidade total de excretas produzidas. No final do período de ensaio as amostras de excretas de cada coleta foram homogeneizadas e amostras representativas por unidade experimental foram enviadas ao Laboratório de Bromatologia da UNESP de Ilha Solteira para determinação dos teores de matéria seca (MS, %), proteína bruta (PB, %), extrato etéreo (EE, %), extrativo não nitrogenado (ENN, %), fibra bruta (FB, %), matéria mineral (MM, %) e fósforo (P, %), de acordo com as metodologias descritas por Silva e Queiroz (2006). A partir dos valores da análise bromatológica das rações e das excretas foram calculados os nutrientes digestíveis e os coeficientes de metabolizabilidade (CM) da proteína bruta (PB, %), extrato etéreo (EE, %), extrativo não nitrogenado (ENN, %), matéria mineral (MM, %) e fósforo (P, %) através da fórmula descrita por Sakomura e Rostagno (2016):

$$PB, EE, ENN, MM, P\ (\%) = \frac{(Nutriente\ ingerido - Nutriente\ excretado)}{Nutriente\ ingerido} * 100$$

$$CM\ (\%) = \frac{Nutriente\ digestível\ do\ alimento\ (\%)}{Nutriente\ do\ alimento\ (\%)} * 100$$

Para estimativa dos valores de energia metabolizávavel das rações (EM, kcal/kg de ração) foi utilizada a equação preconizada por Rostagno *et al*. (2024), onde PBd representa proteína bruta digestível, EEd extrato etéreo digestível e ENNd extrativo não nitrogenado digestível.

$$EM\ aves = 4{,}31 * PBd + 9{,}29\ EEd + 4{,}14 * ENNd$$

As características de desempenho zootécnico foram avaliadas para a fase inicial de 7 a 21 dias de idade. Os parâmetros de desempenho avaliados ao final de cada semana (14 e 21 dias de idade), foram: consumo de ração (g/ave), ganho de peso (g/ave) e conversão alimentar:

- Consumo de ração (g/ave): foi determinado por meio da diferença da pesagem da ração fornecida e a ração remanescente para cada parcela experimental, no final de cada fase experimental. A pesagem foi realizada em balança de precisão de 5 gramas.

- Ganho de peso (g/ave): foi determinado pela diferença de peso inicial e final da parcela no final de cada fase experimental. A pesagem foi realizada em balança de precisão de 5 gramas.
- Conversão alimentar: foi expressa em gramas de ração consumida para produzir gramas de peso vivo no final de cada fase experimental, ou seja, o consumo de ração foi dividido pelo ganho de peso corporal por unidade experimental.

4.6 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância, e quando houve efeito significativo dos fatores ($p \leq 0,05$) as médias foram comparadas pelo teste de Student-Newman-Keuls (SNK) a 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico SISVAR, versão 5.6.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Metabolizabilidade dos nutrientes

Não houve interação entre os fatores estudados (p>0,05) para o coeficiente de metabolizabilidade do EE (%) e ENN (%) e para EMa (kcal/kg) e não houve diferença estatística (p>0,05) para os fatores isoladamente (Tabela 2).

Houve interação entre os fatores estudados (p≤0,05) para o coeficiente de metabolizabilidade da PB (%), MM (%) e P (%) (Tabela 2).

Tabela 2 - Análise de variância dos dados de metabolizabilidade dos nutrientes e da energia metabolizável estimada no período de 18 a 20 dias de idade

	CM EE (%)	CM PB (%)	CM MM (%)	CM P (%)	CM ENN (%)	EMa kcal/kg
Fitase (F)						
0 g/ton	87,24	64,36	40,58	53,73	79,49	3248,20
100 g/ton	87,40	63,89	48,45	68,31	79,41	3259,03
pH						
4,48	87,46	63,63	45,04	61,20	79,69	3256,37
6,64	87,10	64,29	43,50	61,07	79,63	3257,78
7,88	87,40	64,44	45,01	60,79	79,03	3246,69
Níveis de significância						
Fitase	0,4467	0,2687	0,0000	0,0000	0,8191	0,3091
pH	0,3327	0,2536	0,1784	0,8383	0,2211	0,6422
F*pH	0,1658	0,0022	0,0019	0,0252	0,5775	0,1030
CV%	0,58	1,56	4,05	2,27	1,01	0,78

Nota: CM EE= coeficiente de metabolizabilidade do extrato etéreo; CM PB= coeficiente de metabolizabilidade da proteína bruta; CM MM= coeficiente de metabolizabilidade da matéria mineral; CM P= coeficiente de metabolizabilidade do fósforo; CM ENN= coeficiente de metabolizabilidade do extrativo não nitrogenado; EMa= energia metabolizável estimada. Médias seguidas de diferentes letras na mesma coluna diferem entre si pelo teste de SNK nível de significância 0,05%. Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 3 - Desdobramento das interações de metabolizabilidade dos nutrientes e energia metabolizável estimada

CM EE (%)			CM PB (%)		
	Fitase			Fitase	
pH	**0 g/ton**	**100 g/ton**	**pH**	**0 g/ton**	**100 g/ton**
4,48	87,50	87,42	**4,48**	64,76 Ba	62,50 Cb
6,64	87,19	87,01	**6,64**	63,37 Bb	65,22 Aa
7,88	87,02	87,77	**7,88**	64,94 Ba	63,94 Ba
CM MM (%)			**CM P (%)**		
	Fitase			Fitase	
pH	**0 g/ton**	**100 g/ton**	**pH**	**0 g/ton**	**100 g/ton**
4,48	40,80 Ab	49,27 Aa	**4,48**	54,19 Bb	68,20 Aa
6,64	37,80 Bb	49,20 Aa	**6,64**	52,62 Bb	69,52 Aa
7,88	43,13 Ab	46,89 Aa	**7,88**	54,37 Bb	67,21 Aa
CM ENN (%)			**EMa kcal/kg**		
	Fitase			Fitase	
pH	**0 g/ton**	**100 g/ton**	**pH**	**0 g/ton**	**100 g/ton**
4,48	79,88	79,50	**4,48**	3.263,79	3.248,96
6,64	79,42	79,84	**6,64**	3.236,78	3.278,78
7,88	79,16	78,91	**7,88**	3.244,04	3.249,34

Nota: CM EE= coeficiente de metabolizabilidade do extrato etéreo; CM PB= coeficiente de metabolizabilidade da proteína bruta; CM MM= coeficiente de metabolizabilidade da matéria mineral; CM P= coeficiente de metabolizabilidade do fósforo; CM ENN= coeficiente de metabolizabilidade do extrativo não nitrogenado; EMa= energia metabolizável estimada. Médias seguidas de diferentes letras na mesma coluna diferem entre si pelo teste de SNK nível de significância 0,05%. Médias seguidas de diferentes letras (**maiúsculas nas colunas** e **minúsculas nas linhas**), diferem entre si pelo teste de SNK 0,05% de probabilidade. Fonte: Elaborado pelo autor.

Na Tabela 3 observa-se que o maior coeficiente de metabolizabilidade de PB (%) foi obtido na ração com 100 g/ton da fitase associada ao pH de água de bebida 6,64, esse resultado demonstra que a fitase reduziu os fatores antinutricionais do ácido fítico, como formar complexos insolúveis com nutrientes essenciais como proteínas (Osunbami, Walk e Adeola, 2024) e inibir a eficiência de enzimas de digestão de proteínas, como pepsina e tripsina (Anwar *et al.*, 2022). Além disso, o maior coeficiente de metabolizabilidade da PB (%) aponta para uma maior síntese proteica e maior deposição muscular, o que contribui para um maior ganho de peso do frango, visto nos resultados de desempenho zootécnico.

O maior coeficiente de metabolizabilidade de MM (%) e P (%) foi obtido na ração com 100 g/ton da fitase, independente do pH da água de bebida (4,48; 6,64 e 7,88). De acordo com Dersjant-Li e Kwakernaak (2019) a fitase *Buttiauxella* é eficaz

em melhorar a digestibilidade de fósforo e outros macros e microminerais, pois sua atividade é ideal no pH 5,5, no entanto, sua faixa de atividade é ampla em relação ao pH, o que demonstra o motivo de a enzima proporcionar melhor aproveitamento de MM (%) e P (%) independente do pH da água de bebida.

Segundo Graña *et al.* (2013) dietas contendo fitase hidrolisam as ligações fitato-nutriente e liberam proteínas (nitrogênio), fósforo, cálcio, cobre e zinco, contribuindo assim para aumentar a retenção e reduzir a excreção desses nutrientes, no presente estudo PB, MM e P foram melhor aproveitados na dieta com 100 g/ton de fitase, o que demonstra que a excreção desses nutrientes foi menor, o que diminui o impacto ambiental e contribui para uma produção sustentável e ecológica.

5.2 Desempenho zootécnico

Na fase de 7 a 14 dias de idade não houve interação entre os fatores estudados ($p>0,05$). A inclusão de fitase na ração resultou em maior CR, maior GP e maior CA das aves. O pH da água influenciou apenas o GP das aves, sendo maior nas aves que consumiram água com pH=7,88 (Tabela 4).

Na fase de 14 a 21 dias de idade não houve interação entre os fatores estudados ($p>0,05$). A inclusão de fitase na ração resultou em maior CR e maior CA das aves. O pH da água não influenciou nenhuma das variáveis estudadas (Tabela 4).

Na fase de 7 a 21 dias de idade houve interação entre os fatores estudados ($p\leq0,05$) para GP e CA (Tabela 4).

Tabela 4 - Análise de variância dos dados de desempenho zootécnico no período de 7 a 21 dias de idade

	7 a 14 dias			14 a 21 dias			7 a 21 dias		
	CR (g)	**GP (g)**	**CA**	**CR (g)**	**GP (g)**	**CA**	**CR (g)**	**GP (g)**	**CA**
Fitase (F)									
0 g/ton	258,73 B	215,67 B	1,201 A	404,21 B	326,78	1,238 A	664,09	543,77	1,222
100 g/ton	283,53 A	230,43 A	1,232 B	435,39 A	338,92	1,286 B	728,11	575,22	1,266
pH									
4,48	263,93	215,30 C	1,227	412,32	327,62	1,260	675,54	542,92	1,244
6,64	274,52	223,26 B	1,230	419,28	330,41	1,270	707,70	562,54	1,257
7,88	274,94	230,60 A	1,192	427,80	340,54	1,256	705,06	573,04	1,230
Níveis de significância									
Fitase	0,0000	0,0011	0,0354	0,0000	0,0610	0,0001	0,0000	0,0006	0,0000
pH	0,1338	0,0172	0,0626	0,1261	0,2216	0,5238	0,0445	0,0176	0,0246
F*pH	0,9515	0,2657	0,0970	0,2765	0,2513	0,1533	0,3093	0,0344	0,0247
CV%	5,43	5,50	3,44	4,29	5,62	2,58	4,78	4,39	1,87

Nota: CR= Consumo de ração (g); GP=Ganho de peso (g); CA=Conversão alimentar. Médias seguidas de diferentes letras na mesma coluna diferem entre si pelo teste de SNK nível de significância 0,05%. Fonte: Elaborado pelo autor.

Na Tabela 5 observa-se que o maior GP foi obtido na ração com 100 g/ton da fitase associada aos pH's de água de bebida 6,64 e 7,88. A melhor CA foi obtida na ração sem inclusão da fitase associada aos pH's de água de bebida 4,48 e 7,88.

Tabela 5 - Desdobramento das interações de desempenho zootécnico

Consumo de ração (g)								
7 a 14 dias			**14 a 21 dias**			**7 a 21 dias**		
	Fitase			**Fitase**			**Fitase**	
pH	**0 g/ton**	**100 g/ton**	**pH**	**0 g/ton**	**100 g/ton**	**pH**	**0 g/ton**	**100 g/ton**
4,48	251,78	276,07	**4,48**	402,50	422,14	**4,48**	654,28	696,78
6,64	261,07	287,98	**6,64**	404,17	434,38	**6,64**	665,24	750,16
7,88	263,33	286,55	**7,88**	405,95	449,64	**7,88**	672,74	737,38
Ganho de peso (g)								
7 a 14 dias			**14 a 21 dias**			**7 a 21 dias**		
	Fitase			**Fitase**			**Fitase**	
pH	**0 g/ton**	**100 g/ton**	**pH**	**0 g/ton**	**100 g/ton**	**pH**	**0 g/ton**	**100 g/ton**
4,48	210,24	220,36	**4,48**	329,05	326,19	**4,48**	539,29 Bb	546,54 Bb
6,64	211,07	235,46	**6,64**	320,71	340,10	**6,64**	531,78 Bb	593,29 Aa
7,88	225,71	235,48	**7,88**	330,60	350,48	**7,88**	560,24 Ba	585,83 Aa
Conversão alimentar								
7 a 14 dias			**14 a 21 dias**			**7 a 21 dias**		
	Fitase			**Fitase**			**Fitase**	
pH	**0 g/ton**	**100 g/ton**	**pH**	**0 g/ton**	**100 g/ton**	**pH**	**0 g/ton**	**100 g/ton**
4,48	1,200	1,255	**4,48**	1,225	1,295	**4,48**	1,213 Aa	1,275 Bb
6,64	1,236	1,223	**6,64**	1,261	1,280	**6,64**	1,251 Bb	1,263 Bb
7,88	1,167	1,217	**7,88**	1,228	1,283	**7,88**	1,201 Aa	1,259 Bb

Nota: Médias seguidas de diferentes letras (**maiúsculas nas colunas** e **minúsculas nas linhas**), diferem entre si pelo teste de SNK 0,05% de probabilidade. Fonte: Elaborado pelo autor.

Segundo Fascina *et al.* (2017), o uso de ácidos orgânicos como acidificantes da água de bebida na produção de frangos de corte demostra efeitos e resultados inconsistentes por conta de vários fatores, como o ambiente, palatabilidade da ração, capacidade tampão da dieta, concentração de ácido orgânico utilizado, manejo, saúde intestinal, presença de outros compostos antimicrobianos, pH da água e expressão genética de aves, essas divergências ocorrem pois, de acordo com Dong *et al.* (2024), um mix de ácido fórmico e ácido propiônico como acidificante da água de bebida reduz apenas o pH do segmento anterior do trato digestivo, incluindo o papo, o proventrículo e a moela, enquanto os níveis de pH do intestino delgado e do ceco não foram alterados, a falta de efeito dos acidificantes no pH do intestino delgado pode estar relacionado a alta capacidade tampão da ração ou a dosagem insuficiente do ácido, além disso, Han *et al.* (2023) afirma que os ácidos orgânicos como acidificantes da água de bebida podem reduzir os valores

do pH do trato digestivo superior, mas não do trato digestivo inferior, pois os segmentos superiores podem metabolizar e absorver rapidamente os ácidos orgânicos. Essas afirmações indicam que há divergências em relação ao uso de ácidos orgânicos como acidificantes de água de bebida, pois, há uma dependência do tipo de ácido e da dose usada, no caso do presente estudo a quantidade do vinagre de álcool pode ter sido insuficiente ou acima do ideal.

No presente estudo a acidificação da água de bebida causou diminuição no GP das aves. Uma acidificação da água pelo uso de uma solução contendo ácido propiônico, propionato de amônio, ácido fórmico e formato de amônio, pode reduzir o pH da água de bebida de 7,8 para 4,2, o que causa redução do pH do papo, proventrículo e íleo de frangos de corte, além de reduzir a atividade de lipases duodenais (Hamid *et al*., 2018). A redução da atividade da lipase é decorrente desta queda no pH, pois o ideal para a ação desta enzima é um pH de 9.

Outro fator que pode contribuir para a queda no GP é a diminuição da ingestão de água e ração quando o uso de ácidos orgânicos é excessivo, isso por alterar o sabor ou estar relacionado a problemas intestinais subclínicos (Dong *et al*., 2024).

O aumento no consumo de ração e ganho de peso das aves que receberam fitase da ração pode estar associado a maior disponibilização de fósforo não fítico na ração, visto que este mineral atua na regulação do apetite das aves estimulando o consumo (Aderibigbe; Ajuwon; Adeola, 2022).

Já o favorecimento do ganho de peso promovido pela inclusão da fitase, observado nos 3 pH´s avaliados, pode estar relacionado às propriedades biológicas da enzima bacteriana utilizada, como especificidade de fitato, atividade em pH ácido, neutro e alcalino, resistência à proteólise e alta eficiência catalítica (Jain; Sapna; Singh, 2016).

De acordo com Sheikh (2019) as aves preferem água com pH de 6,0 a 6,8 fator comprovado nesse estudo, pois, ao pensar na metabolizabilidade dos nutrientes e desempenho os resultados foram melhores na água de bebida com pH = 6,64, valor que está dentro da preferência das aves.

Segundo Cardozo *et al*. (2015) ao analisarem a água de bebida de 31 granjas avícolas localizadas na região Sul de Santa Catarina, observaram que mais de 73,32% das propriedades avaliadas contavam com pH de água de bebida entre 6 e 9, sendo o pH médio de 6,5. Gama (2005) avaliou a água de bebida de 20

granjas avícolas localizadas no Município de Bastos e observou que 55% das propriedades continham pH entre 6 e 8. Extrapolando esses dados a nível de Brasil verifica-se que as fontes de água que abastecem os aviários tendem a ser de neutras a alcalinas. Esse dado é importante pois, o melhor GP e os melhores coeficientes de metabolizabilidade foram observados com a enzima fitase em combinação com a água de pH 6,64 e 7,88, que estão dentro da faixa de pH encontrado no país.

De acordo com Li *et al*. (2017) e Bello, Dersjant-Li e Korver (2019) a dose de 1.000 FTU/kg de fitase de *Buttiauxella* sp. exibiu maior degradação de mio-inositol hexafosfato (IP6) em todo o trato gastrointestinal. Segundo Dersjant-Li *et al*. (2021) a metabolizabilidade do inositol foi maior com 1.000 FTU/kg da fitase *Buttiauxella*, isso ocorre, pois, além de melhorar o aproveitamento do fósforo a fitase proporciona liberação do inositol presente na molécula do ácido fítico. A liberação de inositol pode proporcionar melhoras no desempenho zootécnico, pois, Fernandes *et al*. (2019) relatam que o inositol aumenta a reatividade tecidual à insulina que favorece o crescimento animal por estimular a via da insulina, aumentando a sensibilidade das células, além disso, Gonzalez-Uarquin, Rodehutscord e Huber (2020) relatam que o inositol desempenha papéis importantes em várias vias metabólicas diferentes, como metabolismo da glicose, catabolismo e manipulação renal, propriedades miméticas de insulina, metabolismo lipídico, formação óssea, metabolismo do músculo esquelético, reprodução e desenvolvimento do sistema nervoso. Conhecendo os efeitos do inositol pode-se explicar o motivo pelo qual as dietas com inclusão da fitase, no presente estudo, proporcionaram melhor GP.

6 CONCLUSÃO

A associação entre fitase e o pH da água de 6,64 proporciona maior metabolizabilidade da proteína, minerais e fósforo e maior ganho de peso das aves.

REFERÊNCIAS

ABPA. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL. **Relatório anual 2024**. P. 57 – 73. Disponível em: https://abpa-br.org/wp-content/uploads/2024/04/ABPA-Relatorio-Anual-2024_capa_frango.pdf. Acesso em: 20 jul. 24.

ABBASI, F.; FAKHUR-UN-NISA, T.; LIU, J.; LUO, X.; ABBASI, I. H. R. Low digestibility of phytate phosphorus, their impacts on the environment, and phytase opportunity in the poultry industry. **Environmental Science and Pollution Research**, Heidelberg, v. 26, n. 10, p. 9469–9479, 1 abr. 2019.

ADEJUMO, I. O.; BRYSON, B.; OLOJEDE, O. C.; BEDFORD, M. R.; ADEDOKUN, S. A. Effect of sodium sources and exogenous phytase supplementation on growth performance, nutrient digestibility, and digesta pH of 21-day-old broilers. **Poultry Science**, Amsterdam, v. 100, n. 11, p. 101467, 1 nov. 2021.

ADERIBIGBE, A. S.; AJUWON, K. M.; ADEOLA, O. Dietary phosphorus level regulates appetite through modulation of gut and hypothalamic expression of anorexigenic genes in broiler chickens. **Poultry Science**, Amsterdam, v. 101, n. 2, p. 101591, 1 fev. 2022.

AL-MUTAIRI, H. M. S.; HUSSEIN, E. O. S.; JAR EL NABI, A. R.; SWELUM, A. A.; ABD EL-HACK, M. E.; TAHA, A. E.; AL-MUFARREJ, S. I. Does the Consumption of Acidified Drinking Water Affect Growth Performance and Lymphoid Organs of Broilers? **Sustainability**, Basel, v. 12, n. 8, p. 3093, jan. 2020.

ANDRIGUETTO *et al*. **Nutrição animal**: as bases e os fundamentos da nutrição animal: os alimentos. São Paulo: Nobel, 1986. 395 p. v. 1.

ANWAR, U.; AHMAD, S.; ABDELGAYED, S. S.; HUSSAIN, M.; REHMAN, A.; RIAZ, M.; YOUSAF, M.; BILAL, M. Q.; BHATTI, S. A.; RAHMAN, M. A. Influence of Phytase with Or without Organic Acid (Sodium Di-Formate) Supplementation on Growth Performance, Carcass Response, Protein and Mineral Digestibility in Starter Phase of Broilers. **Brazilian Journal of Poultry Science**, Campinas, v. 24, p. eRBCA, 18 mar. 2022.

BABATUNDE, O. O.; JENDZA, J. A.; ADER, P.; XUE, P.; ADEDOKUN, S. A.; ADEOLA, O. Response of broiler chickens in the starter and finisher phases to 3 sources of microbial phytase. **Poultry Science**, Amsterdam, v. 99, n. 8, p. 3997–4008, 1 ago. 2020.

BARBOSA, N. A. A.; SAKOMURA, N. K.; BONATO, M. A.; HAUSCHILD, L.; OVIEDO-RONDON, E. Enzimas exógenas em dietas de frangos de corte: desempenho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, p. 1497–1502, ago. 2012.

BARRILLI, L. N. E.; SANTOS, M. C. DOS; BASSI, L. S.; KURITZA, L. N.; OLIVEIRA, S. G. DE; MAIORKA, A. Phytase in diets with different phytate concentrations for broilers. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 53, p. e20210831, 25 jul. 2022.

BASSI, L. S.; TEIXEIRA, L. V.; SENS, R. F.; SONÁLIO, K. C.; SANTOS, M. C.; KURITZA, L. N.; MAIORKA, A. Effect of phytase supplementation and drinking water pH for turkey poults. **Livestock Science**, Amsterdam, v. 265, p. 105069, 1 nov. 2022.

BEDFORD, M. R.; WALK, C. L.; MASEY O'NEILL, H. V. Assessing measurements in feed enzyme research: Phytase evaluations in broilers. **Journal of Applied Poultry Research**, Oxford, v. 25, n. 2, p. 305–314, 1 jun. 2016.

BELLO, A.; DERSJANT-LI, Y.; KORVER, D. R. The efficacy of 2 phytases on inositol phosphate degradation in different segments of the gastrointestinal tract, calcium and phosphorus digestibility, and bone quality of broilers. **Poultry Science**, Amsterdam, v. 98, n. 11, p. 5789–5800, 1 nov. 2019.

CARDOZO, N. R.; SILVA, V. R. DA; SIQUEIRA, J. D.; THALER, A.; MILETTI, L. C.; GEWEHR, C. E. Qualidade da água de granjas de postura comercial da região Sul de Santa Catarina em relação ao Ofício Circular Conjunto DFIP/DSA nº 1/2008. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 82, p. 01–07, 23 jun. 2015.

CHUNG, E. L. T.; NAYAN, N.; KAMALLUDIN, M.; ALGHIRANI, M.; JESSE, F. F. A.; KASSIM, N.; AZIZI, A.; REDUAN, M. F. H.; LOH, T. The effects of alkaline water and rainwater on the production and health performance of commercial broilers under tropical conditions. **The Thai Journal of Veterinary Medicine**, New York, v. 50, n. 1, p. 65–73, 1 mar. 2020.

COSTA, F. G. P.; BRANDÃO, P. A.; BRANDÃO, J. S.; SILVA, J. H. V. DA. Efeito da enzima fitase nas rações de frangos de corte, durante as fases pré-inicial e inicial. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG, v. 31, p. 865–870, jun. 2007.

COWIESON, A. J.; PARSONS, C. M. Effect of day-old chick weight on the response of broilers to high doses of exogenous phytase. **Poultry Science**, Amsterdam, v. 103, n. 2, p. 103296, 1 fev. 2024.

DALLMANN, H. M.; AVILA, V. S.; KRABBE, E. L.; SUREK, D.; BEDENDO, G. C.; TOLEDO, T. S.; DALLMANN, P. R.; ROLL, A. A. P.; ROLL, V. F. B.; RUTZ, F. Different phytase levels and energy densities in broiler diets on performance, nutrient digestibility, and bone integrity from 28 to 35 days of age. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 75, p. 280–292, 17 abr. 2023.

DERSJANT-LI, Y.; DAVIN, R.; CHRISTENSEN, T.; KWAKERNAAK, C. Effect of two phytases at two doses on performance and phytate degradation in broilers during 1–21 days of age. **PLOS ONE**, San Francisco, v. 16, n. 3, p. e0247420, 25 mar. 2021.
DERSJANT-LI, Y.; KWAKERNAAK, C. Comparative effects of two phytases versus increasing the inorganic phosphorus content of the diet, on nutrient and amino acid digestibility in boilers. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 253, p. 166–180, 1 jun. 2019.

DONG, Y.; GAO, X.; QIAO, C.; HAN, M.; MIAO, Z.; LIU, C.; YAN, L.; LI, J. Effects of Mixed Organic Acids and Essential Oils in Drinking Water on Growth Performance, Intestinal Digestive Capacity, and Immune Status in Broiler Chickens. **Animals**, Boston, v. 14, n. 15, p. 2160, jan. 2024.

DURÁN; ESPINOZA. **Influencia del ácido acético (vinagre) sobre parametros productivos em polos broiler Cobb 500.** [s.l: s.n.].

ESPINOZA, L. F. V.; GÓMEZ, J. J. A.; MORÁN, D. L. T.; BALDEÒN, J. J. G. Evaluation of broiler production with different doses of vinegars in drinking water in the Babahoyo canton. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, São Paulo, v. 5, n. 3, p. 3182–3198, 13 set. 2022.

FASCINA, V. B.; PASQUALI, G. A. M.; CARVALHO, F. B.; MURO, E. M.; VERCESE, F.; AOYAGI, M. M.; PEZZATO, A. C.; GONZALES, E.; SARTORI, J. R. Effects of Phytogenic Additives and Organic Acids, alone or in combination, on the Performance, Intestinal Quality and Immune Responses of Broiler Chickens. **Brazilian Journal of Poultry Science**, Campinas, v. 19, p. 497–508, set. 2017.

FERNANDES, J. I. M.; HORN, D.; RONCONI, E. J.; BUZIM, R.; LIMA, F. K.; PAZDIORA, D. A. Effects of Phytase Superdosing on Digestibility and Bone Integrity of Broilers. **Journal of Applied Poultry Research**, Oxford, v. 28, n. 2, p. 390–398, 1 jun. 2019.

FERNANDES, M. DE O. **Superdose de fitase, diferentes pH de água e dois sistemas de aviários sobre a eficiência produtiva de frangos de corte**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2020.

FUKAYAMA, E. H.; SAKOMURA, N. K.; DOURADO, L. R. B.; NEME, R.; FERNANDES, J. B. K.; MARCATO, S. M. Efeito da suplementação de fitase sobre o desempenho e a digestibilidade dos nutrientes em frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 37, p. 629–635, abr. 2008.

GAMA, N. M. S. Q. **Qualidade química e bacteriológica da água utilizada em granjas produtoras de ovos**. São Paulo: UNESP, 2005.

GONZALEZ-UARQUIN, F.; RODEHUTSCORD, M.; HUBER, K. Myo-inositol: seu metabolismo e potenciais implicações para a nutrição avícola: uma revisão. **Poultry Science**, Amsterdam, v. 99, n. 2, p. 893–905, 1 fev. 2020.

GRAÑA, A. L.; TAVERNARI, F. C.; LELIS, G. R.; ALBINO, L. F. T.; ROSTAGNO, H. S.; GOMES, P. C. Evaluation of nutrient excretion and retention in broilers submitted to different nutritional strategies. **Brazilian Journal of Poultry Science**, Campinas, v. 15, p. 161–168, jun. 2013.

HAMID, H.; SHI, H. Q.; MA, G. Y.; FAN, Y.; LI, W. X.; ZHAO, L. H.; ZHANG, J. Y.; JI, C.; MA, Q. G. Influence of acidified drinking water on growth performance and gastrointestinal function of broilers. **Poultry Science**, Amsterdam, v. 97, n. 10, p. 3601–3609, 1 out. 2018.

HAN, M.; CHEN, B.; DONG, Y.; MIAO, Z.; SU, Y.; LIU, C.; LI, J. Evaluation of Liquid Organic Acids on the Performance, Chyme pH, Nutrient Utilization, and Gut Microbiota in Broilers under High Stocking Density. **Animals**, Boston, v. 13, n. 2, p. 257, jan. 2023.

HOUSHYAR, M.; SAKI, A. A.; ALIKHANI, M. Y.; BEDFORD, M. R.; SOLEIMANI, M.; KAMAREHEI, F. Approaches to determine the efficiency of novel 3-phytase from *Klebsiella pneumoniae* and commercial phytase in broilers from 1 to 14 d of age. **Poultry Science**, Amsterdam, v. 102, n. 11, p. 103014, 1 nov. 2023.

HUMER, E.; SCHWARZ, C.; SCHEDLE, K. Phytate in pig and poultry nutrition. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, Berlin, v. 99, n. 4, p. 605–625, ago. 2015.

IQBAL, W.; YASEEN, M. A.; RAHMAN, M. A.; BHATTI, S. A.; RAHMAN, M. S.; YAQOOB, M. U.; AHMAD, F.; ZAHID, M. U.; SHOAIB, M. Effect of Phytase Supplementation on Growth Performance, Mineral Digestibility, and Tibia Calcium and Phosphorous in Broilers Fed Low Phosphorus Diets. **Brazilian Journal of Poultry Science**, Campinas, v. 25, p. eRBCA, 13 out. 2023.

JAIN, J.; SAPNA; SINGH, B. Characteristics and biotechnological applications of bacterial phytases. **Process Biochemistry**, London, v. 51, n. 2, p. 159–169, 1 fev. 2016.

KALITA, S. **Effect of drinking water of different sources on the performance of commercial broiler chicken during monsoon season**. [*S. l.*] College of Veterinary Science, Assam Agricultural University, Khanapara, Guwahati, jul. 2019.

KIARIE, E.; WOYENGO, T.; NYACHOTI, C. M. Efficacy of New 6-Phytase from Buttiauxella spp. on Growth Performance and Nutrient Retention in Broiler Chickens Fed Corn Soybean Meal-based Diets. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, Seoul, v. 28, n. 10, p. 1479, out. 2015.

LAURENTIZ, A.C.; SANTIN, E.; SILVA-FILARDI, R. Utilização de ácido acético (vinagre) via água de bebida durante a primeira semana em frangos de corte. *In*: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, Campinas, 2001. **Trabalhos de Pesquisa** [...] Campinas: FACTA, 2001. 23 p.
LELIS, G. R.; ALBINO, L. F. T.; CALDERANO, A. A.; TAVERNARI, F. DE C.; ROSTAGNO, H. S.; CAMPOS, A. M. DE A.; ARAÚJO, W. A. G. DE; RIBEIRO JUNIOR, V. Diet supplementation with phytase on performance of broiler chickens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 41, p. 929–933, abr. 2012.

LEYVA-JIMENEZ, H.; ALSADWI, A. M.; GARDNER, K.; VOLTURA, E.; BAILEY, C. A. Evaluation of high dietary phytase supplementation on performance, 42olo mineralization, and apparent ileal digestible energy of growing broilers. **Poultry Science**, Amsterdam, v. 98, n. 2, p. 811–819, 1 fev. 2019.

LI, W.; ANGEL, R.; KIM, S.-W.; BRADY, K.; YU, S.; PLUMSTEAD, P. W. Impacts of dietary calcium, phytate, and phytase on inositol hexakisphosphate degradation and inositol phosphate release in different segments of digestive tract of broilers. **Poultry Science**, Amsterdam, v. 96, n. 10, p. 3626–3637, 1 out. 2017.

LI, W.; ANGEL, R.; KIM, S.-W.; JIMÉNEZ-MORENO, E.; PROSZKOWIEC-WEGLARZ, M.; PLUMSTEAD, P. W. Impacts of age and calcium on Phytase efficacy in broiler chickens. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 238, p. 9–17, 1 abr. 2018.

LITZ, F. H.; FERNANDES, E. A.; BUENO, J. P. R.; SILVA, M. C. A.; CAROLINO, A.; MARTINS, J. M. S.; FAGUNDES, N. S.; NASCIMENTO, D. V. Digestibility, Determination of Metabolizable Energy and Bone Mineralization of Broilers Fed with Nutritionally Valued Phytase. **Brazilian Journal of Poultry Science**, Campinas, v. 19, p. 67–74, mar. 2017.

MARTÍNEZ, YORDAN; ALMENDARES, C. I.; HERNÁNDEZ, C. J.; AVELLANEDA, M. C.; URQUÍA, A. M.; VALDIVIÉ, M. Effect of Acetic Acid and Sodium Bicarbonate Supplemented to Drinking Water on Water Quality, Growth Performance, Organ Weights, Cecal Traits and Hematological Parameters of Young Broilers. **Animals**, Boston, v. 11, n. 7, p. 1865, jul. 2021.

MARTÍNEZ, Y.; GONZALEZ, A.; BOTELLO, A.; PEREZ, K. Effect of a Combination of Propionic-Acetic Acid on Body Weight, Relative Weight of Some Organs, Lactic Acid Bacteria and Intestinal pH of Neonatal Broilers. **Brazilian Journal of Poultry Science**, Campinas, v. 23, p. eRBCA, 9 abr. 2021.

NACIMENTO, R. A.; PELISSARI, P. H.; MORAES, U. R. T. DE; GONÇALVES, J. C.; WEN, N.; ARAÚJO, C. S. DA S.; GAMEIRO, A. H.; ARAÚJO, L. F Nutritional cost reduction and increase profitability in commercial broiler production using phytase superdosing. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 50, p. e20200031, 22 nov. 2021.

NARDELLI, N. B. DE S.; NAVES, L. DE P.; OLIVEIRA, D. H. DE; GARCIA JUNIOR, A. A. P.; LIMA, E. M. C.; OLIVEIRA, E. C. DE; RODRIGUES, P. B. Supplementation of fungal and/or bacterial phytase in broiler diets formulated with reduced phosphorus level and different calcium contents. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 47, p. e20170297, 8 nov. 2018.

NAVES, L. DE P.; CORRÊA, A. D.; BERTECHINI, A. G.; GOMIDE, E. M.; SANTOS, C. DOS. Effect of ph and temperature on the activity of phytase products used in broiler nutrition. **Brazilian Journal of Poultry Science**, Campinas, v. 14, p. 181–185, set. 2012.

NOURMOHAMMADI, R.; HOSSEINI, S. M.; FARHANGFAR, H.; BASHTANI, M. Effect of citric acid and microbial phytase enzyme on ileal digestibility of some nutrients in broiler chicks fed corn-soybean meal diets. **Italian Journal of Animal Science**, Abingdon, v. 11, n. 1, p. e7, 1 jan. 2012.

OLIVEIRA, D. H. DE; NAVES, L. DE P.; NARDELLI, N. B. DE S.; ZANGERÔNIMO, M. G.; RODRIGUES, P. B. Ileal digestibility of calcium and phosphorus in broilers fed diets with different phytases and Ca:available P ratios. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 53, p. 1222–1229, nov. 2018.

OSUNBAMI, O. T.; WALK, C. L.; ADEOLA, O. Digestible calcium equivalency of phytase and nutrient utilization of broiler chickens fed graded levels of limestone or phytase during the starter phase. **Poultry Science**, Amsterdam, v. 103, n. 2, p. 103360, 1 fev. 2024.

ROSTAGNO, H. S. *et al*. Tabelas brasileiras para aves e suínos. **Composição de alimentos e exigências nutricionais**, [*s. l.*], v. 5, p. 215, 2024.

ROSTAGNO, H. S. *et al*. Tabelas brasileiras para aves e suínos. **Composição de alimentos e exigências nutricionais**, [*s. l.*], v. 5, p. 264, 2024.

SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. 2 ed. Jaboticabal: FUNEP, 2016. 262 p.

SANTAMARÍA; QUISHPE. **Evaluación del efecto de la levadura de cerveza (Saccharomyces cerevisiae) y el vinagre de manzana como probióticos em la alimentación de polos broilers**. [s.l.] Guaranda. Universidad Estatal de Bolívar. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente. Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia, jul. 2023.

SENS, R. F.; BASSI, L. S.; ALMEIDA, L. M.; ROSSO, D. F.; TEIXEIRA, L. V.; MAIORKA, A. Effect of different doses of phytase and protein content of soybean meal on growth performance, nutrient digestibility, and bone characteristics of broilers. **Poultry Science**, Amsterdam, v. 100, n. 3, p. 100917, 1 mar. 2021. SHEIKH. Water as a critical nutrient in maintenance of poultry health and its role in production performance. **International Journal of Veterinary Sciences and Animal Husbandry**, 9 jun. 2019.

SHI, H.; WANG, J.; WHITE, D.; MARTINEZ, O. J. T.; KIM, W. K. Impacts of phytase and coccidial vaccine on growth performance, nutrient digestibility, bone development, and intestinal gene expression of broilers fed a nutrient reduced diet. **Poultry Science**, Amsterdam, v. 102, n. 11, p. 103062, 1 nov. 2023.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos**: métodos químicos e biológicos. 3. Ed. Viçosa: UFV, 2006. 235 p.

TIZZIANI, T.; DONZELE, R. F. M. DE O.; DONZELE, J. L.; BALBINO, E. M.; SILVA, A. D.; FIGUEIREDO, É. M. DE; MUNIZ, J. C. L.; JACOB, R. DE F. Available phosphorus levels in diets supplemented with phytase for male broilers aged 22 to 42 days kept in a high-temperature environment. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 45, p. 48–55, fev. 2016.

VIOLA, E. S.; VIEIRA, S. L.; TORRES, C. A.; FREITAS, D. M. DE; BERRES, J. Desempenho de frangos de corte sob suplementação com ácidos lático, fórmico, acético e fosfórico no alimento ou na água. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 37, p. 296–302, fev. 2008.

VIOLA, E. S.; VIOLA, T. H. **Água na avicultura**: importância, qualidade e exigências. [*S. l*.], 2011.

WALK, C. L.; VELURI, S.; OLUKOSI, O. A. Ileal mineral digestibility and expression of nutrient transporter genes of broiler chickens in response to variable dietary total Ca and phytase supplementation are influenced by time on experimental diet and age of the birds. **Poultry Science**, Amsterdam, v. 103, n. 2, p. 103326, 1 fev. 2024.

YAGUANA. **Efecto del vinagre de manzana sobre los índices productivos y pH intestinal em pollos de engorde em el cantón Cevallos**. [*S. l: s. n*.], 2022.

APÊNDICE A - CERTIFICADO