

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

DAIANE CRESPÃO

**ADITIVO ENZIMÁTICO EM DIETAS PARA FRANGOS DE CORTE NA FORMA
FÍSICA FARELADA E PELETIZADA**

DOIS VIZINHOS

2023

DAIANE CRESPÃO

**ADITIVO ENZIMÁTICO EM DIETAS PARA FRANGOS DE CORTE NA FORMA
FÍSICA FARELADA E PELETIZADA**

**Enzymatic additive in diets for broiler chickens in the physical form of mash
and pellets**

Dissertação apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Zootecnia, do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador(a): Prof. Dr. Ricardo Vianna Nunes.

**DOIS VIZINHOS
2023**



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



DAIANE CRESPO

ADITIVO ENZIMÁTICO EM DIETAS PARA FRANGOS DE CORTE NA FORMA FÍSICA FARELADA E PELETIZADA

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre Em Zootecnia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Produção Animal.

Data de aprovação: 24 de Fevereiro de 2023

Dr. Ricardo Vianna Nunes, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dr. Bruno Serpa Vieira, Doutorado - Universidade Federal de Uberlândia (Ufu)

Dra. Sabrina Endo Takahashi, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 31/03/2023.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por não me desamparar.

A minha família Elvo, Cléria e Deise. A minha Amiga Paula, pelo carinho e por não ter deixado eu me abater. E a meu amigo Renan, pelos anos de amizade.

Ao Prof. Dr. Ricardo Vianna Nunes, pela oportunidade de poder desenvolver este trabalho sob sua orientação, bem como pela paciência, ensinamentos e compreensão.

Ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual do Oeste Paraná, pela sua estrutura através do aviário experimental e do abatedouro para realização de atividades relacionadas a este trabalho.

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus de Dois Vizinhos, pela contribuição neste trabalho de pesquisa.

A Tânia, Cleison e Nilton, além dos demais do grupo de pesquisa, por toda a ajuda em todas as etapas desse importante processo na minha vida.

Ao grupo Gemada, pelo auxílio no desenvolvimento de atividades relacionadas ao trabalho e todo aprendizado adquirido.

RESUMO

O presente estudo foi realizado para avaliar inclusão de um complexo enzimático em rações para frangos de corte, na forma farelada e peletizada, com valorização de energia metabolizável, cálcio e fósforo, e seus efeitos sobre o desempenho, parâmetros bioquímicos do sangue, morfometria intestinal, características ósseas, perfil de ácidos graxos voláteis do ceco, rendimento de carcaça e cortes de frangos de corte de 1 a 42 dias de idade. Foram utilizados 1320 pintos de corte machos, de um dia Cobb 500, distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado. Os tratamentos experimentais foram organizados em um esquema fatorial 3x2 com três dietas experimentais (controle positivo (CP) formulada para atender as exigências nutricionais das aves; controle negativo (CN) com uma valorização de 100 kcal kg⁻¹, 15 pontos percentuais para cálcio e fósforo; CN mais a adição de 200g kg⁻¹ do complexo enzimático (Allzyme® SSF), e duas formas físicas da ração (farelada e peletizada). Houve interação entre os estudados para a conversão alimentar (CA) em todos os períodos. Ainda, para a CA foi encontrado efeito (P<0,05) da dieta, tanto na ração farelada quanto na peletizada. Quando fornecida na forma farelada, os animais que receberam a dieta CP apresentaram melhor CA em relação as que receberam as dietas CN e CN+Enz. Já, quando fornecida na forma peletizada, a CA dos animais que receberam as dietas CP e RCN+AE foi melhor quando comparada as aves que receberam a dieta CN. A ração peletizada aumentou (P<0,05) o peso final (PF), o ganho de peso (GP), a resistência óssea, o índice de seedor, a matéria mineral, o rendimento de carcaça e o rendimento de peito das aves. A inclusão do complexo enzimático melhorou (P<0,05) o PF e o GP das aves em relação ao CN, após os 21 dias. Não houve diferença (P>0,05) entre as dietas para as características ósseas, perfil de ácidos graxos voláteis do ceco e rendimento de carcaça e corte. Conclui-se que a adição do complexo enzimático na dieta peletizada, com valorização da matriz nutricional, proporciona efeitos positivos no desempenho de frangos de cortes de 1 a 42 dias e o processo de peletização melhora a características ósseas, aumenta as concentrações dos parâmetros bioquímicos proteicos do soro e o rendimento de carcaça das aves.

Palavras-chave: Enzimas Exógenas; Fitato; Matriz Nutricional; Peletização.

ABSTRACT

An experiment was carried out to evaluate the inclusion of an enzymatic complex in rations in mash and pellet form, with valorization of metabolizable energy, calcium and phosphorus, and its effects on performance, blood biochemical parameters, intestinal morphometry, bone characteristics, acid profile Cecal volatile fatty acids, carcass yield and cuts of broiler chickens from 1 to 42 days of age. A total of 1320 Cobb 500 day-old male broiler chicks were distributed in a completely randomized design. The experimental treatments were organized in a 3x2 factorial scheme with three experimental diets (positive control (PC) formulated to meet the nutritional requirements of the birds; negative control (CN) with an enhancement of 100 kcal kg⁻¹, 15 percentage points for calcium and phosphorus; NC plus the addition of 200g kg⁻¹ of the enzymatic complex (Allzyme® SSF), and two physical forms of feed (meal and pelleted). There was interaction between those studied for feed conversion (CA) in all periods Also, for the AC, an effect (P<0.05) of the diet was found, both in the mash and pelleted rations. When provided in the mash form, the animals that received the CP diet had better AC compared to those that received the diets CN and CN+Enz. However, when supplied in pelleted form, the AC of the animals that received the CP and RCN+AE diets was better when compared to the birds that received the CN diet. The pelleted feed increased (P<0.05) the weight final (PF), weight gain (GP), res bone strength, seeder index, mineral matter, carcass and breast yield. The inclusion of the enzymatic complex improved (P<0.05) the PF and GP of the birds in relation to the CN, after 21 days. There was no difference (P>0.05) between diets for bone characteristics, cecal volatile fatty acid profile, and carcass and cut yield. It is concluded that the addition of the enzymatic complex in the pelleted diet, with enhancement of the nutritional matrix, provides positive effects on the performance of broilers from 1 to 42 days old. Also, the pelleting of the feed improves bone characteristics, increases the levels of protein biochemical parameters in the whey and the carcass yield of the birds.

Keywords: Exogenous enzymes; Phytate; Nutritional matrix; Pelletizing.

TABELAS

Tabela 1 - Composição e especificações nutricionais (g kg ⁻¹) das rações experimentais utilizadas na fase inicial (1 a 21d), crescimento (22 a 33d) e terminação (34 a 42d) para frangos de corte	28
Tabela 2- Atividade da fitase nas rações fareladas e peletizadas suplementadas como aditivo enzimático.....	29
Tabela 3- Desempenho de frangos de corte de 1 a 10 e 1 a 21 dias, alimentados com rações farelada ou peletizada, suplementadas ou não com aditivo enzimático.....	36
Tabela 4 - Desdobramento da interação entre as os tipos de dietas e a forma física da ração sobre o desempenho de frangos de corte de 1 a 10 e 1 a 21 dias de idade.....	37
Tabela 5 - Desempenho de frangos de corte de 1 a 33 e 1 a 42 dias, alimentados com rações farelada ou peletizada, suplementadas ou não com aditivo enzimático.....	39
Tabela 6 - Desdobramento da interação entre as os tipos de dietas e a forma física da ração sobre a conversão alimentar de frangos de corte aos 33 e 42 dias de idade.....	40
Tabela 7 – Parâmetros bioquímico sérico de frangos de corte aos 40 dias de idade alimentados com rações farelada ou peletizada, suplementadas ou não com aditivo enzimático.....	44
Tabela 8 – Atividade enzimática sérica de frangos de corte aos 40 dias de idade alimentados com rações farelada ou peletizada, suplementadas ou não com aditivo enzimático	45
Tabela 9 - Desdobramento da interação entre tipos de dietas e forma física da ração sobre a atividade sérica da aspartato aminotransferase e nas concentrações séricas de creatinina de frangos de corte aos 40 dias de idade	45
Tabela 10 – Morfometria intestinal do duodeno e jejuno, de frangos de corte aos 40 dias de idade alimentados com rações farelada ou peletizada, suplementadas ou não com aditivo enzimático	47
Tabela 11 - Desdobramento da interação entre as os tipos de dietas e a forma física da ração sobre a área de absorção do duodeno e do jejuno de frangos de corte aos 40 dias de idade.....	48
Tabela 12 – Parâmetros ósseos dos tibiotarsos, de frangos de corte aos 42 dias de idade alimentados com rações farelada ou peletizada, suplementadas ou não com aditivo enzimático	51
Tabela 13 – Atividade enzimática sérica de frangos de corte aos 40 dias de idade alimentados com rações farelada ou peletizada, suplementadas ou não com aditivo enzimático.....	53
Tabela 14 – Rendimento de carcaça, cortes, peso relativo do fígado e percentagem de gordura abdominal de frangos de corte aos 42 dias de idade alimentados com rações farelada ou peletizada, suplementadas ou não com aditivo enzimático	54

LISTA DE ABREVIATURAS

AA	Área de absorção
AC	Altura da cripta
ALT	Alanina aminotransferase
AST	Aspartato aminotransferase
AV	Altura do vilo
CA	Conversão alimentar
CN	Controle negative
CP	Controle positive
CR	Consumo de ração
EMAn	Energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio
GP	Ganho de peso
IS	Índice de Seedor
LC	Largura da cripta
PNA's	Polissacarídeos não amiláceos
RO	Resistência óssea
UE	Unidade experimental
V/C	Relação vilo:cripta

LISTA DE SIGLAS

ABPA	Associação Brasileira de Proteína Animal
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
MAPA	Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento
PNSA	Programa Nacional de Sanidade Avícola
UNIOESTE	Universidade Estadual do Oeste do Paraná

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 Objetivos	11
1.2 Objetivos específicos	11
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
2.1 Fatores antinutricionais	12
2.1.1 Fitato	13
2.1.2 Polissacarídeos não-amiláceos (PNA's)	14
2.2 Enzimas: importância e características	16
2.2.1 Enzimas na alimentação de frangos de corte	19
2.2.2 Allzyme spectrum.....	21
2.3 Peletização	22
2.3.1 Efeito das enzimas e peletização de ração.....	24
3 MATERIAL E MÉTODOS	26
3.1 Tratamentos e instalações	26
3.2 Diets experimentais e complexo enzimático	26
3.3 Variáveis analisadas	29
3.3.1 Desempenho e características de carcaça	29
3.3.2 Parâmetros bioquímicos do sangue.....	30
3.3.3 Morfometria intestinal.....	31
3.3.4 Características ósseas.....	32
3.3.5 Perfil de ácidos graxos voláteis do ceco	32
3.4 Procedimentos estatísticos	34
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	35
4.1 Desempenho	35
4.2 Parâmetros bioquímicos do sangue	43
4.3 Morfometria intestinal	46
4.4 Características ósseas	49
4.5 Perfil de ácidos graxos voláteis do ceco	52
4.6 Rendimento de carcaça e cortes	53
5 CONCLUSÕES	56
REFERÊNCIAS	57

1 INTRODUÇÃO

A indústria avícola mundial é um dos principais setores da agroindústria, e no Brasil apresenta um dos maiores meios de fortalecimento econômico. Esta se destaca na produção de carnes, buscando menores custos de produção, associado a melhorias na nutrição, genética, manejo, ambiência e nos controles sanitários aplicados (ALAGAWANY *et al.*, 2018). Esses fatores associados levam a melhorar a competitividade da carne brasileira, como também a qualidade de todos os produtos de origem animal ofertados.

O Brasil é o maior exportador de carne de frango e a cada ano vem se destacando como um dos maiores produtores (ABPA, 2022). No entanto, as rações das aves representam os maiores custos de produção, e por tal, cada vez mais estudos são voltados à melhoria do aproveitamento dos ingredientes, e, conseqüentemente dos nutrientes que são ofertados nas dietas.

As dietas formuladas na avicultura de corte são baseadas em grãos, principalmente o milho e o farelo de soja (ABASSI *et al.*, 2019). Contudo, as aves não produzem enzimas capazes de digerir todos os nutrientes, limitando o aproveitamento destes, o que refletindo em um desempenho negativo.

Alguns fatores antinutricionais, como o fósforo fítico e os polissacarídeos não amiláceos (PNA's), estão presentes nas rações e podem afetar a digestão e absorção diminuindo o desempenho das aves. Nesse viés, muitas pesquisas são realizadas na perspectiva de estudar a utilização de enzimas exógenas, as quais são incorporadas às dietas de frangos de corte com o objetivo de melhorar a digestibilidade dos nutrientes como o fósforo, nitrogênio e cálcio, o que possibilita maior retorno econômico, além de reduzir as perdas de nutricionais pelas excretas (ALAGAWANY *et al.*, 2018; WALK; BEDFORD, 2020).

Nessa conjuntura, o processo de peletização, é um importante método que consiste em transformar materiais farelados submetidos à ação mecânica associada a temperatura, umidade, e pressão em pellets ou grânulos. Durante o processo de aquecimento, associado a umidade, os grânulos de amido têm uma mudança em sua estrutura, pois ocorre a ruptura das pontes de hidrogênio que estabilizam a estrutura cristalina presente internamente no grânulo do amido envolvendo maior quantidade de água, esse processo faz com que o grânulo de amido se dissolva, de uma forma irreversível na água, tendo a água a função de deixar o amido, que antes era

inacessível as enzimas, mais macio e flexível, diminuindo a viscosidade do mesmo. Tal processo facilita a ação enzimática e disponibilização de fibras que visam melhorar a digestão e a performance das aves, tanto em ganho de peso como em conversão alimentar (VILELA FILHO, 2022).

Nesse cenário, é importante se atentar ao manejo nutricional na avicultura, com a introdução de enzimas e suas especificidades, com a finalidade de aumentar e/ou manter o desempenho da produção. Assim, a hipótese é que a inclusão de um aditivo enzimático nas rações na forma farelada e peletizada, com valorização de energia metabolizável, cálcio e fósforo, melhorará o desempenho, parâmetros sanguíneos, rendimento de carcaça, desenvolvimento das vilosidades intestinais e qualidade óssea de frangos de corte.

1.1 Objetivos

Avaliar a inclusão do aditivo enzimático *Allzyme Spectrum*[®], em rações fareladas e peletizadas, para frangos de corte e seus efeitos sobre o desempenho, parâmetros sanguíneos, rendimento de carcaça e cortes, morfometria intestinal, concentração de ácidos graxos voláteis do ceco e qualidade óssea de 1 a 42 dias de idade.

1.2 Objetivos específicos

- Avaliar o desempenho (conversão alimentar, ganho de peso e consumo de ração) de frangos de corte, 1 a 42 dias de idade;
- Determinar os parâmetros sanguíneos AST, ALT, gammaGT, ácido úrico, creatinina, proteínas totais, glicose, colesterol, triglicerídeos, albumina e globulina sérica das aves;
- Verificar morfometria intestinal do duodeno e jejuno, assim como, qualidade óssea, rendimento de carcaça e cortes;
- Avaliar a concentração dos diferentes ácidos graxos voláteis de cadeia curta do ceco;
- Avaliar o efeito do processamento da ração sobre o efeito da atividade enzimática.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Fatores antinutricionais

A carne de frango tornou-se uma ótima fonte de proteína na alimentação de milhares de pessoas, o que promoveu um rápido desenvolvimento da produção avícola. Contudo, o forte avanço nos preços de *comodities* utilizados na alimentação animal instigou a busca por melhorias na saúde intestinal das aves, visando o melhor aproveitamento de ingredientes com o intuito de reduzir os custos de produção e facilitar o acesso dessa proteína a população (NGUYEN *et al.*, 2022).

As dietas de frangos de corte têm como base o milho e farelo de soja, cereais que possuem fatores antinutricionais, principalmente polissacarídeos não amiláceos (PNA's) e ácido fítico. Esses componentes antinutricionais afetam o valor nutritivo das dietas, influenciando as funções digestivas e os processos metabólicos das aves o que promove desempenho negativo para o animal (NGUYEN *et al.*, 2022).

Os fatores antinutricionais são considerados subprodutos do metabolismo secundário das plantas com papel fundamental no crescimento, desenvolvimento e reprodução das espécies vegetais. Nas plantas esses compostos atuam principalmente com a função de proteção contra o ataque de microrganismos (fungos e bactérias), insetos e pássaros, sendo considerados evolutivamente importantes para a sobrevivência da espécie as adversidades do ambiente (ANDRADE *et al.*, 2015; ALI *et al.*, 2022).

Em vista disso, define-se os fatores antinutricionais como compostos presentes em alimentos de origem vegetal que podem reduzir o valor nutritivo, interferindo na digestibilidade, absorção ou utilização dos nutrientes pelo animal. Além disso, se ingeridos em altas concentrações, podem acarretar efeitos nocivos à saúde animal, como diminuir sensivelmente a disponibilidade de aminoácidos essenciais e minerais, provocar irritações e lesões na mucosa gastrintestinal, aumentar o trânsito e a viscosidade da digesta no intestino e a excreção excessiva de agentes poluentes (ANDRADE *et al.*, 2015; ABBAS, 2020; MALHADO *et al.*, 2022).

Logo, todos esses fatores supracitados devem ser levados em consideração ao formular dietas, visto que influenciam na seletividade e eficiência dos processos biológicos, o que pode causar problemas gastrointestinais e resultar em baixa

performance de desempenho em animais de produção (ABBAS, 2020; MALHADO *et al.*, 2022).

2.1.1 Fitato

O fitato ou ácido fítico (hexafosfato de mio-inositol) é a forma de estocagem de fósforo na maioria das plantas, principalmente em cereais e sementes oleaginosas. Tem um importante papel no processo de germinação da semente e regulação de fósforo disponível para os processos metabólicos, contudo, na nutrição animal é considerado um fator antinutricional, pois apesar de armazenar cerca de 50 a 80% do fósforo presente na semente, essa molécula torna o fósforo indisponível para utilização pelo animal (ANGEL *et al.*, 2002; DERSJANT-LI *et al.*, 2015).

Logo, a presença do fitato é desfavorável na formulação das dietas, e, em razão de sua característica aniônica, o fitato tende a formar quelatados com íons multivalentes, como o magnésio, ferro e zinco, por exemplo, formando complexos estáveis e resistentes a ação de enzimas digestivas, capturando esses minerais e diminuindo sua biodisponibilidade no organismo (ANGEL *et al.*, 2002; DERSJANT-LI *et al.*, 2015).

Como o fitato compõe 60% e 72% do fósforo presente no farelo de soja e no grão de milho, respectivamente pode ocorrer também a interferência desse antinutriente na digestão proteica, a partir da ligação com aminoácidos (arginina, histidina e lisina), proteínas e enzimas (tripsina e α -amilase) (ROSTAGNO *et al.*; 2017; DERSJANT-LI *et al.*, 2015; MOITA e KIM, 2022).

No lúmen intestinal, o fitato promove o aumento na secreção endógena de aminoácidos ao se ligar a proteínas da digesta e a enzimas endógenas (como as proteases), esse processo ocorre por meio de feedback negativo. Conseqüentemente, ocorre a crescente produção de mucinas para proteger a mucosa do excesso de enzimas, como por exemplo, a pepsina gástrica. E essa cadeia de eventos promove o sequestro de aminoácidos endógenos, impedindo sua reabsorção, o que interfere na funcionalidade da homeostase gastrointestinal, influenciando uma crescente perda endógena de aminoácidos e redução na absorção de nutrientes (WOYENGO *et al.*, 2013; DERSJANT-LI *et al.*, 2015; MOITA e KIM, 2022).

O fitato presente nos componentes vegetais da ração das aves contém aproximadamente 28,2% de fósforo, entretanto, devido a sua baixa disponibilidade, comumente é observado a adição de outras fontes desse mineral com o objetivo de atender aos níveis adequados de fósforo exigidos para aves. Além disso, houve uma preocupação ambiental frente ao excesso de resíduos eliminados via excreção, o aumento da poluição no solo e água, e os crescentes custos em ração animal. Esses fatores associados ao fato das aves não produzirem enzimas capazes de liberar o fósforo fítico no intestino, instigaram a busca por estratégias alternativas, como a suplementação exógena com enzimas como as fitases, capazes de hidrolisar esses complexos de fitato e disponibilizar nutrientes essenciais que possibilitem o máximo crescimento da ave (ANGEL *et al.*, 2002; SILVA *et al.*, 2008; ZENG *et al.*, 2011; MOITA e KIM, 2022).

2.1.2 Polissacarídeos não-amiláceos (PNA's)

Os polissacarídeos não amiláceos (PNA's) como arabinosilanos, beta-glucanos, celulose, hemicelulose e pectina, são carboidratos de cadeias longas presentes na constituição da parede celular dos vegetais (FERREIRA *et al.*, 2015; ALAGAWANY *et al.*, 2018).

Devido ao baixo valor nutricional nos ingredientes, os PNA's são um dos principais fatores antinutricionais encontrados nas dietas de frangos de corte, pois podem alterar a velocidade de passagem dos alimentos ao longo do trato gastrointestinal, favorecendo a proliferação de bactérias patogênicas, dificultando a ação das enzimas endógenas e sais biliares, e prejudicando a difusão ou transporte dos nutrientes no lúmen intestinal, conseqüentemente, interferindo negativamente na disponibilidade de alguns nutrientes para as aves (FERREIRA *et al.*, 2015).

Cerca de 10 a 30 % da composição dos cereais na dieta de aves contém PNA's. Esses cereais podem ser classificados como viscosos (cevada, aveia e trigo) e não viscosos (milho, arroz e sorgo) conforme a solubilidade dos PNA's presentes. Já os PNA's são classificados em solúveis e insolúveis conforme sua solubilidade em água e as alterações físico-químicas ocasionadas na digesta. A partir dessas características, pode-se observar alterações na viscosidade da digesta, na

composição das enzimas digestivas, e no movimento e tempo de passagem pelo trato gastrointestinal (SLOMINSKI, 2011; MOITA e KIM, 2022).

Os PNA's solúveis atuam aumentando a viscosidade da digesta devido a capacidade de absorver água, o que conseqüentemente reduz o tempo da passagem do alimento pelo trato gastrointestinal e impede a ação de enzimas, reduzindo a absorção de nutrientes e aumentando o teor de umidade nas excretas. Contudo, em quantidades adequadas proporciona um ambiente mais favorável para a proliferação de bactérias benéficas principalmente em aves jovens, cuja microbiota pode ser modulada, bem como atua na produção de ácidos graxos de cadeia curta (GUO *et al.*, 2022; MORGAN *et al.*, 2022; NGUYEN *et al.*, 2022).

Já os PNA's insolúveis (fibras brutas) acabam dissolvendo os nutrientes o que impossibilita o acesso de enzimas digestivas. Entretanto, devido a absorção de água, ocorre um aumento no tamanho da digesta, o que estimula a função da moela e proventrículo, reduzindo o tempo de trânsito do alimento no trato gastrointestinal das aves e mantendo a consistência da digesta, que na porção final do intestino, promove a fermentação microbiana favorecendo a proliferação de bactérias benéficas (YOKHANA *et al.*, 2016; MORGAN *et al.*, 2022).

Frente a importância dos PNA's Gallaher *et al.* (2000) observaram que os PNA's solúveis reduzem as partículas lipídicas séricas e alteram os parâmetros do colesterol, pois ocasionam a formação de uma massa gelatinosa que dificulta a ação das enzimas. Kermanshahi *et al.* (2018) relataram que a adição de alimentos para frangos de corte com altos níveis de PNA's solúveis como a pectina, resultaram em aumento da viscosidade intestinal, o que diminuiu a digestibilidade, prejudicando o desempenho, a microbiota e a morfologia intestinal.

Mais recentemente Nguyen *et al.* (2022) observaram que conforme a base da dieta (trigo ou milho) níveis mesmo que baixos de PNA's possibilitam um ambiente mais favorável para a proliferação de bactérias benéficas. Concordando, um estudo Guo *et al.* (2022) demonstraram vários resultados de polissacarídeos a base plantas e seus benefícios na regulação da abundância de bactérias intestinais, bem como efeito positivo na produção de ácidos graxos de cadeia curta em aves. Morgan *et al.* (2022) avaliaram diferentes proporções de xilanases, uma enzima exógena que degrada PNA's, observando tanto a influência positiva quanto negativa no desempenho de crescimento em frangos de corte. Já Zhang *et al.* (2014) verificaram

que a utilização da enzima xilanase em frangos melhorou a digestibilidade do amido, da proteína, dos PNA's, o que refletiu no desempenho das aves.

Como os PNA's são polissacarídeos que não podem ser degradados por enzimas endógenas sintetizadas pelas aves, destaca-se a importância de estudos aprofundados focados em suplementação de enzimas exógenas, como as xilanases, a fim de esclarecer os mecanismos que possibilitam maior aproveitamento de nutrientes e formulação de dietas adequadas.

2.2 Enzimas: importância e características

As enzimas são catalizadores biológicos proteicos que atuam em substratos específicos, conforme condições de temperatura, umidade e pH, em um tempo definido. Todas as reações bioquímicas que acontecem nos organismos vivos são catalisadas por diferentes enzimas (ANGEL, SORBARA, 2014).

A introdução de enzimas na alimentação animal foi relatada pela primeira vez em 1925 por Hervey, que demonstrou melhora no ganho de peso em poedeiras da linhagem *Leghorn*. Como em 2019, estudaram o desempenho de galinhas poedeiras com a introdução de enzimas na dieta (ELWINGER *et al.*, 2016; BEDFORD, 2018).

Atualmente o emprego e manipulação de enzimas na avicultura é comercializada em escala mundial. O setor avícola começou a utilizar enzimas para melhorar a digestão dos nutrientes, mostrando seus benefícios na conversão alimentar e ganho no peso corporal, bem como para minimizar os impactos ambientais (ABD EL-HACK *et al.*, 2018; MOITA e KIM, 2022; MORGAN *et al.*, 2022).

Na indústria, as enzimas são adquiridas principalmente a partir de microorganismos, como bactérias (*Bacillus lentus*, *B. subtilis*, *B. stearothermophils* e *B. amyloliquifaciens*), leveduras (*Sacharomyces cerevisiae*) e fungos (*Aspergillus niger*, *A. oryzae* e *Trichoderma longibrachiatum*) (ALAGAWANY *et al.*, 2018).

A partir da sua origem e local de atuação, as enzimas podem ser classificadas como endógenas ou exógenas. As enzimas endógenas são produzidas pelo próprio animal ou mesmo pela microbiota residente no trato gastrointestinal do mesmo. Já as enzimas exógenas são fornecidas como aditivos alimentares para auxiliar a digestão de nutrientes essenciais (BARLETTA, 2010; ALVES-CAMPOS *et al.*, 2017).

As enzimas exógenas são utilizadas na nutrição animal de duas formas, para complementar quantitativamente a atuação de enzimas endógenas, melhorando a digestão e auxiliando em processos enzimáticos pré-existentes, ou como aditivos alimentares, quando o animal não tem a capacidade de produção (ALVES-CAMPOS *et al.*, 2017; PEREIRA, 2017).

Apesar de ainda ter muito a ser descoberto sobre os efeitos da adição de enzimas na ração animal, alguns mecanismos de ação já são bem conhecidos, como sua atuação sobre ligações químicas que não podem ser hidrolisadas por enzimas endógenas, degradação de fatores antinutricionais que reduzem a digestibilidade e aumentam a viscosidade da ração, ruptura da parede celular de alimentos vegetais e liberação de nutrientes aderidos, digestão de nutrientes, redução das secreções e perda de nutrientes endógenos no intestino, e aumento das enzimas digestivas insuficientes ou inexistentes no animal (VELÁZQUEZ-DE LUCIO *et al.*, 2021).

A produção de enzimas consiste na preparação com uso de filamentos e leveduras em estado sólido e/ou estado líquido. O estado sólido consiste na obtenção de microrganismos para inocular o sistema, após isso, ocorre o preparo do substrato composto de subprodutos minimamente processados, como farelo de arroz, trigo ou soja. Os microrganismos selecionados são semeados em substrato esterilizado, posteriormente misturados e acondicionados em um reator para que ocorra a fermentação. Após a fermentação, o material é secado, moído, padronizado e embalado (GOMES *et al.*, 2019).

Porém a produção de enzimas em estado líquido apresenta maior rendimento se comparada com as preparações em estado sólido, logo, são mais usuais na indústria. A produção de enzimas em estado líquido, consiste na imersão de microrganismos em um meio líquido rico em nutrientes, que são acondicionados em um fermentador com controle total da temperatura, pH e oxigênio, a fim de oferecer condições ideais para o crescimento microbiano. Após a conclusão do processo de fermentação, o meio líquido rico em enzimas é seco, processado e padronizado pela indústria. Além disso, conforme o método de preparação (sólido ou líquido) são obtidas diferentes enzimas. Ressalta-se que enzimas obtidas por fermentação em estado líquido apresentam maior qualidade, e possibilitam o desenvolvimento de novas enzimas capazes de agregar benefícios para a nutrição, trazendo uma nova e atual geração de enzimas conhecidas como complexos enzimáticos naturais (GOMES *et al.*, 2019).

Como a atuação da enzima é específica (proteína-substrato), ou seja, para se obter a ação desejada o substrato alvo deve estar presente, por exemplo, a fitase atuará somente na presença de fitato, a amilase do amido e a xilanase das xilanas. Por esse motivo, sugere-se que as misturas de enzimas sejam mais efetivas que enzimas individuais, atuando sobre uma série de polissacarídeos da parede celular dos grãos, levando a um melhor aproveitamento da dieta, principalmente em frangos jovens (1 a 15 dias de idade) que ainda não apresentam um desenvolvimento completo do sistema enzimático (VASCONCELLOS *et al.*, 2011). Nesse viés, tem surgido um crescente interesse por estudos voltados a associação de enzimas em complexos multienzimáticos para melhorar a digestibilidade e o desempenho das aves (HUSSEIN *et al.*, 2020; ATTIA *et al.*, 2022; YAQOOB *et al.*, 2022).

Para produção e industrialização em larga escala as enzimas devem possuir uma alta estabilidade térmica (75°C – 90°C), para que mesmo após o processamento térmico, como por exemplo, durante o processo de peletização da ração, ainda consiga se manter suas propriedades enzimáticas ativas. Além disso, as enzimas devem ser estáveis em variações de pH extremos, pois passaram pelos diferentes segmentos do trato gastrointestinal dos animais (DOURADO *et al.*, 2014; PEREIRA, 2017).

Vale destacar, que para maximizar o uso das enzimas é importante avaliar corretamente qual a disponibilidade de substrato, capacidade de aproveitamento dos resíduos da hidrólise enzimática e o custo-benefício (ORDONEZ *et al.*, 2018). Assim, muitos preparos enzimáticos têm sido estudados e aplicados em rações para melhorar a digestibilidade dos alimentos.

Em vista disso, estudos recentes têm encontrado resultados favoráveis para o uso de enzimas exógenas no melhor aproveitamento de nutrientes, diminuição dos efeitos antinutricionais de dietas vegetais, redução de poluentes via excreção animal e melhores resultados na taxa de crescimento em aves (ZHANG *et al.*, 2014; NUNES *et al.*, 2015; PTAK *et al.*, 2015; VALADARES *et al.*, 2016; ALAGAWANY *et al.*, 2018; ABD EL-HACK *et al.*, 2018).

2.2.1 Enzimas na alimentação de frangos de corte

Devido a incapacidade das aves em romper a parede celular dos grãos e vegetais, as enzimas exógenas são frequentemente utilizadas nas dietas, com o intuito de potencializar a digestibilidade desses polissacarídeos não acessíveis (SCAPINI, 2015).

Estas enzimas controlam sequências de reações químicas em sistemas biológicos, acelerando os processos químicos, sem serem alteradas neste percurso e retornando ao seu estado original quando a reação se completa (SCAPINI, 2015).

Conforme o substrato de atuação, comercialmente as enzimas são divididas em três classes principais: carboidrases, proteases e fitase (Tabela 1) (VELÁZQUEZ-DE LUCIO *et al.*, 2021).

Quadro 1 - Enzimas utilizadas no processamento de ração animal

Categoria	Enzima	Substrato	Atuação
Carboidrases	Xilanases Glucanases Pectinases Celulases Amilases	Carboidratos (fibras e/ou amido)	Redução da viscosidade da digesta; redução na umidade na cama; degradação da celulose e liberação de nutrientes; suplementação das enzimas endógenas e degradação mais eficiente do amido; melhora da digestibilidade da biomassa vegetal e aumenta a energia.
Proteases	Proteases	Proteínas	Suplementação das enzimas endógenas e degradação mais eficiente das proteínas; aumento da retenção aparente de nitrogênio em todo o trato digestivo.
Fitase	Fitase	fitato	Degrada as ligações de fitato liberando nutrientes aprisionados; aumenta a absorção de fósforo, reduzindo a possibilidade de contaminação do solo e da água por meio de excretas.

Fonte: A autora, 2022. Adaptado de Choct, Kocher, 2000 e Velázquez-De Lucio *et al.*, 2021.

Na suplementação de aves, as enzimas mais utilizadas são as xilanases, glucanases, pectinases, celulases, proteases, amilases, fitases e galactosidases. Seu uso foi incorporado na maioria das dietas, devido a comprovada melhora nos parâmetros nutricionais (VELÁZQUEZ-DE LUCIO *et al.*, 2021). A fitase por exemplo, descoberta em 1907, é uma enzima fundamental nas indústrias produtoras de rações

para não ruminantes, por melhorar a digestão e absorção do fósforo pelo organismo, através da hidrólise de ácido fitico, ocorrendo a liberação de fosfato inorgânico (SANDHYA *et al.*, 2019). A fitase é proveniente de microrganismos como fungos ou bactérias, e pode ser classificada como 3-fitases ou 6-fitases, conforme o local (ligação de carbono 3 ou 6 no fitato) em que iniciam a hidrólise parcial da molécula (WALK *et al.*, 2012).

Costa *et al.* (2007) em sua pesquisa com a adição de enzimas na ração de frangos de corte na fase pré-inicial e inicial ressaltam que os excelentes resultados no desempenho podem estar diretamente relacionados com a diminuição da viscosidade intestinal das aves, melhorando a digestão e absorção dos nutrientes no trato digestivo, e ainda proporcionando ganho de peso nas aves.

Walters *et al.* (2019) observaram que a inclusão de altas doses de fitase (2.000 e 3.000 FTU kg⁻¹) produziu melhorias no desempenho dos frangos, na digestibilidade dos nutrientes e mineralização óssea até os 28 dias, proporcionando melhor consumo de ração e elevado peso corporal.

Complementando, outros estudos com suplementação de fitase em frangos demonstraram aumento do peso corporal, redução da conversão alimentar, modulação da microbiota intestinal, aumento no teor de minerais, redução na excreção de fósforo, melhora nos parâmetros ósseos e morfometria intestinal, e maior digestibilidade de fitato (PTAK *et al.*, 2015; ABD EL-HACK *et al.*, 2018; MOITA e KIM, 2022).

As xilanases também se destacam na nutrição de aves, são enzimas produzidas por fungos como *Aspergillus niger* e *Trichoderma*, e são capazes de hidrolisar polissacarídeos de hemicelulose conhecidos como xilanas, reduzindo os efeitos antinutricionais desse PNA que está presente em dietas vegetais (ALVES-CAMPOS *et al.*, 2017; MOITA; KIM, 2022). Muitos autores relataram seus efeitos na redução da viscosidade da digesta, facilitando o acesso de enzimas endógenas aos seus substratos levando a benefícios na digestibilidade dos nutrientes e no desempenho de crescimento (NUNES *et al.*, 2007; DOURADO *et al.*, 2014; KHADEM *et al.*, 2016; ALVES-CAMPOS *et al.*, 2017; MOITA e KIM, 2022).

Além dessas enzimas específicas, muitos ensaios experimentais com enzimas exógenas nas dietas de aves foram realizados a fim de compreender o importante papel nutricional desses aditivos na nutrição animal. Marchiori *et al.* (2022) relataram

que ao introduzir enzimas exógenas em uma dieta formulada para atender as necessidades mínimas de frangos de corte, essas aves tiveram um índice de produtividade maior do que as aves controle que não receberam enzimas exógenas na dieta. Gallardo *et al.* (2020) observaram que a adição de enzimas exógenas melhorou a digestibilidade e o valor nutricional dos alimentos, pois auxiliou na degradação de carboidratos e proteínas, favorecendo o processo de digestibilidade animal.

Além de avaliações individualizadas, complexos multienzimáticos tem despertado o interesse dos pesquisadores. Por exemplo, Wang *et al.* (2021) demonstraram que a suplementação com fitase é uma estratégia nutricional eficaz para melhorar a utilização de fósforo. Entretanto, perceberam que a combinação de fitase juntamente com a adição da carboidrase melhora a eficácia da enzima fitase, colaborando para o desempenho o crescimento e a mineralização óssea de frangos de corte.

Em outro teste com um complexo enzimático (amilase, protease e xilanase) na dosagem de 500 g t⁻¹ em dietas com grãos de milho de qualidade nutricional variada Fernandes *et al.* (2017) observaram que até os 21 dias de idade ocorreu maior ganho de peso e consumo de ração. Outros autores, como Amerah *et al.* (2017) realizaram um ensaio para avaliar os efeitos da utilização de um blend enzimático usando xilanase, amilase e protease na forma individual ou combinada para verificar o desempenho e a digestibilidade dos nutrientes em frangos de corte alimentados com dietas a base de milho e soja, e encontraram melhores resultados com a combinação das enzimas sobre o desempenho, sugerindo que as enzimas atuaram de forma sinérgica para melhoria da digestão.

Nesse contexto, a utilização de enzimas exógenas propõe uma variedade de aplicabilidades possíveis, principalmente no setor avícola, e encoraja a busca por constantes atualizações e elucidações acerca de seu uso e funcionalidade na nutrição animal.

2.2.2 Allzyme spectrum

A allzyme spectrum é um aditivo multienzimático produzido pela Alltech (Brasil Agroindustrial Ltda.) a partir do fungo *Aspergillus niger* não transgênico. Esse aditivo

tem a capacidade de aumentar a disponibilidade de energia, proteínas, aminoácidos, fósforo e cálcio no organismo das aves. É composto por fitase e xilanase, cada qual atuando sobre substratos específicos, como por exemplo, a fitase age sobre o ácido fítico e a xilanase sobre os PNA's, permitindo que esses substratos sejam melhor aproveitados pelo animal. A enzima fitase atua liberando o fósforo quelatado, para que dessa forma o ácido fítico não forme complexos com proteínas e minerais. Já a xilanase realiza a quebra da parede celular vegetal liberando o amido presente e o tornando disponível para o consumo pelo animal (GENTILINI *et al.*, 2009).

2.3 Peletização

O crescente desenvolvimento da cadeia avícola englobando melhorias genéticas e de bem-estar animal, exige do setor maior eficiência na conversão alimentar e melhor aproveitamento de nutrientes pelas aves. Além disso, levando em conta o crescente custo das rações, houve a busca por dietas mais balanceadas e melhorais nos processos que envolvem a nutrição de aves, principalmente estratégias alternativas como adição de enzimas exógenas e a preparação de rações formuladas levando em conta todas as alterações físico-químicas que o alimento sofre até ser consumido pelo animal (MEURER *et al.*, 2008; BORDA-MOLINA *et al.*, 2018).

Atualmente, na produção de frangos de corte existem diversas formas físicas de ração utilizadas, mas as comumente utilizadas são a forma farelada e a peletizada. Na forma farelada não existe processo térmico na finalização do produto, ou seja, após o processo de mistura dos ingredientes e padronização do tamanho de partícula, a ração é colocada em um misturador que combina tempo e forma de processo para sua finalização. Esse processo garante rações homogêneas contribuindo para diminuir a heterogeneidade da mistura, fornecendo todos os ingredientes de forma igualitária, para que as aves possam ingerir todos os ingredientes presentes na dieta. Neste processo o valor investido é menor e não há nenhum processo térmico (MASSUQUETO *et al.*, 2018; ABADI *et al.*, 2019).

Já no processo de peletização, ocorre a aglomeração das partículas presentes na ração por meio da combinação de umidade, pressão e calor. Na produção de ração peletizada, após o processo de moagem (que também pode ser conjunta ou individual) e de mistura da ração, a massa já homogênea é submetida a um processo físico e

térmico. O processo físico envolve uma matriz (conhecida também como prensa ou peletizadora), na qual a massa de ração será prensada fisicamente contra essa matriz para unir as partículas, as quais tem tamanho definido já na moagem, formando um pellet. Nesse processo são injetados calor e umidade para que essa ração permaneça no formato de pellet (ABDOLLAHI *et al.*, 2011). A vaporização do calor e umidade promove um pré-cozimento dos ingredientes que estão sendo utilizados na dieta, este pré-cozimento está associado a uma melhoria da digestibilidade do amido presente no milho, que no Brasil, geralmente, constitui a maior parte da mistura (AL-RABADI *et al.*, 2017). Ou seja, o processo de peletização utiliza a massa da dieta, já misturada e passada por um alimentador e um condicionador de vapor até alcançar a temperatura de aproximadamente 90° C. Nessa etapa, ocorre o pré-cozimento da dieta, essa massa quente e úmida é prensada contra essa matriz de peletização formando o pellet, o qual após saída da matriz irá passar por um rápido resfriamento mantendo o formato e características adquiridas (ABDOLLAHI *et al.*, 2011).

Entretanto, devido à complexidade desse processo, a peletização aumenta o custo de produção na fabricação da ração, ocasionando maior consumo de energia elétrica para produção de calor e a contratação de um contingente maior de mão de obra que seja qualificada ou bem treinada, para evitar problemas principalmente com temperatura, visto que alterações desse parâmetro podem modificar os componentes da dieta, promovendo a desnaturação de enzimas e reduzindo o valor nutricional do produto (SLOMINSKI, 2011; NADERINEJAD *et al.*, 2016).

Esse processo que associa umidade, calor e pressão já está consolidado a muito tempo e vem sendo utilizado desde o século 20 nos EUA, devido aos diversos benefícios como: a redução no tempo de apreensão da ração pela ave, diminuição na seletividade dos nutrientes, diminuição no desperdício dos ingredientes e redução na quantidade de poeira (COFFEY *et al.*, 2016; NADERINEJAD *et al.*, 2016).

Todos esses diferenciais referentes ao uso de rações peletizadas, são bem investigados na literatura. Diversos estudos comprovaram a vantagem da peletização para o desempenho das aves, como maior densidade energética e aumento no consumo de ração. (CORZO *et al.*, 2011; CHEWNING *et al.*, 2012; MINGBIN *et al.*, 2015; MASSUQUETTO *et al.*, 2018). Além disso, estudos comparativos de Massuquetto *et al.* (2020) e Abdallah *et al.* (2011), demonstraram um aumento de 14%

no consumo de ração em aves alimentadas com dietas peletizadas quando comparada com dietas fareladas.

2.3.1 Efeito das enzimas e peletização de ração

Na nutrição animal, as enzimas exógenas são utilizadas com o intuito de promover melhorias na digestibilidade dos nutrientes, favorecendo o aproveitamento de elementos como fósforo, cálcio, aminoácidos e energia. Sua utilização tem como finalidade potencializar a eficiência produtiva da ave, melhorar o custo-benefício das dietas e reduzir a excreção de nutrientes, buscando minimizar possíveis danos ambientais (PAULO, 2021).

As enzimas alimentares atuam principalmente provocando a ruptura da parede celular das fibras, reduzindo a viscosidade da digesta do intestino proximal, hidrolisando as proteínas e diminuindo os efeitos dos fatores antinutricionais, tornando os nutrientes mais disponíveis para o animal e suplementando a produção de enzimas endógenas (PAULO, 2021).

Atualmente, já se utiliza o processo de peletização de ração com o intuito de melhorar a digestibilidade de alguns nutrientes, como por exemplo o amido presente em muitos ingredientes vegetais (ABADI *et al.*, 2019). Durante o processo de peletização, o amido sofre alteração nas pontes de hidrogênio e nos grânulos, logo, o calor e a umidade facilitam o acesso das enzimas antes mesmo da ingestão pelo animal. Conseqüentemente, favorece o processo de digestão, o que melhora o desempenho dos frangos de corte, tanto em ganho de peso como em conversão alimentar (SOUZA, 2022; TRUELOCK *et al.*, 2022).

Além disso, comparada com as rações fareladas, a peletização apresenta vantagens, maior peso corporal, melhor conversão alimentar, destruição de contaminantes alimentares, melhor palatabilidade e aumento na digestibilidade dos nutrientes em aves (AMERAH *et al.*, 2008; CHEWNING *et al.*, 2012; LV *et al.*, 2015; MASSUQUETTO *et al.*, 2020).

Logo, o processo de peletização tem sido considerado um fator importante na fabricação de dietas na nutrição animal, visto que a maioria das enzimas exógenas são sintetizadas por bactérias ou fungos (*Bacillus subtilis* e *Aspergillus*) e geralmente

são termolábeis, ou seja, são sensíveis a temperaturas excessivas, o que pode inativar sua ação enzimática por meio de desnaturação proteica (PAULO, 2021).

A termo estabilidade das enzimas durante a preparação das rações peletizadas é uma preocupação constante. Em vista disso, estudos vêm sendo feitos com o intuito de avaliar se dietas contendo enzimas tiveram redução da atividade enzimática em rações peletizadas. Slominski *et al.* (2007) e De Bruyne, (2000) observaram que a enzima fitase teve cerca de 10% de redução na ação enzimática quando exposta a temperaturas de 80°C no processo de acondicionamento. Também observaram a possibilidade de aplicação da enzima pós-peletização, para evitar perdas no processo de formação de pellet, contudo, mesmo aplicando após a formação do pellet, também foi verificada diminuição na atividade da enzima, visto que está acaba por ficar exposta totalmente fora do pellet, além do fato da ração armazenada ser acondicionada a temperaturas mais altas no processo de estocagem.

Concordando, Pope e Fahrenholz (2020) avaliaram as temperaturas de condicionamento do peletizador, percebendo que conforme a temperatura aumentava a recuperação da fitase nos pellets diminuía.

Resultados diferente foram observados por Ipcak *et al.* (2019), que utilizando a peletização associada a suplementação de enzimas teve como resultado, a melhora na conversão alimentar, desempenho de crescimento e digestibilidade de nutrientes, recomendando a adição produtos multienzimáticos com associação da peletização na alimentação de frangos.

Contudo, a maioria dos trabalhos encontrados na literatura reforçam que as diferentes enzimas apresentam tolerância variada a aumentos de temperatura durante a peletização. Em vista disso, a magnitude da inativação enzimática é depende das condições de peletização, como temperaturas mais altas e tempos de retenção mais longos durante o condicionamento a vapor (ABDOLLAHI *et al.*, 2013). Logo, a associação do processo de peletização com a utilização de enzimas na dieta está intimamente atrelado a estratégias tecnológicas que maximizem as qualidades físicas e nutricionais das rações sem a necessidade de utilização de altas temperaturas durante os processos industriais. Portanto, estudos voltados a modelos de fabricação de dietas animais associados a utilização de enzimas na nutrição de aves é de suma importância para obter melhores parâmetros e explorar todo o potencial das enzimas presentes na indústria.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Centro de Pesquisa em Avicultura (CPA), localizado na fazenda experimental Professor Antônio Carlos dos Santos Pessoa da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, Paraná, Brasil. As os animais foram manuseados com cuidado para evitar desconforto desnecessário e os procedimentos experimentais foram aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade (Protocolo nº 19-2020).

3.1 Tratamentos e instalações

Foram utilizados 1320 pintos de corte machos, de um dia, da linhagem Cobb 500, com peso médio inicial de $45,68 \pm 0,5$ gramas, distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado, com 6 tratamentos, 10 repetições e 22 aves por unidade experimental.

Os tratamentos experimentais foram organizados em um esquema fatorial 3x2 com três dietas experimentais (controle positivo formulada para atender as exigências nutricionais das aves; controle negativo (CN) com uma valorização de 100 kcal kg^{-1} , 0,15 pontos percentuais para cálcio e fósforo; CN mais a adição de 200 g kg^{-1} de um aditivo enzimático (*Allzyme® Spectrum*, Alltech, Inc.), e duas formas físicas da ração (farelada e peletizada).

As aves foram alojadas em aviário com ventilação sob pressão negativa, capacidade de túnel e resfriamento evaporativo, em 60 boxes com área de $1,96 \text{ m}^2$ e com uma densidade de $12,76 \text{ frangos m}^{-2}$, com piso revestido com maravalha reutilizada (nona utilização), equipados com comedouros tubulares e bebedouros tipo nipple. Os animais receberam água e ração *ad libitum*. A temperatura ambiental, umidade e o programa de luz foram controlados segundo as recomendações da linhagem para cada fase.

3.2 Dietas experimentais e complexo enzimático

As dietas experimentais (controle positivo) isocalóricas, foram formuladas à base de milho e farelo de soja (Tabela 1), segundo as recomendações de Rostagno

et al. (2017), para atender as exigências nutricionais de frangos de corte machos de desempenho superior.

Foram utilizadas diferentes rações para as fases de 1 a 21; 22 a 33 e 34 a 42 dias de idade. As rações foram misturadas e metade de cada tratamento foi peletizada em peletizadora chavantes com temperatura da condicionadora variando de 75 a 80°C. Os tamanhos dos pellets para ração inicial variaram de 1 a 3 mm, para facilitar a apreensão pelas aves e as rações crescimento e terminação os pellets tinham 4 mm de espessura.

O aditivo enzimático, Allzyme Spectrum, é composto por fitase (fermentação de *Aspergillus niger*, NCIMB 30289) com atividade de 500 SPU g⁻¹; xilanase (fermentação de *Trichoderma longibrachiatum*, NCIMB 30245) com atividade de 9.300 FXU g⁻¹; levedura seca de cervejaria; carbonato de cálcio e aluminossilicato de sódio. Onde uma unidade de fitase em condições de fermentação em estado sólido (SPU) libera 1 mmol de fosfato inorgânico de ácido fítico por minuto quando o ensaio é realizado a pH 5,5 e a 37°C, durante 10 minutos; e uma unidade de xilanase libera 1 micromol de xilose de xilanos por minuto, quando o ensaio é realizado a pH 5,3 e a 50° C, durante 5 minutos.

Para confirmação da efetividade da adição do aditivo enzimático Allzyme Spectrum®, foi realizado a recuperação enzimática da fitase (Tabela 2) e todas as rações suplementadas com o aditivo enzimático continham atividade enzimática.

Tabela 1 - Composição e especificações nutricionais (g kg⁻¹) das rações experimentais utilizadas na fase inicial (1 a 21d), crescimento (22 a 33d) e terminação (34 a 42d) para frangos de corte

Ingredientes (g kg ⁻¹)	Inicial		Crescimento		Terminação	
	CP	CN	CP	CN	CP	CN
Milho grão (7,88%)	532,7	569,2	608,3	644,8	670,8	707,3
Farelo de soja (46%)	405,5	399,2	321,0	314,5	267,2	260,8
Óleo de soja degomado	24,65	1,00	35,68	12,01	32,23	8,56
Calcário calcítico	7,77	9,13	7,16	8,52	6,28	7,64
Fosfato bicálcico	16,91	8,76	14,92	6,77	12,09	3,93
Sal pecuário	4,02	4,01	3,58	3,57	3,12	3,12
Bicarbonato de sódio	1,00	1,00	1,50	1,50	2,00	2,00
DL-Metionina (98%)	2,66	2,62	2,30	2,27	1,72	1,68
Lisina Sulfato (54,7%)	0,81	0,99	1,83	2,01	2,34	2,52
Cloreto de Colina (60%)	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
L-Treonina (99%)	0,01	-	0,13	0,12	0,13	0,12
Premix Vitamina ¹	1,30	1,30	1,00	1,00	1,00	1,00
Premix Mineral ²	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Coxistac 12% ³	0,50	0,50	0,50	0,50	-	-
Adsorvente ⁴	1,00	1,00	1,00	1,00	-	-
Antioxidante ⁵	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Enradin 8% ⁶	0,08	0,08	0,08	0,08	-	-
Inerte ⁷	-	0,20	-	0,20	-	0,20
Composição nutricional calculada g kg ⁻¹						
EM (kcal kg ⁻¹)	3000	2900	3150	3050	3200	3100
Proteína bruta	232,7	232,7	200,0	200,0	180,0	180,0
Lisina dig.	12,00	12,00	10,50	10,50	9,50	9,50
Metionina dig.	5,74	5,73	5,02	5,01	4,23	4,22
Met+Cist dig.	8,88	8,88	7,77	7,77	6,74	6,74
Treonina dig.	7,92	7,92	6,93	6,93	6,27	6,27
Valina dig.	9,72	9,71	8,27	8,26	7,40	7,39
Arginina dig.	14,71	14,63	12,28	12,20	10,78	10,07
Triptofano dig.	2,71	2,70	2,26	2,24	1,98	1,96
Isoleucina dig.	9,11	9,07	7,66	7,62	6,77	6,73
Potássio	9,13	9,13	7,82	7,82	7,04	7,04
Sódio	2,00	2,00	1,95	1,95	1,90	1,90
Cálcio	8,60	7,10	7,60	4,55	6,40	4,90
Ptotal	6,80	5,34	6,12	4,66	5,42	3,97
Pdisp.	4,30	2,80	3,80	2,30	3,20	1,70

¹ Premix vitamínico para aves. Níveis mínimos por quilograma de ração inicial: Vit. A 14.300 UI; Vit. D₃ 5.200 UI; Vit. E 71,5 UI; Vit. K₃ 3,90 mg; Tiamina (B₁) 2,99 mg; Riboflavina (B₂) 9,10 mg; Piridoxina (B₆) 5,20 mg; Cianocobalamina (B₁₂) 32,50 mg; Ácido pantotênico (B₅) 15,60 mg; Niacina (B₃) 78,00 mg. Ácido fólico (B₉) 2,60 mg. Biotina (B₇) 0,33 mg. Selênio 0,39 g. Níveis mínimos por quilograma de ração crescimento e terminação: Vit. A 11.000 UI; Vit. D₃ 4.000 UI; Vit. E 55 UI; Vit. K₃ 3,00 mg; Tiamina (B₁) 2,30 mg; Riboflavina (B₂) 7,00 mg; Piridoxina (B₆) 4,00 mg; Cianocobalamina (B₁₂) 25,00 mg; Ácido pantotênico (B₅) 12,00 mg; Niacina (B₃) 60,00 mg. Ácido fólico (B₉) 2,00 mg. Biotina (B₇) 0,25 mg. Selênio 0,30 g. ² Premix mineral para aves. Níveis mínimos por quilograma de ração: Cobre 10 g; Ferro 50 g; Manganês 65 g; Iodo 1 g; Zinco 65 g. ³Coxistac 12% - salinomicina 12%. ⁴Adsorvente - bentonita. ⁵Antioxidante - Hidroxitolueno butilado. ⁶Enradin 8% - enramicina 8%. ⁷Inerte - caulim. A inclusão da enzima Allzyme Spectrum foi realizada em peso por peso em substituição ao material inerte.

Fonte: A autora, 2022.

Tabela 2- Atividade da fitase nas rações fareladas e peletizadas suplementadas como aditivo enzimático

Rações	Atividade da Fitase SPU g ⁻¹	
	Farelada	Peletizada
Inicial	0,170	0,095
Crescimento	0,334	0,176
Terminação	0,216	0,186
Média	0,240 ± 0,107	0,164 ± 0,05

Fonte: A autora, 2022.

3.3 Variáveis analisadas

3.3.1 Desempenho e características de carcaça

Para avaliação do desempenho das aves foram realizadas as pesagens com 1; 10; 21; 33 e 42 dias de idade. Para quantificação do ganho de peso foi realizada pesagem das aves e para quantificação do consumo de ração foi mensurado o consumo de ração nos períodos de 1 a 10; 11 a 21; 22 a 33 e 34 a 42 dias de idade. A conversão alimentar foi calculada de 1 a 10; 1 a 21; 1 a 33 e 1 a 42 dias de idade utilizando do consumo de ração e do ganho de peso das aves em cada período. A mortalidade foi registrada diariamente, sendo realizada as devida correções no consumo de ração segundo a metodologia descrita por Sakomura e Rostagno (2016).

Aos 42 dias de idade duas aves por unidade experimental, foram selecionadas aleatoriamente, pesadas individualmente, identificadas e insensibilizadas por eletronarcose. Após foi realizada a sangria total, seguido pela escaldagem a 60°C e posterior depena em depenadeira industrial para 6 aves. Após depena, as carcaças foram evisceradas, sendo retirado o fígado para pesagem e determinação do peso relativo (peso do fígado / peso ave viva * 100). Toda a gordura visceral (constituída pelo tecido adiposo presente ao redor da cloaca, moela, proventrículo e dos músculos abdominais adjacentes) foi retirada, quantificada e determinado a porcentagem de gordura abdominal na carcaça (peso gordura / peso ave viva * 100).

Após evisceração, as carcaças foram lavadas e submersas em água com gelo a uma temperatura de aproximadamente 5°C por um período de 60 minutos, para resfriamento da carcaça. Após o resfriamento das carcaças, essas passaram pelo

processo de gotejamento o qual teve duração de 10 minutos para perda do excedente de água. Em seguida as carcaças foram pesadas para determinação do rendimento de carcaça (peso da carcaça / peso ave viva * 100).

Em seguida as carcaças foram espotejadas, obtendo as seguintes partes pernas (coxa e sobrecoxa), asas, fillet de peito e sassami. Após obtenção dos cortes esses foram pesados e obtido os referidos rendimento de cortes (peso do corte / peso da carcaça * 100).

3.3.2 Parâmetros bioquímicos do sangue

Para avaliação do perfil bioquímico e das atividades enzimáticas no sangue das aves, foi realizada uma colheita de sangue, aos 40 dias de idade, sendo coletado 4 ml de sangue de uma ave por UE, segundo Nunes et al. (2018). O sangue coletado por punção braquial, por meio da veia ulnar, utilizando-se de tubos para coleta de sangue a vácuo em vidro 13 x 75 mm com ativador de coágulo e capacidade de 5 ml (CRAL, Cotia, São Paulo, Brasil), adaptadores específicos e agulha para coleta à vácuo 25 x 0,8 mm (Labor Import, Shandong Weigao, China).

Após a coleta, as amostras permaneceram em decúbito horizontal por 15 minutos e em seguida centrifugadas (Kasvi brand, K14-4000, Paraná, Brasil) a 1050 g por 10 minutos em temperatura ambiente. Após a separação do soro, os mesmos foram identificados e colocados em microtubos (CRAL, Cotia, São Paulo, Brasil) de 2 ml, sendo armazenados em freezer a -20 °C, até o momento da análise. Para realização das leituras as amostras foram descongeladas sob refrigeração (4 °C), permanecendo em geladeira por 24 horas. Antes da realização das análises as amostras foram centrifugadas em microcentrífuga (Eppendorf® brand, Minispin®, Hamburg, Germany) a 1050 g por 10 minutos em temperatura ambiente para retirada de possível presença de fibrina.

As leituras dos parâmetros bioquímicos foram realizadas em analisador bioquímico automático, com espectrofotometria no equipamento Flexor EL200 (Elitech® brand, Flexor EL200 model, Puteaux, France), utilizando reagentes, calibradores (Elical II) e padrões de medida (Elitrol I) da marca Elitech®.

Os parâmetros avaliados foram ácido úrico o qual foi realizada com base no método Trinder, enzimático colorimétrico de ponto final (TRINDER, 1969); glicose pelo

método de Trinder, enzimático colorimétrico cinético (TRINDER, 1969); colesterol pelo método de Trinder, enzimático colorimétrico de ponto final (ALLAIN et al. 1974); triglicerídeos pelo método enzimático colorimétrico de ponto final (FOSSATI E PRENCIPE, 1982); proteínas totais, pelo método de biureto de ponto final (RIFAI et al., 2018); albumina, pelo método colorimétrico verde de bromocresol (BCG) (DOUMAS & BIGGS, 1972; WU, 2006); e creatinina pelo método de Jaffe colorimétrico cinético (RIFAI et al., 2018). Para determinação da globulina foi realizada a diferença entre proteínas totais e albumina. Também foram realizadas as determinações das atividades enzimáticas para aspartato aminotransferase (AST) pelo método IFCC sem fosfato de piridoxal, cinético, UV (SCHUMAN et al., 2002a); alanina aminotransferase (ALT) pelo método IFCC sem fosfato de piridoxal, cinético, UV (SCHUMAN et al., 2002b); gamma glutamiltransferase (GGT) pelo método substrato glupa C, cinético (SCHUMAN et al., 2002c); creatina fosfoquinase (CPK) pelo método IFCC, cinético (SCHUMANN et al., 2002e).

3.3.3 Morfometria intestinal

Para avaliação da morfometria intestinal, fragmentos de 5 cm do intestino delgado, nas porções ascendente do duodeno e jejuno, foram coletados de uma ave por UE abatida aos 40 dias de idade, para mensuração da altura de vilosidade, profundidade de cripta, relação vilo:cripta e área de absorção (AWAD *et al.*, 2008). Para a amostragem, foi considerado o segmento do duodeno a partir do piloro até a porção distal da alça intestinal e o segmento do jejuno a partir da porção distal da alça duodenal até o divertículo de Meckel. Os fragmentos foram fixados em solução de formalina tamponada (10%), desidratados em séries crescentes de etanol e incluídos em parafina. Cortes semisseriados de 5 μ m de cada segmento foram dispostos em lâmina de vidro e corados pela técnica de hematoxilina-eosina de acordo com Luna (1968).

As mensurações foram realizadas utilizando o sistema de imagens PROPLUS IMAGE 4.1. Para cada lâmina, foram mensurados o comprimento de 30 vilos e a profundidade de 30 criptas. Estas medidas morfométricas foram utilizadas para o cálculo da relação altura de vilo:profundidade de cripta, dividindo-se o valor da altura do vilo pelo valor de profundidade de cripta. Com estas medidas morfométricas foi

calculada a relação vilo:cripta (KETTUNEN *et al.*, 2001) e a área da superfície de absorção da mucosa intestinal (KISIELINSKI *et al.*, 2002).

3.3.4 Características ósseas

Aos 40 dias de idade uma perna de uma ave por UE, foi retirada, processada (desossa, retirada de todo material aderido ao osso) e obtida a tíbia as quais foram pesadas (Balança Analítica 320gr 0,1mg Unibloc, AUX Series, Shimadzu, Quito, Japão) e medidas (Parquímetro Digital Absolute 150mm, 0,01mm, Mitutoyo, Suzano, Brasil), para a determinação do índice de Seedor (SEEDOR *et al.* 1991), após foram congelados.

Para a determinação da resistência à ruptura óssea, os ossos foram descongelados à temperatura ambiente. Então, as tíbias foram apoiadas individualmente nas regiões das epífises, sendo aplicada uma carga de força de 200 kgf na velocidade de 5 mm s^{-1} na região central de cada osso utilizando uma sonda TA-TPB e um Texturômetro (CT3 Texture Analyzer, Brookfield, Massachusetts, EUA).

Após a mensuração da resistência óssea, os ossos foram preparados para a determinação do teor de cálcio e fósforo. Para tanto, os ossos pesados em balança analítica (0,001g) e secos em estufa a $105 \text{ }^\circ\text{C}$ por 24 horas, sendo repesados após resfriamento e calcinados em mufla a $600 \text{ }^\circ\text{C}$, para obtenção das cinzas. O teor de cálcio e fósforo no osso foi determinado de acordo com a metodologia descrita por Silva e Queiróz (2004), sendo as cinzas colocadas em um banho de areia ($280 \text{ }^\circ\text{C}$) em uma solução de HCl (6 M) para solubilizar os minerais. As concentrações de cálcio e fósforo foram determinadas por espectrofotometria e absorção atômica, segundo metodologia proposta por Sarruge e Haag (1974).

3.3.5 Perfil de ácidos graxos voláteis do ceco

Para quantificação dos ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), uma ave por UE, aos 40 dias de idade, foi sacrificada para coleta do conteúdo cecal, o qual foi realizado conforme Del Valle *et al.* (2018). O conteúdo cecal foi retirado e 200 mg foram pesados e transferido a microtubos (CRAL, Cotia, São Paulo, Brasil) de 2 ml devidamente identificados. Foi adicionado $1800 \text{ } \mu\text{l}$ de solução de NaOH a 1% (m/v);

que foram vigorosamente homogeneizadas em vortex multifuncional (Kasvi Brand, K40-1010, São José dos Pinhais, Paraná, Brasil) por 2 minutos a 3.000 rpm. Após homogeneização os microtubos foram centrifugados (Kasvi Brand, K14-4000, Paraná, Brasil) a 1050 g por 5 minutos, para completa sedimentação da fração sólida da amostra. Um volume total de 900 µl do sobrenadante foram transferidos (Micropipeta monocanal Plus 100 – 1000 µl, Kasvi, K1 - P1000, Paraná, Brasil) para microtubos (CRAL, Cotia, São Paulo, Brasil) novos e foram acidificados com 50 µl (Micropipeta monocanal Plus 10 – 100 µl, Kasvi, K1 - P100, Paraná, Brasil) de solução de ácido orto-fosforico 50% (m/v). As amostras acidificadas foram homogeneizadas (Kasvi Brand, K40-1010, São José dos Pinhais, Paraná, Brasil) por 30 segundos a 3.000 rpm e armazenadas em freezer a -20°C até o realizar as leituras.

As concentrações dos ácidos acético, propanoico e butírico nas amostras foram determinadas por cromatografia gasosa utilizando cromatógrafo Shimadzu[®] GC-2010 Plus (Shimadzu, Kyoto, Japão) equipado com injetor automático AOC-20i, coluna capilar Stabilwax-DA[™] (30m, 0,25mm DI, 0,25µm df, Restek[®]) e detector de ionização de chama (FID), após acidificação com ácido o-fosfórico 1 M p.a. (Ref. 100573, Merck[®]) e fortificação com uma mistura de ácidos voláteis livres (Ref. 46975, Supelco[®]).

Uma alíquota de 1µL de cada amostra foi injetada com split ratio de 40:1, utilizando hélio como gás carreador com velocidade linear de 42 cm s⁻¹, obtendo-se a separação dos analitos em uma corrida cromatográfica de 11,5 minutos. As temperaturas do injetor e do detector foram, respectivamente, 250°C e 300°C e a temperatura inicial da coluna foi de 40°C. A rampa de temperatura da coluna começou com um gradiente de 40 a 120°C a uma taxa de 40°C min⁻¹, seguido de um gradiente de 120 a 180°C a uma taxa de 10°C min⁻¹ e de 180 a 240°C a uma taxa de 120°C min⁻¹, mantendo a temperatura em 240°C por mais 3 minutos ao final.

Para a quantificação dos analitos, uma calibração do método foi realizada com diluições do padrão WSFA-2 (Ref. 47056, Supelco[®]) e ácido acético glacial (Ref. 33209, Sigma-Aldrich[®]) analisados nas condições descritas acima. A determinação e integração dos picos foram realizadas utilizando o software GCsolution v. 2.42.00 (Shimadzu[®]). Os resultados foram expressos em mmol kg⁻¹.

3.4 Procedimentos estatísticos

O software estatístico utilizado para as avaliações foi o SAS® OnDemand (2021). A normalidade dos resíduos, após o ajuste do modelo estatístico aos dados foi determinada pelo teste de Shapiro-Wilk. O modelo estatístico utilizado para análise das variáveis foi:

$$Y_{ijkn} = \mu + T_i + \beta_j + T^*\beta_{ij} + e_{ijn}$$

Em que:

Y_{ijkn} : Observação relativa ao i -ésimo tipo da dieta, j -ésima forma da ração na n -ésima repetição; μ : Média geral; T_i : Efeito correspondente ao i -ésimo tipo da dieta; β_j : Efeito correspondente ao j -ésima forma da ração; $T^*\beta_{ij}$: Efeito de interação entre o i -ésimo T e j -ésimo β ; e_{ijn} : Erro aleatório associado ao i -ésimo tipo da dieta, j -ésima forma da ração na n -ésima repetição.

Os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA), considerando-se os efeitos isolados e a interação entre os fatores estudados. Para avaliação dos efeitos dos fatores, as médias das dietas foram comparadas utilizando o teste Tukey, enquanto as médias da forma da ração foram comparadas utilizando o teste F. O nível de significância adotado em todos os testes de hipóteses foi de $\alpha = 0,05$.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Desempenho

Durante o período de 1 a 10 e 1 a 21 dias de idade não houve interação entre os fatores estudados para o peso final (PF) e ganho de peso (GP) (Tabela 3). Ainda, neste período foram observadas diferenças ($P < 0,05$) para as dietas, em que as aves que receberam a ração controle positivo (RCP) apresentaram maior PF e GP, quando comparados com as aves que receberam a ração controle negativo (RCN) e RCN + Enzima (RCN+AE). Com relação ao processamento da dieta, as aves que receberam a ração na forma peletizada apresentaram maior PF e GP que as aves que receberam a ração na forma farelada.

Tabela 3- Desempenho de frangos de corte de 1 a 10 e 1 a 21 dias, alimentados com rações farelada ou peletizada, suplementadas ou não com aditivo enzimático

	Peso (g)	GP (g) ¹	CR (g) ²	CA (g g ⁻¹) ³	Peso (g)	GP (g) ¹	CR (g) ²	CA (g g ⁻¹) ³
Dietas (D) ⁸	1 a 10 dias de idade				1 a 21 dias de idade			
RCP ⁴	244,42 ^a	198,72 ^a	239,25	1,206	1003,87 ^a	958,17 ^a	1208,59	1,262
RCN ⁵	228,20 ^b	182,41 ^b	240,12	1,320	903,34 ^b	857,55 ^b	1158,29	1,352
RCN+AE ⁶	232,37 ^b	185,80 ^b	238,16	1,280	948,04 ^b	902,15 ^b	1164,75	1,293
FFR ^{7;9}								
Farelada	222,95 ^{b*}	177,18 ^b	231,92	1,312	898,68 ^{b*}	852,91 ^b	1118,37	1,314
Peletizada	247,05 ^a	201,23 ^a	246,28	1,226	1004,82 ^a	959,00 ^a	1236,04	1,290
Média	235,00	189,21	239,10	1,269	951,75	905,96	1177,21	1,302
EPM	2,131	2,127	13,768	0,077	9,375	9,376	9,322	0,006
CV (%)	7,02	8,71	5,76	6,10	7,63	8,02	6,13	3,74
D (<i>P value</i>)	<0,001	<0,001	0,826	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
FFR (<i>P value</i>)	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001
D*FFR (<i>P value</i>)	0,276	0,328	0,011	0,045	0,425	0,431	0,002	<0,001

¹Ganho de peso; ²Consumo de ração; ³Conversão alimentar; ⁴Ração Controle Positivo; ⁵Ração Controle Negativo; ⁶Aditivo enzimático; ⁷Forma física da ração.

⁸Médias seguidas de letras diferentes na coluna, para dietas, diferem entre si pelo teste de Tukey.

⁹Médias seguidas de letras diferentes na coluna, para forma física da ração, diferem entre si pelo teste F.

Fonte: A autora, 2022.

Houve interação ($P < 0,05$) entre os fatores estudados sobre o consumo de ração (CR) e conversão alimentar (CA) no período de 1 a 10 e 1 a 21 dias de idade (Tabela 3). Para a fase de 1 a 10 dias, quando comparado as formas da ração dentro de cada dieta, observou-se que as aves que receberam a ração peletizada aumentaram o CR em relação aos animais que receberam a ração farelada nas dietas RCP e RCN (Tabela 4). Dentro da forma física da dieta, a ração peletizada apresentou diferença ($P = 0,040$) entre as dietas, em que as aves que receberam as dietas RCN+AE reduziram o CR em relação aos animais que receberam a dieta RCN (Tabela 4).

Tabela 4 - Desdobramento da interação entre as os tipos de dietas e a forma física da ração sobre o desempenho de frangos de corte de 1 a 10 e 1 a 21 dias de idade

Dietas	Consumo de ração (g)			Conversão alimentar (g g ⁻¹)		
	Farelada	Peletizada	<i>P</i> value	Farelada	Peletizada	<i>P</i> value
1 a 10 dias de idade						
RCP ¹	230 ^B	248 ^{Aab}	0,001	1,235 ^{Ab}	1,178 ^{Bb}	0,012
RCN ²	229 ^B	252 ^{Aa}	<0,001	1,359 ^{Aa}	1,281 ^{Ba}	0,001
RCN+AE ³	237	239 ^b	0,730	1,342 ^{Aa}	1,218 ^{Bb}	<0,001
<i>P</i> value	0,238	0,040		<0,001	<0,001	
1 a 21 dias de idade						
RCP	1145 ^{Ba}	1272 ^{Aa}	<0,001	1,259 ^c	1,264 ^b	0,676
RCN	1083 ^{Bb}	1233 ^{Ab}	<0,001	1,357 ^a	1,346 ^a	0,313
RCN+AE	1126 ^{Ba}	1203 ^{Ac}	<0,001	1,324 ^{Ab}	1,262 ^{Bb}	<0,001
<i>P</i> value	0,004	<0,001		<0,001	<0,001	

¹Ração Controle Positivo; ²Ração Controle Negativo; ³Aditivo enzimático.

Médias seguidas de letras diferentes na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey.

Médias seguidas de letras diferentes na linha, diferem entre si pelo teste de F.

Fonte: A autora, 2022.

Para a CA foi encontrado efeito ($P < 0,05$) das dietas, tanto na ração farelada quanto na peletizada. Quando fornecida na forma farelada, as aves alimentadas com a dieta RCP apresentaram melhor CA em relação as que receberam a ração RCN e RCN+Enz. Já, quando fornecida na forma peletizada, a CA das aves que receberam

as dietas RCP e RCN+AE foi melhor quando comparada as aves que receberam a dieta RCN (1,178, 1,218 vs.1,281) (Tabela 4).

No período de 1 a 21 dias, ao avaliar a forma da ração dentro de cada dieta, foi observado um aumento no CR das aves que receberam a ração farelada em relação as que receberam a ração peletizada, nos três tipos de dieta (Tabela 4). Ainda, para a dieta RCN+AE, houve diferença ($P=0,001$) na CA, sendo que as aves que receberam a ração na forma peletizada apresentaram melhor CA que as que receberam a ração na forma farelada (1,262 vs.1,324).

Avaliando o efeito do tipo da dieta dentro da forma da ração (Tabela 4), quando as aves receberam a ração farelada, observou-se uma redução ($P=0,004$) no CR das aves que receberam a dieta RCN em relação às demais. Já com a ração peletizada, os animais da dieta RCP apresentaram o maior CR, seguidas da RCN e RCN+AE. Quando observado o efeito das dietas em função da forma da ração, verificou-se que os animais que receberam a dieta RCP farelada apresentaram a melhor CA, seguidos da RCN+AE e RCN. Já para a ração peletizada, houve uma melhora na CA dos animais que foram alimentados com as dietas RCP e RCN+AE, em relação aos animais que receberam a ração CN (1,264, 1,262 vs. 1,346) (Tabela 4).

Não foi observado efeito ($P>0,05$) no período de 1 a 33 e 1 a 42 dias na interação, para o PF, GP e CR das aves. Para as dietas foi observada diferença ($P=0,001$) no PF e GP em ambos os períodos, e para o CR de 1 a 33 dias, sendo que as aves que foram alimentadas com a dieta RCN apresentaram menor GP e PF que as demais dietas, bem como menor CR que a dieta RCP (Tabela 5). Já para a forma física da ração houve diferença no PF, GP e CR no período de 1 a 33 e 1 a 42 dias, em que os animais que receberam a ração na forma peletizada apresentaram maior PF, GP e CR em relação aos que receberam a ração farelada.

Tabela 5 - Desempenho de frangos de corte de 1 a 33 e 1 a 42 dias, alimentados com rações farelada ou peletizada, suplementadas ou não com aditivo enzimático

	Peso (g)	GP (g) ¹	CR (g) ²	CA (g g ⁻¹) ³	Peso (g)	GP (g) ¹	CR (g) ²	CA (g g ⁻¹) ³
Dietas (D) ⁸	1 a 33 dias de idade				1 a 42 dias de idade			
RCP ⁴	2410 ^a	2365 ^a	3313 ^a	1,401	3245 ^a	3199 ^a	5052	1,579
RCN ⁵	2262 ^b	2216 ^b	3213 ^b	1,451	3083 ^b	3038 ^b	4952	1,632
RCN+AE ⁶	2345 ^a	2299 ^a	3243 ^{ab}	1,411	3192 ^a	3147 ^a	4971	1,581
FFR ^{7;9}								
Farelada	2276 ^{b*}	2230 ^b	3183 ^b	1,429	3073 ^{b*}	3027 ^b	4886 ^b	1,615
Peletizada	2400 ^a	2354 ^a	3327 ^a	1,414	3271 ^a	3225 ^a	5096 ^a	1,581
Média	2339	2293	3256	1,421	3173	3127	4992	1,598
EPM	14,242	14,250	14,995	0,004	20,161	20,172	23,199	0,005
CV (%)	4,68	4,77	3,54	2,36	4,88	4,95	3,57	2,39
D (<i>P value</i>)	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,060	<0,001
FFR (<i>P value</i>)	<0,001	<0,001	<0,001	0,019	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
D*FFR (<i>P value</i>)	0,219	0,218	0,082	0,005	0,095	0,094	0,488	0,004

¹Ganho de peso; ²Consumo de ração; ³Conversão alimentar; ⁴Ração Controle Positivo; ⁵Ração Controle Negativo; ⁶Aditivo enzimático; ⁷Forma física da ração.

⁸Médias seguidas de letras diferentes na coluna, para dietas, diferem entre si pelo teste de Tukey.

⁹Médias seguidas de letras diferentes na coluna, para forma física da ração, diferem entre si pelo teste F

Fonte: A autora, 2022.

Houve interação entre os fatores dieta e forma de ração para a CA em ambos os períodos (Tabela 5). No período de 1 a 33 dias, analisando o desdobramento da interação, verificou-se diferença ($P=0,006$) na forma física da ração, em que as aves que receberam a dieta peletizada RCN+AE apresentaram melhor CA quando comparadas as aves que receberam a dieta farelada (Tabela 5).

Também foi observado diferenças ($P=0,006$) entre as dietas dentro da ração farelada, em que, os animais que foram alimentados com as dietas RCN e RCN+AE apresentaram pior CA que as aves da dieta RCP. No entanto, quando as dietas foram fornecidas na forma peletizada a CA das aves recebendo as dietas RCP e RCN+AE foram melhores em relação as aves alimentadas com a dieta RCN (Tabela 5).

Tabela 6 - Desdobramento da interação entre as os tipos de dietas e a forma física da ração sobre a conversão alimentar de frangos de corte aos 33 e 42 dias de idade

Dietas	Conversão alimentar (g g^{-1})					
	Farelada	Peletizada	<i>P</i> value	Farelada	Peletizada	<i>P</i> value
	33 dias de idade			42 dias de idade		
RCP ¹	1,398 ^b	1,404 ^b	0,494	1,582 ^c	1,576 ^b	0,459
RCN ²	1,454 ^a	1,447 ^a	0,544	1,653 ^{Aa}	1,610 ^{Ba}	0,003
RCN+AE ³	1,434 ^{Aa}	1,391 ^{Bb}	0,006	1,609 ^{Ab}	1,556 ^{Bb}	<0,001
<i>P</i> value	<0,001	<0,001		<0,001	<0,001	

¹Ração Controle Positivo; ²Ração Controle Negativo; ³Aditivo enzimático.

Médias seguidas de letras diferentes na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey.

Médias seguidas de letras diferentes na linha, diferem entre si pelo teste F.

Fonte: A autora, 2022.

Na avaliação do desdobramento da interação para a variável CA de 1 a 42 dias (Tabela 6), observou-se diferença ($P<0,05$) entre a forma física da ração para as dietas RCN e RCN+AE, em que as aves que receberam as dietas na forma peletizada apresentaram uma melhor CA em comparação com as aves que receberam a dieta na forma farelada.

Também houve diferença para a CA entre as dietas dentro da forma da ração, sendo que os animais que foram alimentados com a dieta RCP apresentaram a melhor CA, seguidas da RCN+AE e da RCN, que apresentou a pior CA, quando estas foram

fornecidas na forma farelada. No entanto, quando a dieta foi peletizada, a CA dos animais que receberam as dietas RCP e RCN+AE foi melhor quando comparado a dos animais que receberam a dieta RCN (Tabela 6).

Pesquisas demonstram que aves alimentadas com dietas peletizadas, apresentam melhor desempenho, quando comparadas a dietas fareladas (MINGBIN *et al.*, 2015; ABDOLLAHI *et al.*, 2018; NADERINEJAD *et al.*, 2016; RUBIO *et al.*, 2019; MASSUQUETTO *et al.*, 2019). Tal fato pode estar correlacionado com o aumento no consumo de ração, devido ao menor tempo necessário para a apreensão do alimento, a redução no desperdício e no gasto de energia durante a alimentação, contribuindo para uma maior digestibilidade dos nutrientes e consequentemente eficiência na produção (AMERAH *et al.*, 2007; MCKINNEY; TEETER, 2004).

Rubio *et al.* (2020) relataram que, frangos de corte alimentados com granulometrias maiores de ração (micropellets de 3,3 mm e pellets de 4,4 mm), apresentaram maior peso corporal e consumo de ração, comparados com animais alimentados com rações fareladas. Os autores sugerem que o processamento térmico utilizado na produção dessas dietas, aumenta a digestibilidade dos nutrientes, favorecendo o desempenho dos animais.

Nesse contexto, Khalil *et al.* (2020) avaliando o processo de peletização em grãos comumente utilizados para frangos corte (milho, sorgo, cevada e trigo), descobriram que o processo de peletização aumentou a EMA_n dos grãos em $0,22 \text{ MJ kg}^{-1}$. Ainda, o fornecimento de rações com baixa granulometria para frangos de corte, pode induzir a alimentação seletiva e a segregação dos nutrientes, impactando no desempenho dos animais (MICHARD; ROUXEL, 2013). O processo de peletização, consiste na representação verdadeira da fórmula da ração em cada pellet, ou unidade mínima, contribuindo para uma alimentação balanceada e diminuição na seletividade das aves.

A suplementação com o aditivo enzimático (fitase e xilanase), de maneira geral, se mostrou benéfica para o desempenho das aves a partir dos 33 dias de idade com o fornecimento da ração na forma peletizada. Segundo diversos autores, essas suplementações proporcionam melhor absorção dos componentes da dieta no trato gastrointestinal (PENG *et al.*, 2010; GLAMOCIC *et al.*, 2011; MEHRI; SHIRMOHAMMAD, 2011).

A adição de xilanases pode reduzir a viscosidade intestinal, devido sua capacidade de hidrolisar parcialmente os NSP's, e assim proporcionar melhoras na digestibilidade dos nutrientes e conseqüentemente no desempenho de frangos de corte (GAO *et al.*, 2008; VANDEPLAS *et al.*, 2010). A suplementação de xilanase em dietas à base de trigo apresentou melhorias no desempenho de frangos de corte (GONZÁLEZ-ORTIZ *et al.*, 2016).

Já a fitase, aumenta a digestibilidade do fósforo ligado ao fitato, que pode então ser liberado e absorvido no intestino delgado (ADEOLA; COWIESON, 2011). Além de aumentar o desempenho animal, a suplementação com fitase também permite a redução do uso de fósforo inorgânico, que apresenta elevado custo na formulação das rações, devido ao aumento no uso de fitato como fonte de fósforo disponível (PIENIAZEK *et al.*, 2016) e reduz a poluição ambiental através da diminuição na excreção de fitato.

Pesquisas incluindo fitase em dietas para aves, apresentaram melhora na hidrólise de ésteres de fosfato de inositol inferiores, como resultado da degradação do fitato, reduzindo assim os efeitos antinutritivos ocasionados na digestibilidade de proteínas e minerais (BEESON *et al.*, 2017; YU *et al.*, 2012). Como resultado, a inclusão de fitase demonstrou melhorar o desempenho dos frangos de corte (LEE *et al.*, 2017b; WALK *et al.*, 2014, 2013).

Kühn *et al.* (2013) mostraram que uma combinação de 1.500 FTU kg⁻¹ de fitase e 16.000 BXU kg⁻¹ de xilanase aumentou significativamente o ganho de peso em frangos de corte alimentados com trigo aos 35 dias, sugerindo que a xilanase possa oferecer benefícios adicionais ao lado da fitase em aves alimentadas com dietas à base de trigo.

Entretanto, Dos Santos (2017) ao avaliarem uma combinação de 1500 FTU kg⁻¹ de fitase e xilanase, não observaram benefício adicional sobre o ganho de peso de frangos de corte. Resposta semelhante foi relatada por Karimi *et al.* (2013), sugerindo que a fitase e a xilanase podem exercer efeitos não aditivos em dietas à base de milho e sorgo com base em parâmetros de desempenho.

4.2 Parâmetros bioquímicos do sangue

Para os parâmetros sanguíneos houve interação para a ALT e Creatinina (Tabela 9). Ainda, houve efeito ($P < 0,05$) da forma da ração sobre a glicose, proteínas totais, albumina e globulina, as quais tiveram um aumento em suas concentrações sanguíneas nos animais que receberam a ração peletizada, em comparação com as que receberam ração farelada (Tabela 7).

Na comparação das dietas fornecidas na forma farelada ($P = 0,042$) as aves que receberam a dieta RCP apresentaram maior atividade da enzima ALT, que as animais alimentados com a dieta RCN+AE. Contudo, na comparação das dietas na forma peletizada, não houve diferença para a atividade enzimática da ALT entre a dieta RCP e RCN+AE, sendo que ambas apresentaram maior atividade da ALT em relação às aves do RCN (Tabela 8).

Para a creatinina, ao se comparar as dietas na forma farelada, observa-se que as aves consumindo a dieta RCN apresentaram maior concentração deste metabólito em relação às aves da dieta RCP. Porém, na forma peletizada, as aves do RCN apresentaram as menores concentrações de creatinina em relação ao RCP.

Tabela 7 – Parâmetros bioquímico sérico de frangos de corte aos 40 dias de idade alimentados com rações farelada ou peletizada, suplementadas ou não com aditivo enzimático

Dietas (D) ⁵	Glicose mg dl ⁻¹	Colesterol mg dl ⁻¹	Triglicerídeos mg dl ⁻¹	Proteínas totais g l ⁻¹	Albumina g l ⁻¹	Globulina g l ⁻¹	Acido úrico mg dl ⁻¹	Creatinina mg dl ⁻¹
RCP ¹	317,20	157,35	36,75	36,75	16,59	20,16	3,28	0,19
RCN ²	308,53	154,48	39,55	35,20	16,09	19,11	3,43	0,19
RCN+AE ³	309,12	159,82	38,96	37,20	16,50	20,31	2,83	0,19
FFR ^{4,6}								
Farelada	307,61 ^b	156,14	38,29	34,37 ^b	15,77 ^b	18,52 ^b	2,82	0,18 ^b
Peletizada	315,97 ^a	158,49	39,32	38,39 ^a	17,02 ^a	21,26 ^a	3,51	0,20 ^a
Média	311,79	157,32	38,81	36,42	16,40	19,89	3,17	0,19
EPM	1,720	2,397	0,948	0,427	0,146	0,312	0,206	0,004
CV (%)	4,05	11,40	17,43	8,70	6,46	11,74	48,26	16,11
D (<i>P value</i>)	0,061	0,706	0,824	0,102	0,284	0,205	0,431	0,686
FFR (<i>P value</i>)	0,019	0,591	0,651	<0,001	<0,001	<0,001	0,098	0,028
D*FFR (<i>P value</i>)	0,650	0,260	0,610	0,153	0,190	0,266	0,149	0,001

¹Ração Controle Positivo; ²Ração Controle Negativo; ³Aditivo enzimático; ⁴Forma física da ração.

⁵Médias seguidas de letras diferentes na coluna, para dietas, diferem entre si pelo teste de Tukey.

⁶Médias seguidas de letras diferentes na coluna, para forma física da ração, diferem entre si pelo teste F.

Fonte: A autora, 2022.

Tabela 8 – Atividade enzimática sérica de frangos de corte aos 40 dias de idade alimentados com rações farelada ou peletizada, suplementadas ou não com aditivo enzimático

Dietas (D) ⁵	ALT ⁷ IU l ⁻¹	AST ⁸ IU l ⁻¹	GamaGT ⁹ IU l ⁻¹	CPK ¹⁰ IU l ⁻¹
RCP ¹	11,75	405,02	23,70	22932
RCN ²	9,70	343,71	24,12	19734
RCN+AE ³	11,04	376,87	21,05	28407
FFR ^{4,6}				
Farelada	10,07 ^b	366,53	23,12	20660
Peletizada	11,70 ^a	387,19	22,80	26730
Média	10,89	376,86	22,96	23754
EPM	0,418	12,443	0,631	2031,17
CV (%)	28,76	24,71	20,38	61,06
D (<i>P value</i>)	0,060	0,116	0,110	0,262
FFR (<i>P value</i>)	0,037	0,468	0,732	0,168
D*FFR (<i>P value</i>)	<0,001	0,1076	0,238	0,554

¹Ração Controle Positivo; ²Ração Controle Negativo; ³Aditivo enzimático; ⁴Forma física da ração.

⁵Médias seguidas de letras diferentes na coluna, para dietas, diferem entre si pelo teste de Tukey.

⁶Médias seguidas de letras diferentes na coluna, para forma física da ração, diferem entre si pelo teste F.

⁷Alanina aminotransferase; ⁸Aspartato aminotransferase; ⁹Gamma glutamiltransferase; ¹⁰Creatina fosfoquinase

Fonte: A autora, 2022.

Tabela 9 - Desdobramento da interação entre tipos de dietas e forma física da ração sobre a atividade sérica da aspartato aminotransferase e nas concentrações séricas de creatinina de frangos de corte aos 40 dias de idade

Dietas	Aspartato aminotrasferase, IU l ⁻¹			Creatinina, mg dl ⁻¹		
	Farelada	Peletizada	<i>P value</i>	Farelada	Peletizada	<i>P value</i>
RCP ¹	11,50 ^a	11,99 ^a	0,684	0,17 ^{Bb}	0,22 ^{Aa}	0,002
RCN ²	10,48 ^{ab}	8,84 ^b	0,241	0,20 ^a	0,19 ^{ab}	0,078
RCN+AE ³	8,08 ^{Bb}	13,70 ^{Aa}	<0,001	0,18 ^{ab}	0,18 ^b	0,177
<i>P value</i>	0,042	0,007		0,014	0,045	

¹Ração Controle Positivo; ²Ração Controle Negativo; ³Aditivo enzimático.

Médias seguidas de letras diferentes na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey.

Médias seguidas de letras diferentes na linha, diferem entre si pelo teste de F.

Fonte: A autora, 2022.

Attia *et al.* (2014) avaliando granulometrias de dietas para frangos de corte, também observaram que aves alimentadas com ração peletizada apresentaram maior glicose sérica do que aquelas alimentadas com ração farelada. Já, Corzo *et al.* (2012) relataram que a proteína total foi significativamente maior em frangos alimentados com dieta peletizada comparados àqueles alimentados com dieta farelada.

Os constituintes hematológicos e bioquímicos do sangue de aves podem ser afetados por fatores genéticos e ambientais e a alimentação é considerado um fator ambiental (ATTIA *et al.* 2001, 2011a, b). Os presentes resultados demonstraram que a forma física da dieta afetou os constituintes bioquímicos do sangue de frangos de corte, em que o aumento da glicose, proteínas totais, albumina e globulina no grupo alimentado com dieta peletizada coincidiu com o aumento no desempenho dos animais.

As concentrações séricas mais altas de AST e ALT indicam a liberação de aminotransferase do citoplasma para a corrente sanguínea, provavelmente devido a maior atividade hepática (AHMAD *et al.*, 2013). Attia *et al.* (2014) observaram maiores níveis de ALT para a dieta farelada e peletizada quando os frangos foram alimentados com multienzima+fitase, enquanto o oposto aconteceu para os grupos controle e fitase.

4.3 Morfometria intestinal

Houve interação ($P < 0,05$) entre os fatores para área de absorção (AA) do duodeno e do jejuno (Tabela 11). Para a AA também foi observado efeito das dietas quando a ração foi fornecida na forma peletizada, em que as aves recebendo a dieta RCN apresentaram maior AA que os animais que receberam as dietas RCP e RCN+AE (Tabela 10).

Tabela 10 – Morfometria intestinal do duodeno e jejuno, de frangos de corte aos 40 dias de idade alimentados com rações farelada ou peletizada, suplementadas ou não com aditivo enzimático

Dietas (D) ⁵	Altura de vilo (µm)	Profundidade cripta (µm)	Relação V:C (µm)	Area absorção (µm ²)	Altura de vilo (µm)	Profundidade cripta (µm)	Relação V:C (µm)	Area absorção (µm ²)
	Duodeno				Jejuno			
RCP ¹	1984	182	11,27	21,32	865	141	6,56 ^b	11,28
RCN ²	2090	175	12,27	23,07	973	129	8,09 ^a	11,56
RCN+AE ³	1968	169	12,28	20,30	979	138	7,79 ^{ab}	14,05
FFR ^{4,6}								
Farelada	1952	166 ^b	12,51	21,63	962	138	7,55	12,61
Peletizada	2078	184 ^a	11,36	21,57	918	134	7,43	12,01
Média	2015	175	11,93	21,59	939	136	7,48	12,29
EPM	36,205	4,127	0,325	0,627	29,053	3,492	0,241	0,422
CV (%)	12,71	17,97	18,87	20,34	23,55	19,89	24,55	25,92
D (<i>P value</i>)	0,252	0,456	0,460	0,123	0,188	0,315	0,0240	0,004
FFR (<i>P value</i>)	0,070	0,022	0,102	0,959	0,470	0,644	0,8296	0,422
D*FFR (<i>P value</i>)	0,198	0,439	0,159	0,010	0,296	0,232	0,851	0,012

¹Ração Controle Positivo; ²Ração Controle Negativo; ³Aditivo enzimático; ⁴Forma física da ração.

⁵Médias seguidas de letras diferentes na coluna, para dietas, diferem entre si pelo teste de Tukey.

⁶Médias seguidas de letras diferentes na coluna, para forma física da ração, diferem entre si pelo teste F.

Fonte: A autora, 2022.

Tabela 11 - Desdobramento da interação entre as os tipos de dietas e a forma física da ração sobre a área de absorção do duodeno e do jejuno de frangos de corte aos 40 dias de idade

Dietas	Área de absorção (μm^2)					
	Farelada	Peletizada	<i>P</i> value	Farelada	Peletizada	<i>P</i> value
	Duodeno			Jejuno		
RCP ¹	21,17	21,44 ^b	0,915	10,12 ^b	12,32	0,100
RCN ²	21,06 ^B	25,33 ^{Aa}	0,038	11,86 ^b	11,30	0,674
RCN+AE ³	22,66 ^A	17,95 ^{Bb}	0,008	15,86 ^{Aa}	12,42 ^B	0,015
<i>P</i> value	0,761	0,003		<,0001	0,6951	

¹Ração Controle Positivo; ²Ração Controle Negativo; ³Aditivo enzimático.

Médias seguidas de letras diferentes na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey.

Médias seguidas de letras diferentes na linha, diferem entre si pelo teste F.

Fonte: A autora, 2022.

Para a dieta RCN+AE, a peletização da ração proporcionou uma redução na AA, quando comparada as aves que receberam essa mesma dieta na forma farelada. Sendo que o mesmo ocorreu com a dieta RCN para a AA (Tabela 10).

Para as demais variáveis de morfometria do jejuno não houve interação ($P > 0,05$) entre a o tipo da dieta e a forma da ração (Tabela 10). Ainda a relação vilosidade cripta no jejuno (V:C) foi afetada ($P=0,024$) pelo tipo de dieta, em que os animais que receberam a dieta CP apresentaram menor V:C que os animais que receberam da dieta CN e não diferindo da dieta RCN+AE.

Já para a AA, para os animais que receberam a dieta RCN+AE na forma farelada, apresentaram maior AA quando comparado aos animais que ganharam as dietas RCN e RCP. A peletização da ração proporcionou uma redução na AA nos animais que consumiram a dieta RCN+AE (Tabela 10).

O intestino delgado é considerado o órgão mais importante do trato gastrointestinal (NEUGUT *et al.*, 1967), sua estrutura realiza os processos de digestão e absorção de nutrientes, sendo que os valores de AV, PC, V:C e AA podem refletir o status funcional do intestino delgado (Murakami *et al.*, 2007). A maior altura do vilosidade pode ser combinada com o aumento da superfície de contato e, portanto, maior absorção (Soltan, 2009). A maior relação de V:C se relaciona com a maior capacidade

secretora intestinal que pode levar a uma maior digestibilidade de nutrientes e desempenho (ZANG *et al.*, 2009).

Os achados morfométricos deste estudo, não estão de acordo com os encontrados por Wan *et al.* (2021), que observaram AV e PC maior no jejuno e uma relação V:C maior no duodeno, em raças de galinhas alimentadas com dietas peletizadas do que em fareladas. Alinhando com os resultados de Abadi *et al.* (2019) que mostraram que aves alimentadas com dietas peletizadas apresentaram um valor maior de AV no duodeno e no jejuno do que aquelas alimentadas com dietas fareladas.

Esses autores acreditam que dietas peletizadas levam a maiores valores de AV e PC devido ao maior consumo de ração e conseqüentemente maior fluxo de nutrientes no intestino delgado (AMERAH *et al.*, 2007).

Em seu estudo Ravn *et al.* (2018) afirmaram que a adição de uma combinação enzimática melhorou a AV no duodeno e que este fato estava relacionado ao aumento do desempenho dos animais. Neste estudo foi observado que a inclusão das enzimas fitase e xilanase proporcionou uma maior relação vilosidade cripta no jejuno de frangos de corte em comparação com o tratamento controle positivo.

Assim como neste estudo, Fernandes e Cols (2017) avaliando o efeito da adição de um complexo enzimático (xilanase, amilase e protease) com ou sem redução de energia (2970 e 2820 kcal kg⁻¹, respectivamente), também não observaram alterações na altura das vilosidades no duodeno e no jejuno de frangos de corte. Entretanto, uma melhora na proliferação das criptas intestinais e na altura das vilosidades foi observada por Neto *et al.* (2012) com a utilização de complexo enzimático em dietas convencionais com redução de nutrientes, indicando uma possível compensação da deficiência nutricional pela ação das enzimas.

4.4 Características ósseas

Não houve interação ($P > 0,05$) entre os tipos de dietas e a forma física da ração para a resistência óssea (RO), índice de Seedor (IS), matéria seca (MS), matéria mineral (MM) (Tabela 12) e percentuais de minerais (Tabela 12) dos tibiotarsos de frangos de corte aos 42 dias. No entanto, a forma da dieta aumentou ($P < 0,05$) a RO, IS e MM nas aves que receberam a ração peletizada. Ainda foi encontrado efeito

($P=0,005$) das dietas sobre a MS, sendo que as aves que foram alimentadas com a dieta RCP apresentaram maior MS em relação as aves que receberam a dieta RCN, enquanto a dieta RCN+AE não diferiu das outras.

Tabela 12 – Parâmetros ósseos dos tibiotarsos, de frangos de corte aos 42 dias de idade alimentados com rações farelada ou peletizada, suplementadas ou não com aditivo enzimático

Dietas (D) ⁵	Resistência óssea (kgf)	Índice de Seedor (mg mm ⁻¹)	Matéria seca (%)	Matéria Mineral (%)	Cálcio (%)	Fósforo (%)	Relação Ca:P
RCP ¹	35,58	153,62	47,17 ^a	42,88	17,42	9,39	1,88
RCN ²	33,27	144,62	45,46 ^b	43,66	17,27	8,80	2,07
RCN+AE ³	34,14	149,65	46,36 ^{ab}	43,49	16,77	8,89	1,99
FFR ^{4,6}							
Farelada	32,31 ^b	144,72 ^b	46,21	42,73 ^b	17,43	8,49 ^b	2,06
Peletizada	36,12 ^a	153,71 ^a	46,44	43,93 ^a	16,91	9,52 ^a	1,89
Média	34,35	149,29	46,32	43,34	17,16	9,03	1,97
EPM	0,948	1,612	0,211	0,291	0,156	0,229	0,054
CV (%)	20,65	8,29	3,48	5,16	6,69	18,79	20,27
D (<i>P value</i>)	0,592	0,068	0,005	0,511	0,211	0,472	0,341
FFR (<i>P value</i>)	0,045	0,003	0,542	0,042	0,123	0,024	0,131
D*FFR (<i>P value</i>)	0,173	0,209	0,098	0,677	0,583	0,534	0,816

¹Ração Controle Positivo; ²Ração Controle Negativo; ³Aditivo enzimático; ⁴Forma física da ração.

⁵Médias seguidas de letras diferentes na coluna, para dietas, diferem entre si pelo teste de Tukey.

⁶Médias seguidas de letras diferentes na coluna, para forma física da ração, diferem entre si pelo teste F.

Fonte: A autora, 2022

Quanto aos percentuais de minerais (Tabela 12) ocorreu efeito da forma da ração ($P=0,0238$) sobre os teores de fósforo, em que os animais que receberam a ração na forma farelada apresentaram maior concentração de P na tíbia em comparação as aves que consumiram a ração farelada. Os teores de Ca e a relação Ca:P não foram influenciados pelos tratamentos.

Com relação a qualidade óssea, resultados semelhantes foram encontrados Hosseini e Afsharet (2017) que ao avaliarem formas de alimentação para frangos de corte, notaram que a resistência e os teores de cinzas, de cálcio e fósforo da tíbia foram maiores para frangos alimentados com pellets do que para frangos alimentados com ração farelada.

No presente estudo, os resultados benéficos observados na resistência óssea, Índice de Seedor, teor de cinzas e de fósforo para aves alimentadas com dietas peletizadas, correlacionam-se com o melhor desempenho observado nessas mesmas aves. Podendo ser justificado, pelo aumento na digestibilidade dos nutrientes proporcionado pelo processo de peletização (MASSUQUETO *et al.*, 2020).

Não foi observado influência da suplementação das enzimas neste trabalho, entretanto alguns autores observaram efeitos benéficos da adição de xilanase em dietas para frangos de corte sobre a resistência óssea, teores de cinza, cálcio e fósforo (SHAW *et al.*, 2011; OLIVEIRA *et al.*, 2008). Segundo Karimi *et al.* (2013) a melhora observada na mineralização óssea com a suplementação de xilanase está relacionada a uma redução nos efeitos antinutricionais dos NSP's.

4.5 Perfil de ácidos graxos voláteis do ceco

Não houve interação ($P>0,05$) entre os fatores estudados. Contudo, houve efeito ($P=0,004$) para a forma da ração na concentração de ácido propiônico, em que os frangos alimentados com a dieta peletizada apresentaram maior concentração do mesmo, em comparação os animais que receberam a dieta farelada (Tabela 13).

Engberg *et al.* (2002) indicaram que a peletização de dietas pode reduzir substancialmente o tamanho das partículas, portanto, os nutrientes das dietas peletizadas que chegam no ceco estão facilmente disponíveis para a fermentação microbiana. Sendo assim, mais materiais fermentáveis podem estar disponíveis para produzir ácidos graxos voláteis, como por exemplo o propiônico (HUANG *et al.*, 2006).

Tabela 13 – Atividade enzimática sérica de frangos de corte aos 40 dias de idade alimentados com rações farelada ou peletizada, suplementadas ou não com aditivo enzimático

Dietas (D) ⁵	Acético		Propiônico		Butírico	
	g kg ⁻¹	mmol kg ⁻¹	g kg ⁻¹	mmol kg ⁻¹	g kg ⁻¹	mmol kg ⁻¹
RCP ¹	2,85	48,93	0,58	7,61	1,25	13,55
RCN ²	2,94	51,03	0,56	8,89	1,19	14,37
RCN+AE ³	3,06	49,09	0,60	8,35	1,27	14,21
FFR ^{4;6}						
Farelada	2,87	48,88	0,51 ^b	7,16 ^b	1,24	14,09
Peletizada	3,03	50,49	0,66 ^a	9,42 ^a	1,23	14,00
Média	2,95	49,68	0,58	8,2867	1,24	14,0411
EPM	0,064	1,237	0,027	0,517	0,070	0,794
CV (%)	11,94	13,64	25,63	34,19	30,97	30,97
D (<i>P value</i>)	0,380	0,743	0,835	0,533	0,915	0,915
FFR (<i>P value</i>)	0,204	0,518	0,004	0,022	0,959	0,959
D*FFR (<i>P value</i>)	0,255	0,139	0,188	0,103	0,464	0,464

¹Ração Controle Positivo; ²Ração Controle Negativo; ³Aditivo enzimático; ⁴Forma física da ração.

⁵Médias seguidas de letras diferentes na coluna, para dietas, diferem entre si pelo teste de Tukey.

⁶Médias seguidas de letras diferentes na coluna, para forma física da ração, diferem entre si pelo teste F.

⁷Alanina aminotransferase; ⁸Aspartato aminotransferase; ⁹Gamma glutamiltransferase; ¹⁰Creatina fosfoquinase

Fonte: A autora, 2022

4.6 Rendimento de carcaça e cortes

Não houve interação ($P > 0,05$) para o rendimento de carcaça e cortes das aves abatidas aos 42 dias de idade entre os tipos de dieta e forma física da ração (Tabela 14). Porém, o tipo da dieta influenciou ($P < 0,05$) o rendimento de asas das aves, em que os animais que receberam a dieta RCN+AE apresentaram maior rendimento desse corte em relação as aves que receberam a dieta RCP. Além disso, a forma da ração influenciou no rendimento de carcaça ($P = 0,063$), asas ($P = 0,040$) e filet de peito ($P = 0,036$), em que os animais que receberam a ração na forma peletizada apresentaram maior rendimento de carcaça, filet de peito e asa.

Tabela 14 – Rendimento de carcaça, cortes, peso relativo do fígado e percentagem de gordura abdominal de frangos de corte aos 42 dias de idade alimentados com rações farelada ou peletizada, suplementadas ou não com aditivo enzimático

Dietas (D) ⁵	Rendimento carcaça (%)	Rend. Perna Coxa e sobre coxa (%)	Rendimento Asa (%)	<i>Fillet de peito</i> (%)	<i>Sassami</i> (%)	Perc. gordura abdominal (%)	Peso relativo fígado (%)
RCP ¹	70,44	31,61	9,33 ^b	26,91	5,32	1,54	1,93
RCN ²	70,42	31,71	9,53 ^{ab}	27,17	5,32	1,31	1,93
RCN+AE ³	70,31	32,47	9,79 ^a	27,33	5,45	1,34	1,86
FFR ^{4:6}							
Farelada	70,01 ^b	32,03	9,68 ^a	26,85 ^b	5,43	1,44	1,90
Peletizada	70,76 ^a	31,82	9,41 ^b	27,41 ^a	5,29	1,36	1,91
Média	70,39	31,92	9,55	27,13	5,36	1,40	1,91
EPM	0,198	0,189	0,074	0,134	0,047	0,046	0,022
CV (%)	2,16	4,54	5,95	3,79	6,66	24,95	8,99
D (<i>P value</i>)	0,950	0,125	0,023	0,466	0,427	0,073	0,390
FFR (<i>P value</i>)	0,063	0,522	0,040	0,036	0,126	0,357	0,747
D*FFR (<i>P value</i>)	0,637	0,425	0,084	0,424	0,202	0,477	0,773

¹Ração Controle Positivo; ²Ração Controle Negativo; ³Aditivo enzimático; ⁴Forma física da ração.

⁵Médias seguidas de letras diferentes na coluna, para dietas, diferem entre si pelo teste de Tukey.

⁶Médias seguidas de letras diferentes na coluna, para forma física da ração, diferem entre si pelo teste F.

Fonte: A autora, 2022

Com relação ao rendimento de carcaça, resultados semelhantes foram observados por Martha *et al.* (2021), em que frangos de corte alimentados com dietas peletizadas, observaram maior peso de fillet de peito, e menor peso da asa quando comparadas as aves alimentadas com rações fareladas.

Da mesma forma, Rubio *et al.* (2019) relataram aumento de carcaça e fillet de peito em frangos de corte recebendo rações peletizadas em comparação com os frangos alimentados com dietas na forma farelada. Esses resultados estão correlacionados com à maior ingestão de ração e nutrientes e maior digestibilidade de nutrientes (AMERAH *et al.*, 2008) com mais energia e aminoácidos direcionados ao desenvolvimento muscular e acreção de carne em frangos de corte alimentados com rações na forma peletizada.

Entretanto, Mingilin *et al.* (2015) não observaram nenhuma diferença notável em seu estudo para as características de carcaça de frangos de corte avaliando tamanhos de partículas e formas físicas das dietas.

5 CONCLUSÕES

Conclui-se que a adição do aditivo enzimático (*Allzyme*[®] Spectrum, Alltech, Inc.) na dieta peletizada, com valorização da matriz nutricional, proporciona efeitos positivos no desempenho de frangos de cortes de 1 a 42 dias. Ainda, a peletização da ração melhora as características ósseas, aumenta os teores dos parâmetros bioquímicos proteicos sérico e o rendimento de carcaça das aves.

REFERÊNCIAS

ABADI, M. H. M. G.; *et al.* Effects of feed form and particle size, and pellet binder on performance, digestive tract parameters, intestinal morphology, and cecal microflora populations in broilers. **Poultry Science**, v. 98, n. 3, p. 1432-1440, mar. 2019.

ABBASI, F.; *et al.* Low digestibility of phytate phosphorus, their impacts on the environment, and phytase opportunity in the poultry industry. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 26, n. 10, p. 9469-9479, abr. 2019.

ABD EL-HACK, M. E.; *et al.* The uses of microbial phytase as a feed additive in poultry nutrition—a review. **Annals of Animal Science**, v. 18, n. 3, p. 639-658, jul. 2018.

ABDOLLAHI, M. R.; *et al.* Influence of feed form and conditioning temperature on performance, apparent metabolisable energy and ileal digestibility of starch and nitrogen in broiler starters fed wheat-based diet. **Animal Feed Science and Technology**, v. 168, n. 1-2, p. 88-99, ago. 2011.

ABDOLLAHI, M. R.; *et al.* Pelleting of broiler diets: An overview with emphasis on pellet quality and nutritional value. **Animal Feed Science and Technology**, v. 179, n. 1-4, p. 1-23, jan. 2013.

ABDOLLAHI, M. R.; *et al.* The interactive influence of dietary nutrient density and feed form on the performance of broiler chickens. **Animal Feed Science and Technology**, v. 239, p. 33-43, mar. 2018.

ACOMOVIC, T.; MC CLEARY, B.V. Optimising the response. **Feed Mix**, v. 4, n. 4, p. 14-19, jan. 1996.

ADEOLA, O.; COWIESON A. J. opportunities and challenges in using exogenous enzymes to improve nonruminant animal production. **Journal of Animal Science**, v. 89, n. 10, p. 3189-3218, oct. 2011.

AHMAD, Z.; *et al.* Effect of oral application of xylanase on some hematological and serum biochemical parameters in broilers. **Pakistan Veterinary Journal**, v. 33, p. 388-390, jul. 2013.

ALAGAWANY, M. *et al.* The role of exogenous enzymes in promoting growth and improving nutrient digestibility in poultry. **Iranian Journal of Veterinary Research**, v. 19, n. 3, p. 157-164, abr. 2018.

ALLAIN, C. C.; POON, L. S.; CHAN, C. S.; RICHMOND, W. F. P. C.; FU, P. C. Enzymatic determination of total serum cholesterol. **Clinical chemistry**, v. 20, n.4, p.470-475, 1974.

ALI, A.; *et al.* Antinutritional Factors and Biological Constraints in the Utilization of Plant Protein Foods. **Plant Protein Foods**, v. 1, p. 407-438, mar. 2022.

ALVES-CAMPOS, C. F. A.; *et al.* Enzimas fúngicas em dietas com alimentos alternativos para frangos de crescimento Lento. **Revista Desafios**, v. 4, n. 2, p. 35-53, abr. 2017.

AMERAH, A. M.; *et al.* Influence of feed particle size and feed form on the performance, energy utilization, digestive tract development, and digesta parameters of broiler starters. **Poultry Science**, v. 86, n. 12, p. 2615-2623, dez. 2007a.

AMERAH, A. M.; *et al.* Feed particle size: Implications on the digestion and performance of poultry. **World's Poultry Science Journal**, v. 63, p. 439-455, set. 2007b.

AMERAH, A. M.; *et al.* Influence of feed particle size on the performance, energy utilization, digestive tract development, and digesta parameters of broiler starters fed wheat-and corn-based diets. **Poultry Science**, v. 87, n. 11, p. 2320-2328, nov. 2008.

AMERAH, A. M.; *et al.* Effect of exogenous xylanase, amylase, and protease as single or combined activities on nutrient digestibility and growth performance of broilers fed corn/soy diets. **Poultry Science**, v. 96, n. 4, p. 807-816, abr. 2017.

ANDRADE, T. V.; *et al.* Efeito de fatores antinutricionais encontrados nos alimentos alternativos e seu impacto na alimentação de não ruminantes. **Nutritime Revista Eletrônica**, Viçosa (MG), v. 12, n. 6, p. 4393-4399, nov/dez. 2015.

ANGEL, R.; *et al.* Phytic acid chemistry: influence on phytin-phosphorus availability and phytase efficacy. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 11, n. 4, p. 471-480, dez. 2002.

ANGEL, R.; SORBARA, J. O. B. Why is it important to understand substrates if we are to optimize exogenous enzyme efficacy?. **Poultry Science**, v. 93, n. 9, p. 2375-2379, set. 2014

ABPA (Associação Brasileira de Proteína Animal). Exportações de carne de frango crescem 5,7% em março. **Notícias de Mercados**. 7 abr. 2022. Disponível em: <https://abpa-br.org/exportacoes-de-carne-de-frango-crescem-57-em-marco/>. Acesso em: 3 mai. 2022.

ATTIA, Y. A.; *et al.* Effects of microbial phytase with or without cell-wall splitting enzymes on the performance of broilers fed suboptimum levels of dietary protein and metabolisable energy. **Egypt Poultry Science**, v. 21, p. 521-547, ago. 2001.

ATTIA, Y. A.; *et al.* Effect of feed form, pellet diameter and enzymes supplementation on carcass characteristics, meat quality, blood plasma constituents and stress indicators of broilers. **Archiv Tierzucht**, v. 57, n. 30, p. 1-14, nov. 2014.

ATTIA, Y. A.; *et al.* The impact of multi-enzyme fortification on growth performance, intestinal morphology, nutrient digestibility, and meat quality of broiler chickens fed a standard or low-density diet. **Frontiers in Veterinary Science**, v. 9, p. 1012462, nov. 2022.

AWAD, W.; GHAREEB, K.; BÖHM, J. Intestinal structure and function of broiler chickens on diets supplemented with a synbiotic containing *Enterococcus faecium* and oligosaccharides. **International Journal of Molecular Science**, v. 9, n. 11, p. 2205-2216, nov. 2008.

AZCONA, J. O.; SCHANG, M. J. Validation of metabolizable energy yield when using exogenous enzymes. In: ALLTECH ANNUAL SYMPOSIUM. 22., 2006, Lexington. **Anais...** Lexington: Alltech, 2006.

BARLETTA, A. Introduction: Current Market and Expected Developments. In: BEDFORD, M.; PARTRIDGE, G. G. **Enzymes in Farm Animal Nutrition**. 2. ed. London: CABI Publishing, 2010.

BEESON, L. A.; et al. Hydrolysis of phytate to its lower esters can influence the growth performance and nutrient utilization of broilers with regular or super doses of phytase. **Poultry Science**, v. 96, p. 2243-2253, jul. 2017.

BEDFORD, M. R. The evolution and application of enzymes in the animal feed industry: the role of data interpretation. **British Poultry Science**, v. 59, n. 5, p. 486-493, out. 2018.

BORDA-MOLINA, D. *et al.* Current perspectives of the chicken gastrointestinal tract and its microbiome. **Computational and Structural Biotechnology Journal**, v. 16, p. 131-139, mar. 2018.

BROCH, J.; et al. High levels of dietary phytase improves broiler performance. **Animal Feed Science and Technology**, v. 244, p. 56-65, dez. 2018.

CHEWNING, C. G.; *et al.* Effects of particle size and feed form on broiler performance. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 21, n. 4, p. 830-837, dez. 2012.

CONTE, A. J.; *et al.* Efeito da fitase e xilanase sobre o desempenho e as características ósseas de frangos de corte alimentados com dietas contendo farelo de arroz. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 5, p. 1147-1156, out. 2013.

CORZO, A.; *et al.* Interactive effects of feed form and dietary lysine on growth responses of commercial broiler chicks. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 21, n. 1, p. 70-78, mar. 2012.

COSTA, F. G. P.; *et al.* Efeito da enzima fitase nas rações de frangos de corte, durante as fases pré-inicial e inicial. **Ciência e Agrotécologia**, v. 31, n. 3, p. 865-870, jun. 2007.

COWIESON, A. J.; *et al.* Phytic acid and phytase: implications for protein utilization by poultry. **Poultry Science**, v. 85, n. 5, p. 878-885, mai. 2006.

DERSJANT-LI, Y.; *et al.* Phytase in non-ruminant animal nutrition: a critical review on phytase activities in the gastrointestinal tract and influencing factors. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 95, n. 5, p. 878-896, mar. 2015.

DOS SANTOS, T. T.; et al. Xylanase, protease and super dosing phytase interactions in broiler performance, carcass yield and digesta transit time. **Animal Nutrition**, v. 3, n. 2, p. 121-126, jun. 2017.

DOUMAS, B.T.; BIGGS, H.G. Determination of sérum albumin. Standard Methods of Clinical Chemistry. **Academic Press N.Y.**, 1972.

DOURADO, L. R. B.; et al. Enzimas na nutrição de monogástricos. In: SAKOMURA, N. K.; et al. **Nutrição de Não Ruminantes**. 1 ed. Jaboticabal: FUNEP, 2014.

ELWINGER, K.; et al. A brief history of poultry nutrition over the last hundred years. **World's Poultry Science Journal**, v. 72, n. 4, p. 701-720, out. 2016.

ENGBERG, R. M.; et al. The influence of grinding and pelleting of feed on the microbial composition and activity in the digestive tract of broiler chickens. **British Poultry Science**, v. 44, p. 569-579, set. 2002.

FERNANDES, J. I. M.; et al. Desempenho produtivo de frangos de corte e utilização de energia e nutrientes de dietas iniciais com milho classificado ou não e suplementadas com complexo enzimático. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 69, n. 1, p. 181-190, fev. 2017.

FERREIRA, G. S.; et al. Ajuste preciso do nível de energia na dieta de frangos de corte para controle do desempenho e da composição lipídica da carne. **Ciência Rural**, v. 45, n. 1, p. 104-110, jan. 2015.

FIALHO, E. T. Alimentos alternativos para suínos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE NUTRIÇÃO ANIMAL. 2003, Itapetinga. **Anais...** Itapetinga: Editora Gráfica Universitária, 2003. p. 35-98.

FRANZINI, B. D.; et al. Beta-glucanases e xilanases na nutrição de não ruminantes. **Veterinária e Zootecnia**, v. 29, p. 1-13, ago. 2022.

FOSSATI, P., PRENCIPE, L. Serum triglycerides determined colorimetrically with An enzyme that produces hydrogen peroxide. **Clinical chemistry**, v. 28, n. 10, p. 2077 - 2080, 1982.

GALLAHER, C. M.; et al. Cholesterol reduction by glucomannan and chitosan is mediated by changes in cholesterol absorption and bile acid and fat excretion in rats. **The Journal of Nutrition**, v. 130, n. 11, p. 2753-2759, nov. 2000.

GALLARDO, C.; et al. Carbohydrases and phytase with rice bran, effects on amino acid digestibility and energy use in broiler chickens. **Animal**, v. 14, n. 3, p. 482-490, mar. 2020.

GAO, F.; et al. The effects of xylanase supplementation on performance, characteristics of the gastrointestinal tract, blood parameters and gut microflora in broilers fed on wheat-based diets. **Animal Feed Science and Technology**, v. 142, p. 173-184, abr. 2008.

GENTILINI, F. P.; *et al.* Produtividade e resistência óssea de poedeiras suplementadas com Allzyme® SSF nas dietas. **Archivos de Zootecnia**, n. 58, v. 224, p. 645-653, 2009.

GLAMOČIĆ, D.; *et al.* Effects of enzymes supplementation on digestibility and energy utilisations of broilers diets with different metabolizable energy level. **Biotechnology in Animal Husbandry**, v. 27, n.3, p. 583-590, 2011.

GOMES, B. K.; *et al.* Enzimas exógenas na alimentação de suínos. **Nutritime Revista Eletrônica**, v. 16, n. 3, p. 8477-8487, mai/jun. 2019.

GOMES, V. D. S. **Aditivos enzimáticos na dieta de tilápias do nilo e peixe ornamental**. 2018. 100f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2018.

GONZÁLEZ-ORTIZ, G.; *et al.* Evaluation of the effect of different wheats and xylanase supplementation on performance, nutrient and energy utilisation in broiler chicks. **Animal Nutrition**, v. 2, n. 3, p. 173-179, set. 2016.

GUO, S.; *et al.* Progress of Studies on Plant-Derived Polysaccharides Affecting Intestinal Barrier Function in Poultry. **Animals**, v. 12, n. 22, p. 1-17, nov. 2022.

HARLAND, B. F.; MORRIS, E. R. Phytate: A good or a bad food component? **Nutrition Research**, v. 15, n. 5, p. 733-754, mai. 1995.

HUSSEIN, E. O. S.; *et al.* Growth, carcass characteristics, and meat quality of broilers fed a low-energy diet supplemented with a multienzyme preparation. **Poultry Science**, v. 99, n. 4, p. 1988-1994, abr. 2020.

HOSSEINI, S. M.; AFSHAR, M. Effect of diet form and enzyme supplementation on stress indicators and bone mineralisation in heat-challenged broilers fed wheat-soybean diet. **Italian Journal of Animal Science**, v. 16, n. 4, p. 616-623, abr. 2017.

IPCAK, H. H.; *et al.* Effect of dietary multi-enzyme supplementation on growth performance and nutrient digestibility of broilers fed mash or pellet diets. In: INTERNATIONAL ANIMAL SCIENCE CONFERENCE. 11., 2019, Cappadocia. Anais... Cappadocia: JASP, 2019. p. 35.

IPEA (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada). Ipea aponta crescimento do PIB agropecuário em 2020. **Notícias**. 26 mai. 2020. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/portal/categorias/45-todas-as-noticias/noticias/2232-ipea-aponta-crescimento-do-pib-agropecuariao-em-2020>. Acesso em: 3 mai. 2022.

KARIMI, A.; *et al.* Interactions between phytase and xylanase enzymes in male broiler chicks fed phosphorus-deficient diets from 1 to 18 days of age. **Poultry Science**, v. 92, n. 7, p. 1818-1823, jul. 2013.

KERMANSHAHI, H.; *et al.* Effects of non-starch polysaccharides in semi-purified diets on performance, serum metabolites, gastrointestinal morphology, and microbial population of male broiler chickens. **Livestock Science**, v. 214, p. 93-97, ago. 2018.

KETTUNEN, H.; *et al.* Dietary betaine accumulates in the liver and intestinal tissue and stabilizes the intestinal epithelial structure in healthy and coccidia-infected broiler chicks. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology**, v. 130, n. 4, p. 759-769, nov. 2001.

KHADEM, A.; *et al.* Does release of encapsulated nutrients have an important role in the efficacy of xylanase in broilers?. **Poultry Science**, v. 95, n. 5, p. 1066-1076, mai. 2016.

KHALIL, M. M.; *et al.* Influence of feed form on the apparent metabolisable energy of feed ingredients for broiler chickens. **Animal Feed Science and Technology**, v. 271, p. 114754, jan. 2020.

KISIELINSKI, K.; *et al.* Simple new method to calculate small intestine absorptive surface in the rat. **Clinical and Experimental Medicine**, v. 2, n. 3, p. 131-135, nov. 2002.

KÜHN, I.; *et al.* Effect of phytase and xylanase on growth and bone mineralisation in broilers fed wheat based diets. In: EUROPEAN SYMPOSIUM ON POULTRY NUTRITION. 19., 2013, Potsdam. **Anais...** Potsdam: ESPN, 2013.

LASTRES, M. S. R. **Evaluation of Feed Manufacturing on Feed Quality, Performance, Nutrient Utilization and Carcass Characteristics of Broilers**. 2020. 100f. Dissertação (Mestrado em Ciências Avícolas) - Auburn University, Auburn, 2020.

LECZNIESKI, J. L. Considerações práticas do uso de enzimas. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE AVES E SUÍNOS. 5., 2006. Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: AVESUI, 2006.

LEE, S. A.; *et al.* Effect of phytase superdosing, myo-inositol and available phosphorus concentrations on performance and bone mineralisation in broilers. **Animal Nutrition**, v. 3, n. 3, p. 247-251, set. 2017.

LI, Y.; *et al.* Corn extrusion and enzyme addition improves digestibility of corn/soy based diets by pigs: In vitro and in vivo studies. **Animal Feed Science and Technology**, v. 158, n. 3-4, p. 146-154, jun. 2010.

LOPES, T. A. V. **Resposta imunológica, metabolismo mitocondrial de frangos de corte que receberam dieta suplementada com zinco**. 2021. 118f. Tese (Doutorado em Imunologia) - Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2021.

LV, M. *et al.* Effects of feed form and feed particle size on growth performance, carcass characteristics and digestive tract development of broilers. **Animal Nutrition**, v. 1, n. 3, p. 252-256, set. 2015.

LUNA, L. Manual of Histologic Staining Methods of the Armed Forces Institute of Pathology. 3. ed. **New York: McGraw-Hill**, 1968. 3277 p.

MALHADO, A. L. N.; *et al.* Níveis de resíduo de cevada na dieta de frangos de corte Label Rouge. **Revista Acadêmica Ciência Animal**, v. 20, p. 1-6, dez. 2022.

MAPA (Ministério da Agricultura e Pecuária. Programa Nacional de Sanidade Avícola (PNSA). **Diretrizes do programa.** 4 NOV. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sanidade-animal-e-vegetal/saude-animal/programas-de-saude-animal/pnsa/programa-nacional-de-sanidade-avicola-pnsa>. Acesso em: 20 nov. 2022.

MAPA (Ministério da Agricultura e Pecuária). Aditivos aprovados pelo mapa para uso na alimentação animal. **Norma Técnica.** 17 mar. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-pecuarios/alimentacao-animal/arquivos-alimentacao-animal/Listaaditivos17.03.2020.pdf>. Acesso em: 3 de mai. 2022.

MARCHIORI, M. S.; *et al.* Adição de uma mistura de enzimas exógenas à dieta de frangos de corte: impactos no desempenho e nos custos de produção. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 23, p. 1-14, mai. 2022.

MARQUARDT, R. R.; *et al.* Use of enzymes to improve nutrient availability in poultry feedstuffs. **Animal Feed Science Technology**, v. 60, n. 3-4, p. 321-330, ago. 1996.

MASSUQUETTO, A.; *et al.* Influence of feed form and conditioning time on pellet quality, performance and ileal nutrient digestibility in broilers. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 27, n. 1, p. 51-58, mar. 2018.

MASSUQUETTO, A.; *et al.* Thermal processing of corn and physical form of broiler diets. **Poultry Science**, v. 99, n. 6, p. 3188-3195, jun. 2020.

MCKINNEY, L. J.; TEETER, R. G. Predicting effective caloric value of nonnutritive factors: I. Pellet quality and II. Prediction of consequential formulation dead zones. **Poultry Science**, v. 83, n. 7, p. 1165-1174, jul. 2004.

MEURER, R. F. P.; *et al.* Avaliação de rações peletizadas para frangos de corte. **Archives of Veterinary Science**, v. 13, n. 3, p. 229-240, dez. 2008.

MICHARD, J.; ROUXEL, L. Interest in the presentation of 2 mm micropellets in the starter diet of breeders. In: JOURNÉES DE LA RECHERCHE AVICOLE ET PALMIPÈDES À FOIE GRAS. 10., 2013, Paris. **Anais...** Paris: Institut Technique de l'Aviculture. 2013. p. 566-570.

MINGBIN, L. V.; *et al.* Effects of feed form and feed particle size on growth performance, carcass characteristics and digestive tract development of broilers. **Animal Nutrition**, v. 1, n. 3, p. 252-256, set. 2015.

MOITA, V. H. C.; KIM, S. W. Nutritional and Functional Roles of Phytase and Xylanase Enhancing the Intestinal Health and Growth of Nursery Pigs and Broiler Chickens. **Animals**, v. 12, n. 23, p. 1-37, nov. 2022.

MORGAN, N.; *et al.* Non-starch polysaccharide degradation in the gastrointestinal tract of broiler chickens fed commercial-type diets supplemented with either a single dose

of xylanase, a double dose of xylanase, or a cocktail of non-starch polysaccharide-degrading enzymes. **Poultry Science**, v. 101, n. 6, p. 101846, jun. 2022.

MURAKAMI, A. E.; et al. Supplementation of glutamine and vitamin E on the morphometry of the intestinal mucosa in broiler chickens. **Poultry Science**, v. 86, n. 3, p. 488-495, mar. 2007.

NADERINEJAD, S.; et al. Influence of feed form and particle size on performance, nutrient utilisation, and gastrointestinal tract development and morphometry in broiler starters fed maize-based diets. **Animal Feed Science and Technology**, v. 215, p. 92-104, mai. 2016.

NETO, R. M.; et al. Productive performance, intestinal morphology and carcass yield of broilers fed conventional and alternative diets containing commercial enzymatic complex. **International Journal of Poultry Science**, v. 11, p. 505-516, jul/set. 2012.

NEUGUT, A. I.; et al. An overview of adenocarcinoma of the small intestine. **Oncology**, v. 11, p. 549-550, abr. 1997.

NGUYEN, H. T.; et al. Dietary Soluble Non-Starch Polysaccharide Level Influences Performance, Nutrient Utilisation and Disappearance of Non-Starch Polysaccharides in Broiler Chickens. **Animals**, n. 12, v. 5, p. 547, fev. 2022.

NUNES, J. K.; et al. Avaliação da qualidade dos ovos de poedeiras suplementadas com complexo enzimático em dietas vegetarianas reformuladas. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA. 16., 2007, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Faem, 2007.

NUNES, J. O.; et al. Enzyme Supplementation of Broiler Feeds with Reduced Mineral and Energy Levels. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 17, p. 15/21, out/dez. 2015.

NUNES, R. V.; et al. Choosing sample sizes for various blood parameters of broiler chickens with normal and non-normal observations. **Poultry Science**, v. 97, n. 10, p. 3746-3754, out. 2018.

OLIVEIRA, M. C.; et al. Qualidade óssea de frangos alimentados com dietas com fitase e níveis reduzidos de fósforo disponível. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 30, n. 3, p. 263-268, 2008.

ORDONEZ, M. J.; et al. Rol de las enzimas en la alimentación de mono-gástricos, con énfasis en pollos de engorde. **Revista Ecuatoriana de Ciencia Animal**, v. 2, n. 3, p. 25-42, abr. 2018.

PAULO, L. M. de. **Qualidade de farelos de soja para frangos de corte suplementados com enzimas exógenas**. 2021. 39f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2021.

PEREIRA, B. H. S. **Uso de complexo enzimático em dietas para tilápia do Nilo: digestibilidade, atividade enzimática, desempenho produtivo e parâmetros**

fisiológicos. 2014. 57p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Jaboticabal, 2014.

PEREIRA, L. K. **Efeito de um complexo multienzimático sobre desempenho zootécnico e sanguíneos de leitões na fase inicial**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2017.

PIENIAZEK, J.; et al. Evaluation of increasing levels of a microbial phytase in phosphorus deficient broiler diets via live broiler performance tibia bone ash, apparent metabolizable energy, and amino acid digestibility. **Poultry Science**, v. 96, p. 370-382, fev. 2016.

PTAK, A.; et al. Phytase modulates ileal microbiota and enhances growth performance of the broiler chickens. **PloS One**, v. 10, n. 3, p. e0119770, mar. 2015.

RIFAI, N.; HORVATH, A.R.; WITTEWER, C.T. Tietz Textbook of Clinical Chemistry and Molecular Diagnostics. 6th ed. St. Louis, Missouri: **Elsevier**, 2018.

RAVN, J. L.; et al. Combined endo- β -1, 4-xylanase and α -l-arabinofuranosidase increases butyrate concentration during broiler cecal fermentation of maize glucuron-arabinoxylan. *Animal Feed Science and Technology*, v. 236, p. 159-169, dez. 2018.

RIGO, D.; et al. Produção Microbiológica de Enzimas: uma Revisão. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 1, p. 9232-9254, jan. 2021.

ROSTAGNO, H. S.; et al. **Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos: Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais**. 4. ed. Viçosa: UFV, 2017.

RUBIO, A. A.; et al. Effects of feed form and amino acid density on productive and processing performance of broilers. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 29, p. 95-105, mar. 2019.

RUBIO, A. A.; et al. Effects of corn particle size on broiler performance during the starter, grower, and finisher periods. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 29, n. 2, p. 352-361, fev. 2020.

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

SANDHYA, A.; et al. Biochemical characterization of phytase purified from *Aspergillus niger*. **EurAsian Journal of BioSciences**, v. 13, n. 1, p. 99-103, mar. 2019.

SCAPINI, L. B. **Suplementação de β -mananase em dietas para frangos de corte criados em condições experimentais e comerciais**. 2015. 129f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal do Paraná, Palotina, 2015.

SCHRAMM, V. G. **Interação de xilanase e fitase em dietas a base de milho e farelo de soja para frangos de corte**. 2014. 63f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

SCHUMANN, G.; BONORA, R.; CERIOTTI, F.; FÉRARD, G.; FERRERO, C. A.; FRANCK, P. F.; GELLA, F. J.; HOELZE, W.; JORGENSEN, P. J.; KANNO, T.; KESSNER, A.; KLAUKE, R.; KRISTIANSEN, N.; LESSINGER, J. M.; LINSINGER, T. P. J.; MISAKI, H.; PANTEGHINI, M.; PAUWELS, J. SCHIELE, F.; SCHIMMEL, H. G.; WEIDEMANN, G.; SIEKMANN, L. IFCC primary reference procedures for the measurement of catalytic activity concentrations of enzymes at 37°C. Part 4. Reference procedure for the measurement of catalytic activity concentration of alanine aminotransferase [L-alanine: 2-oxoglutarate aminotransferase (ALT), EC 2.6.1.2]. **Clinical Chemistry and Laboratory Medicine**, v. 40, n. 7, p. 718-724, 2002b.

SCHUMANN, G.; BONORA, R.; CERIOTTI, F.; FÉRARD, G.; FERRERO, C. A.; FRANCK, P. F.; GELLA, F. J.; HOELZE, W.; JORGENSEN, P. J.; KANNO, T.; KESSNER, A.; KLAUKE, R.; KRISTIANSEN, N.; LESSINGER, J. M.; LINSINGER, T. P. J.; MISAKI, H.; PANTEGHINI, M.; PAUWELS, J. SCHIELE, F.; SCHIMMEL, H. G.; WEIDEMANN, G.; SIEKMANN, L. IFCC primary reference procedures for the measurement of catalytic activity concentrations of enzymes at 37°C. Part 6. Reference procedure for the measurement of catalytic activity concentration of γ -glutamyltransferase [(γ -glutamyl)-peptide: amino acid γ -glutamyltransferase (GGT), EC 2.3.2.2]. **Clinical Chemistry and Laboratory Medicine**, v. 40, n. 7, p. 734-738, 2002c.

SCHUMANN, G.; BONORA, R.; CERIOTTI, F.; FÉRARD, G.; FERRERO, C. A.; FRANCK, P. F.; GELLA, F. J.; HOELZE, W.; JORGENSEN, P. J.; KANNO, T.; KESSNER, A.; KLAUKE, R.; KRISTIANSEN, N.; LESSINGER, J. M.; LINSINGER, T. P. J.; MISAKI, H.; PANTEGHINI, M.; PAUWELS, J. SCHIELE, F.; SCHIMMEL, H. G.; WEIDEMANN, G.; SIEKMANN, L. IFCC primary reference procedures for the measurement of catalytic activity concentrations of enzymes at 37°C. Part 2. Reference Procedure for the Measurement of Catalytic Concentration of Creatine Kinase. **Clinical Chemistry and Laboratory Medicine**, v. 40, n. 7, p. 635-642, 2002d.

SEEDOR, J. G.; *et al.* The bisphosphonate alendronate (MK-217) inhibits bone loss due to ovariectomy in rats. **Journal Bone and Mineral Research**, v. 6, n. 4, p. 339-346, abr. 1991.

SILVA, A. P. M. R. da. **Digestibilidade de fontes proteicas para frangos de corte na fase inicial utilizando enzima protease**. 2021. 29f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2021.

SILVA, L.; *et al.* Comportamento da produção e dos preços de ovos de galinha no estado do Pará, Brasil. **Agrarian Academy**, v. 6, n. 11, p. 113-122, jul. 2022.

SILVA, Y. L.; *et al.* Níveis de proteína e fósforo em rações com fitase para frangos de corte, na fase de 14 a 21 dias de idade. Valores energéticos e digestibilidade de nutrientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 3, p. 469-477, mar. 2008.

SHAW, A. L.; *et al.* Assessment of an experimental phytase enzyme product on live performance, bone mineralization, and phosphorus excretion in broiler chickens. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 20, p. 561-566, dez. 2011.

SHIRMOHAMMAD, F.; MEHRI, M. Effects of dietary supplementation of multi-enzyme complex on the energy utilization in rooster and performance of broiler chicks. **African Journal of Biotechnology**, n. 10, v. 38, p. 7541-7547, jul. 2011.

SLOMINSKI, B. A. Recent advances in research on enzymes for poultry diets. **Poultry Science**, v. 90, n. 9, p. 2013-2023, set. 2011.

SOLTAN, M. A. Influence of dietary glutamine supplementation on growth performance, small intestinal morphology, immune response and some blood parameters of broiler chickens. **International Journal of Poultry Science**, v. 8, p. 60-68, 2009.

SORIO, A. Estudo de viabilidade técnica e econômica destinado à implantação do Parque produtivo nacional de aditivos da indústria de alimentação de animais de produção. **Informativo**. 6 mar. 2017. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/camaras-setoriais-tematicas/documentos/camaras-setoriais/carne-bovina/anos-anteriores/estudo-de-viabilidade-tecnica-e-economica-destinado-a-implantacao-do-parque-produtivo-nacional-de-aditivo-da-industria-de-alimentacao-de-animais-de-producao-mdic.pdf/view>. Acesso em: 3 mai. 2022.

SOUZA, M. F.; *et al.* Revisão de literatura: efeitos da qualidade do pellet nas rações de suínos. **Nutritime Revista Eletrônica**, v.19, n. 3, p. 9074-9081, mai/jun. 2022.

TEIXEIRA, A. T.; *et al.* Suplementação com biscoito enriquecido com zinco em um indivíduo com deficiência do mineral: um estudo de caso. **Biosaúde**, v. 20, n. 2, p. 55-68, dez. 2019.

TRINDER, P. Determination of glucose in blood using glucose oxidase with an alternative oxygen acceptor. **Annals of clinical Biochemistry**, v. 6, n. 1, p. 24-27, 1969.

TRUELOCK, C. N *et al.* The effects of pelleting process parameters and phytase source on the in-feed stability of phytase. **Animal Feed Science and Technology**, v. 294, dez. 2022.

VALADARES, C. G.; *et al.* Determinação da energia metabolizável do farelo residual do milho com e sem enzima em dietas para frangos de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 68, n. 3, p. 748-754, mai/jun. 2016.

VANDEPLAS, S.; *et al.* Effect of the bacterial or fungal origin of exogenous xylanases supplemented to a wheat-based diet on performance of broiler chickens and nutrient digestibility of the diet. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 90, n. 2, p. 221-228, jun. 2010.

VASCONCELLOS, C. H. F.; *et al.* Enzimas exógenas para frango de corte. **Engormix**. 27 abr. 2011. Disponível em: <https://pt.engormix.com/avicultura/artigos/enzimas-exogenas-frango-de-corte-t37031.htm>. Acesso em: 3 mai. 2022.

VELÁZQUEZ-DE LUCIO, B. S.; *et al.* Exogenous enzymes as zootechnical additives in animal feed: a review. **Catalysts**, v. 11, n. 7, p. 851, jul. 2021.

VILELA FILHO, E. **Níveis de energia, casca de soja e complexo enzimático na nutrição de frangos de corte**. 2022. 52f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2022.

WALK, C. L.; et al. Extra-phosphoric effects of superdoses of a novel microbial phytase. **Poultry Science**, v. 92, n. 3, p. 719-725, mar. 2013.

WALK, C. L.; et al. Influence of superdoses of a novel microbial phytase on growth performance, tibia ash, and gizzard phytate and inositol in young broilers. **Poultry Science**, v. 93, n. 5, p. 1172-1177, mai. 2014.

WALK, C. L.; BEDFORD, M. R. Application of exogenous enzymes: is digestibility na appropriate response variable. **Animal Production Science**, n. 60, n. 8, p. 993-998, out. 2020.

WALTERS, H. G.; *et al.* Effects of increasing phytase inclusion levels on broiler performance, nutrient digestibility, and bone mineralization in low-phosphorus diets. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 28, n. 4, p. 1210-1225, dez. 2019.

WAN, Y.; et al. Effect of the Pellet and Mash Feed Forms on the Productive Performance, Egg Quality, Nutrient Metabolism, and Intestinal Morphology of Two Laying Hen Breeds. **Animals**, v. 11, p. 701, mar. 2021.

WANG, J.; *et al.* Effects of phytase and multicarbohydrase on growth performance, bone mineralization, and nutrient digestibility in broilers fed a nutritionally reduced diet. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 30, n. 2, p. 1-10, jun. 2021.

WINN-DEEN, E. S., DAVID, H., SIGLER, G., CHAVEZ, R. Development of a direct assay for alpha-amylase. **Clinical Chemistry**, v. 34, n. 10, p. 2005–2008, 1988.

WOYENGO, T. A.; NYACHOTI, C. M. Anti-nutritional effects of phytic acid in diets for pigs and poultry—current knowledge and directions for future research. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 93, n. 1, p. 9-21, jan. 2013.

WU, A.H.B. Tietz clinical guide to laboratory test. 4th ed. W.B. **Saunders Company**, 2006.

WU, Y. B.; *et al.* Evaluation of a Microbial Phytase, Produced by Solid State Fermentation, in Broiler Diets II. Influence on Phytate Hydrolysis, Apparent Metabolizable Energy, and Nutrient Utilization. **Journal Applied Poultry Research, Iowa**, v. 13, n. 4, p. 561-569, dez. 2004

YAQOOB, M. U.; *et al.* Effect of multi-enzymes supplementation on growth performance, meat quality, ileal digestibility, digestive enzyme activity and caecal microbiota in broilers fed low-metabolizable energy diet. **Animal Bioscience**, v. 35, n. 7, p. 1059-1068, jul. 2022.

YU, S.; et al. Interactions of phytate and myo-inositol phosphate esters (IP1-5) including IP5 isomers with dietary protein and iron and inhibition of pepsin. **Journal of Animal Science**, v. 90, n. 6, p. 1824-1832, jan. 2012.

YOKHANA, J. S.; et al. Effect of insoluble fiber supplementation applied at different ages on digestive organ weight and digestive enzymes of layer-strain poultry. **Poultry Science**, v. 95, n. 3, p. 550-559, mar. 2016.

ZANG, J. J.; et al. Effects of feed particle size and feed form on growth performance, nutrient metabolizability and intestinal morphology in broiler chickens. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 22, p. 107-112, Set. 2009.

ZENG, Y.; et al. Crystal structures of Bacillus Alkaline Phytase in complex with divalent metal ions and d-inositolhexa sulfate. **Journal of Molecular Biology**, v. 409, n. 2, p. 214-224, jun. 2011.

ZHANG, L.; et al. Effects of xylanase supplementation on growth performance, nutrient digestibility and non-starch polysaccharide degradation in different sections of the gastrointestinal tract of broilers fed wheat-based diets. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 27, n. 6, p. 855-861, jun. 2014.