

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

NATHANIEL CESAR COSTA SANTOS

**ADIÇÃO DE CARBOIDRASES E PROTEASES NA DIETA DE
FRANGOS DE CORTE**

DOIS VIZINHOS

2020

NATHANIEL CESAR COSTA SANTOS

**ADIÇÃO DE CARBOIDRASES E PROTEASES NA DIETA DE
FRANGOS DE CORTE**

Addition of carbohydrases and proteases in diet of broilers

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Zootecnia, do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Área de Concentração: Nutrição e Produção Animal (Avicultura).

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Vianna Nunes

DOIS VIZINHOS

2020



Esta licença permite que outros remixem, adaptem e criem a partir do trabalho licenciado, mesmo para fins comerciais, desde que atribuam, ao autor, o devido crédito e que licenciem as novas criações sob termos idênticos.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Santos, Nathanael Cesar Costa.
Adição de carboidrases e proteases na dieta de frangos de corte /
Nathanael Cesar Costa Santos. – Dois Vizinhos, 2020.
1 arquivo de texto (46 f): PDF; 773 KB.

Orientador: Ricardo Vianna Nunes
Dissertação (Mestrado) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Dois Vizinhos, 2020.
Inclui bibliografia: f. 39-46

1. Frango de corte. 2. Aves domésticas - Alimentação e rações. 3. Rações - Aditivos. 4. Nutrição animal. 5. Zootecnia – Dissertações. I. Nunes, Ricardo Vianna, orient. II. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. III. Título.

CDD: 636.08

Biblioteca da UTFPR - Câmpus Dois Vizinhos

Bibliotecária/Documentalista:
Keli Rodrigues do Amaral Benin – CRB-9/1559



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Dois Vizinhos
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia



TERMO DE APROVAÇÃO

Título da Dissertação nº

ADIÇÃO DE CARBOIDRASES E PROTEASES NA DIETA DE FRANGOS DE CORTE

Nathanael Cesar Costa Santos

Dissertação apresentada às 8:30 horas do dia 02 de março de dois mil e vinte, como requisito parcial para obtenção do título de MESTRE EM ZOOTECNIA, Linha de Pesquisa – Nutrição e Produção Animal (Avicultura), Programa de Pós-Graduação em Zootecnia (Área de Concentração: Produção animal), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Dois Vizinhos. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Ricardo Vianna Nunes
UNIOESTE-MCR

Prof. Drº. Paulo Levi de Oliveira
Carvalho
UNIOESTE-MCR

Prof. Drº. André Sanches de Avila
Pós doutorado PPZ UNIOESTE-MCR

Prof. Dr. Wagner Paris
Coordenador do PPGZO da UTFPR - DV

Aos meus familiares, vocês foram o motivo de minha persistência e coragem!

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por não me desamparar.

A meus pais **Antoniel Muniz e Nildimar Santos**, pelo amor, incentivo, carinho e compreensão durante toda minha trajetória de vida.

A Minha irmã **Nildiany Santos**, pelo apoio, paciência e disponibilidade.

A minha Amiga **Maira N. S. Schaefer**, pelo carinho e por ter dado um novo sentido a palavra alegria em minha vida.

A todos meus amigos, que de alguma forma contribuíram para que eu atingisse mais essa conquista. Em especial **Daniela Jablonki, Cristine Kaufmann, Ana Paula Guimarães, Paola Silva, Guilherme Tesser, Ida Barbosa, Alessandro Augusto, Leomar Custodio, Augusto Cavalcanti, Pricilla Muniz, Isabela Lopes e Bruno Lima**, Amizade que levarei para a vida inteira.

Ao **Nilton Rohloff**, por todo o suporte e paciência em ajudar.

A **Jomara Broch**, por sempre de alguma forma querer ajudar e sempre está disponível para o que precisar.

Ao **André Sanches**, pelo apoio nos experimentos e motivação.

Ao **Lucas Wachholz**, por toda ajuda do mundo, você é 10.

Ao Prof. Dr. **Ricardo Vianna Nunes**, pela oportunidade de poder desenvolver este trabalho sob sua orientação, bem como pela paciência, ensinamentos e compreensão, meu muito obrigado por ser como um pai pra mim.

Ao professor **Paulo Levi O. Carvalho**, pelos ensinamentos na disciplina de Nutrição de Monogástricos.

A Profª. Drª. **Sabrina Endo Takahashi**, pelo apoio e auxilio e pelo grande laço de amizade construído.

A **Tânia Kohler**, por toda a ajuda nas análises laboratoriais realizadas.

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.

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

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

Paciência e perseverança tem o efeito mágico de fazer as dificuldades desaparecerem e os obstáculos sumirem...

John Quincy Adams

RESUMO

SANTOS, Nathanael Cesar Costa. **Adição de carboidrases e proteases na dieta de frangos de corte.** 2020. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2020.

Objetivou-se com esta pesquisa avaliar a influência da suplementação de níveis de carboidrases e proteases em dietas com redução energética e proteica na produção de frangos de corte. Ao todo foram utilizados na fase inicial 1800 pintos de corte machos, de um dia de idade, distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado composto por 8 tratamentos, 9 repetições e 25 aves por UE. Os tratamentos consistiram em 1) uma dieta controle positivo (CP) (que visou atender todas as exigências nutricionais), 2) uma dieta controle negativo (CN) (com redução nutricional de 100 kcal kg⁻¹ e 4% de PB) e 3) CN + 50 g ton⁻¹ de carboidrase e 0 g ton⁻¹ de protease,4) CN + 100 g ton⁻¹ de carboidrase e 0 g ton⁻¹ de protease, 5) CN + 0 g ton⁻¹ de carboidrase e 60 g ton⁻¹ de protease,6) CN + 0 g ton⁻¹ de carboidrase e 125 g ton⁻¹ de protease,7) CN + 50 g ton⁻¹ de carboidrase e 60 g ton⁻¹ de protease,8) CN + 100 g ton⁻¹ de carboidrase e 125 g ton⁻¹ de protease. Subamostras de todos os tratamentos dietéticos (500g de ração) foram coletadas e analisadas para os teores de matéria seca, proteína bruta, energia bruta, matéria mineral, cinza insolúvel em ácido (CIA). O peso e o consumo de ração foram registrados aos 7, 21, 35 e 42 dias de idade, para avaliação do consumo de ração (CR), ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA). Duas aves por UE aos 21 e 42 dias de idade, selecionadas ao acaso, foram mantidas em jejum por 6 horas, para coleta de sangue via punção braquial. Aos 42 dias de idade, três aves por UE foram eutanasiadas e necropsiadas, para posterior retirada e pesagem dos órgãos (fígado e pâncreas), determinação do rendimento de carcaça, rendimento de cortes (peito, sassami, penas e asas), percentual de gordura abdominal retirados da cloaca e ao redor da moela e conteúdo do íleo. O software estatístico utilizado para as avaliações foi SAS (SAS® University Edition (2017) (SAS Inst. Inc., Cary, NC, EUA). Houve efeito significativo no desempenho ($P<0,05$) para a variável ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA) aos 21 dias de idade. Houve efeito significativo ($p<0,05$) para as variáveis rendimento de carcaça quente (CQ), rendimento de carcaça fria (CF), rendimento de perna, rendimento de asa, e rendimento de sassami. Para as variáveis fígado e pâncreas houve influência ($p<0,05$). Não foram encontrados resultados significativos ($p>0,05$) para a variável gordura abdominal. Em relação aos parâmetros sanguíneos de 1 a 21 e 1 a 42 dias não sofreram interação com a inclusão das enzimas ($p>0,05$). Houve efeito ($p<0,05$) para coeficiente de digestibilidade da proteína bruta quando se utilizou a combinação de carboidrase e protease com níveis de 100-0, já para a variável energia bruta o melhor resultado foi encontrado na combinação das enzimas sendo a inclusão 100-125 a melhor resposta. As reduções energéticas afetam no desempenho, características de carcaça e digestibilidade ileal de frangos de corte de 1 a 42 dias.

Palavras-chave: Digestibilidade. Enzimas exógenas. Polissacarídeos não amiláceos. Nutrição de Aves.

ABSTRACT

SANTOS, Nathanael Cesar Costa. **Addition of carbohydrases and proteases in diet of broilers.** 2020. Dissertation (Master in Zootechnics) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2020.

The objective of this research was to evaluate the influence of supplementation of levels of carbohydrates and proteases in diets with energy and protein reduction, and their impact on the production of broilers. In total, 1800 day-old male broiler chicks with an average initial weight of 45.47 grams were used in the initial phase. The birds were distributed in a completely randomized design with a 2x2 factorial scheme, with 8 treatments with 9 replicates and 25 birds per EU. A positive control diet (CP) (which aims to meet all nutritional requirements), a negative control diet (NC) (with nutritional reduction of 100 kcal kg⁻¹ and 4% CP) and T3 = CN + 50 g ton⁻¹ of carbohydrase and 0 g ton⁻¹ of protease, T4 = CN + 100 g ton⁻¹ of carbohydrase and 0 g ton⁻¹ of protease, T5 = CN + 0 g ton⁻¹ of carbohydrase and 60 g ton⁻¹ of protease, T6 = CN + 0 g ton⁻¹ of carbohydrase and 125 g ton⁻¹ of proteins, T7 = CN + 50 g ton⁻¹ of carbohydrase and 60 g ton⁻¹ of protease, T8 = CN + 100 g ton⁻¹ of carbohydrase and 125 g ton⁻¹ of protease. Rations and water were provided ad libitum throughout the experimental period (42 days). Subsamples of all dietary treatments (500g of feed) were collected and analyzed for the contents of dry matter, crude protein, crude energy, mineral matter, acid insoluble ash (CIA). For all experimental diets, enzymes were included in place of corn. Weight and feed intake were recorded at 7, 21, 35 and 42 days of age, to assess feed intake (CR), weight gain (GP) and feed conversion (CA). Two birds per EU at 21 and 42 days of age, selected at random, were fasted for 6 hours, for blood collection via brachial puncture. At 42 days of age, three birds per EU were euthanized and necropsied, for later removal and weighing of the organs (liver and pancreas), determination of carcass yield, cut yield (breast, sassami, feathers and wings), percentage of fat abdominal removed from the cloaca and around the gizzard and ileum content. The statistical software used for the evaluations was SAS (SAS® University Edition (2017) (SAS Inst. Inc., Cary, NC, EUA). There was a significant effect on performance ($P < 0.05$) for the variable weight gain (GP) and feed conversion (WC) at 21 days of age. There was a significant effect ($p < 0.05$) for the variables hot carcass yield (CQ), cold carcass yield (CF), leg yield, wing yield and sassami yield. For liver and pancreas variables, there was an influence ($p < 0.05$). There were no significant results ($p > 0.05$) for the abdominal fat variable. Regarding blood parameters from 1 to 21 and 1 to 42 days, they did not interact with the inclusion of enzymes ($p > 0.05$). There was an effect ($p < 0.05$) for digestibility coefficient of crude protein when the combination of carbohydrase and protease with levels of 100-0 was used, whereas for the variable gross energy the best result was found in the combination of enzymes being the inclusion 100-125 the best answer. Energy reduction affected performance, carcass characteristics and ileal digestibility of broilers from 1 to 42 days.

Key-words: Digestibility. Exogenous enzymes. PNAs. Poultry Nutrition.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição percentual e calculada da dieta basal de frangos de corte suplementados com concentrações de carboidrases e proteases.....	24
Tabela 2 - Desempenho de frangos de corte alimentados com diferentes inclusões de carboidrases e proteases.....	29
Tabela 3 - Rendimento de carcaça e cortes de frangos de corte aos 42 dias de idade alimentados com diferentes inclusões de carboidrase e protease.....	30
Tabela 4 - Peso relativo de órgãos e gordura abdominal de frangos de corte abatidos aos 42 dias de idade submetidos a diferentes inclusões de carboidrase e protease... ..	31
Tabela 5 - Parâmetros sanguíneos de frangos de corte aos 21 dias de idade submetidos a diferentes inclusões de carboidrase e protease.....	34
Tabela 6 - Parâmetros sanguíneos de frangos de corte aos 42 dias de idade submetidos a diferentes inclusões de carboidrase e protease.....	35
Tabela 7 - Coeficientes de digestibilidade da matéria seca, proteína bruta e energia bruta de frangos de corte aos 42 dias de idade submetidos a diferentes inclusões de carboidrase e protease.....	37

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 OBJETIVO GERAL.....	11
2.1 Objetivos específicos.....	11
3 REVISÃO DE LITERATURA	12
3.1 Enzimas exógenas na alimentação de frangos de corte	12
3.2 Polissacarídeos Não Amiláceos (PNA's).....	15
3.3 Carboidrases	17
3.4 Proteases	19
4 MATERIAL E MÉTODOS	22
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	28
6 CONCLUSÃO	38
REFERÊNCIAS.....	39

1 INTRODUÇÃO

A cadeia de produção animal objetiva principalmente oferecer alimentos de alta qualidade com custos competitivos, e o Brasil se destaca como um dos principais fornecedores de carne de frango, sendo responsável por atender mercados cada vez mais exigentes.

O sucesso da produção avícola é resultado da relação entre melhoramento genético, nutrição, sanidade e manejo, isso resulta em aumento de custos dos principais insumos utilizados na avicultura e, consequentemente, em maiores custos de produção (VIEIRA FILHO *et al.*, 2015). Com isso, tem-se buscado novas estratégias como técnicas que permitam o uso de rações mais eficientes, conseguindo compensar os gastos, gerando melhor eficiência nutricional na produção (OBA *et al.*, 2013).

Os insumos utilizados na alimentação de frangos de corte representam 70 a 75% do custo total de produção e a alimentação das aves é baseada principalmente em grãos, tendo como principais componentes da dieta o milho e o farelo de soja, sendo estes, as principais fontes energéticas e proteicas para aves, respectivamente (RAZA; BASHIR; TABASSUM, 2019).

Por não possuir ou não produzir de forma eficiente todas as enzimas endógenas responsáveis por extrair os nutrientes dos alimentos, as aves possuem certa dificuldade em aproveitar alguns componentes nutricionais presentes nas matérias primas utilizadas nas formulações de rações (BATAL e PARSONS, 2002; CHOCT *et al.*, 2010)

A disponibilidade dos nutrientes nos alimentos para as aves pode ser influenciada ou restringida, devido à falta de enzimas digestivas ou pela presença de fatores antinutricionais. Esses fatores são compostos presentes nos alimentos, que reduzem a digestibilidade, deprimem o valor nutritivo e a absorção dos nutrientes, afetando negativamente no desenvolvimento e desempenho das aves (ARBOUCHE *et al.*, 2012; ALTOP, 2019).

Assim, as enzimas exógenas foram desenvolvidas para minimizar os efeitos adversos dos fatores antinutricionais e auxiliar na melhora da digestibilidade dos nutrientes. A utilização de enzimas exógenas na produção de aves tem boa aceitação e embasamento científico, uma vez que, com a utilização destas pode-se observar

melhora na digestibilidade dos nutrientes, no desempenho (AGUILAR *et al.*, 2007), na morfometria e na microbiota das aves (ZHOU *et al.*, 2009; RAVN *et al.*, 2018).

O uso de enzimas exógenas também tem como objetivo reduzir os custos das rações, pois induz os nutricionistas a utilizarem rações com níveis energéticos relativamente mais baixos e a associação das enzimas exógenas pode melhorar a resposta de desempenho dos animais (ALLOUCHE *et al.*, 2015). As enzimas têm sido amplamente utilizadas na alimentação de frangos de corte atualmente, sendo considerada uma prática rotineira (AMERAH *et al.*, 2011).

O mercado de enzimas constantemente vem desenvolvendo novos produtos, a fim de melhorar o sítio de atuação, bem como, produção de enzimas mais eficientes e utilização de práticas de produção mais econômicas. Entretanto para conhecer a melhor forma de validação da utilização das enzimas é necessário a realização de ensaios experimentais a fim de desafiar as aves a situações de deficiência energética ou proteica. Desta forma, a adição de diferentes níveis de inclusão de carboidrases e proteases em dietas com redução energética e proteica pode ter um efeito significativo na produção de frangos de corte.

2 OBJETIVO GERAL

Avaliar o uso de carboidrase e protease em rações com redução nutricional para frangos de corte de 1 a 42 dias de idade.

2.1 Objetivos específicos

Avaliar o desempenho de frangos de corte submetidos a dietas com redução energética e proteica suplementadas com carboidrases e proteases;

Avaliar o rendimento de carcaça e cortes em frangos de corte submetidos a dietas com redução energética e proteica suplementadas com carboidrases e proteases;

Determinar o perfil bioquímico do sangue de frangos de submetidos a dietas com redução energética e nutricional e suplementadas com carboidrases e proteases;

Determinar os coeficientes de digestibilidade ileal e os nutrientes digestíveis de rações com redução energética e nutricional suplementadas com carboidrases e proteases em frangos de corte aos 42 dias de idade.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Enzimas exógenas na alimentação de frangos de corte

As enzimas são produzidas por organismos vivos que agem como catalisadores da natureza, proporcionando a aceleração das reações químicas nos seres vivos, desde os mais simples organismos unicelulares, plantas, insetos, até mesmo os humanos; sem a presença delas o alimento não pode ser digerido (RUIZ *et al.*, 2008).

As enzimas exógenas são aditivos alimentares proteicos, que facilitam reações químicas e agem em substratos específicos, possuem a habilidade de auxiliar na degradação de componentes específicos presentes nos alimentos, afetando favoravelmente o desempenho dos animais através da melhora da digestibilidade dos nutrientes (PIRGOLIEV *et al.*, 2019)

No âmbito da produção animal as enzimas são utilizadas desde os anos 80 devido aos seus benefícios sanitários, econômicos e ambientais (IMRAN *et al.*, 2016). O objetivo da suplementação enzimática nas dietas, se deve a melhora do valor nutritivo de diferentes matérias primas e consequentemente melhora do produto final, e desta maneira, atendendo as exigências do consumidor, gerando um produto mais barato, seguro e sem causar danos ao meio ambiente (GRUNERT, 2006).

As enzimas podem ser produzidas pelos animais, ou serem provenientes da produção da microbiota presente no trato gastrointestinal. A utilização das enzimas digestivas pelos animais durante o processo de digestão nem sempre é totalmente eficiente. Cerca de 15 a 25% dos alimentos que as aves consomem não são digeridos, devido a existência de fatores antinutricionais, os quais podem estar presentes nos ingredientes e interferir nos processos digestivos. A presença dos fatores antinutricionais podem afetar negativamente ou inativar a ação das enzimas digestivas (BEDFORD e PARTRIDGE, 2010).

No intestino delgado, ocorre a quebra das ligações α 1-4 das moléculas do amido, através da amilase pancreática, que o transforma em oligossacarídeos e dissacarídeos. Na mucosa intestinal, através da ação das enzimas as moléculas de oligossacarídeos e dissacarídeos são hidrolisadas em monossacarídeos. Contudo, para que esse processo ocorra, é essencial que o alimento fique exposto a ação das enzimas por um determinado tempo, por fim, as moléculas de monossacarídeos são

absorvidas pela mucosa intestinal, através do transporte ativo sódio dependente (BOLELI *et al.*, 2002).

A capacidade digestiva está relacionada com a idade e com o tempo de contato do alimento com trato gastrointestinal da ave (UNI *et al.*, 1999). Nas primeiras semanas de vida, a atividade enzimática e o desenvolvimento do trato gastrointestinal da ave não estão completamente desenvolvidos e mesmo que algumas enzimas já estejam presentes anteriormente à eclosão do ovo, esta quantidade enzimática é mínima, mas com o decorrer da idade há um aumento da sua capacidade digestiva (JHA *et al.*, 2019).

Dietas com altos teores de fibras para frangos de corte podem não ser aproveitadas adequadamente, pois algumas enzimas digestivas endógenas são insuficientes ou não são produzidas para uma adequada digestão dessa fração. Neste sentido, as enzimas exógenas são aditivos alimentares que podem complementar as enzimas endógenas no sistema digestivo melhorando a digestão dos nutrientes (FORTES *et al.*, 2012; DIDA, 2016).

As enzimas exógenas podem ser divididas em dois grupos: as que complementam quantitativamente as enzimas digestivas (proteases, amilases e lipases) e enzimas que não são sintetizadas endogenamente (β -glucanase, pentosanase, α -galactosidases e fitases) (BROCH *et al.*, 2017).

A utilização de enzimas pode aumentar o valor energético dos ingredientes para alimentação animal e melhorar a digestibilidade, absorção e utilização de carboidratos, proteínas, lipídeos e minerais de alimentos de origem vegetal, levando a uma diminuição na excreção dos nutrientes, colaborando desta forma para redução da poluição ambiental (DOSKOVIĆ *et al.*, 2013). Além disso, a suplementação enzimática é considerada um método viável para melhorar a utilização de ingredientes alimentares alternativos ao milho e farelo de soja e até mesmo melhorar o aproveitamento das dietas baseadas nestes ingredientes.

Mavromichalis (2012) explica que as aves são as espécies que parecem mais se beneficiar do uso de enzimas exógenas, isso provavelmente por possuírem um sistema digestivo muito curto que não lhes permite um tempo suficiente de digestão.

Um aspecto importante que deve ser levado em consideração na escolha da enzima exógena, são as características ótimas para uma adequada eficácia, pois vários fatores podem afetar a atividade ótima das enzimas incluindo a concentração da enzima específica, substrato, pH, tempo e temperatura, bem como os sais,

ativadores ou inibidores de reação, entre outros (ALABI *et al.*, 2019). Por isso, algumas características devem ser preconizadas, como por exemplo: agir sob condições de pH ácido do estômago, e resistir a este pH baixo, resistir à ação proteolítica da pepsina e atuar em distintas partes do trato digestivo (DIDA, 2016).

Atualmente no mercado, existem diversos tipos de enzimas como as fitases, amilases, proteases, lipases, xilanases, glucanases entre outras, e em sua maior parte apresentam atividades diferentes e maior especificidades a um único substrato. Porém, deve-se ter conhecimento de que as enzimas comerciais usadas como aditivos não contêm uma única enzima, são preparados enzimáticos, que contém diversas enzimas, algo desejável, pois as rações são compostas por inúmeros ingredientes (COWIESON e ROOS 2016). De acordo com Tejedor *et al.* (2001) produtos que possuem apenas uma enzima são insuficientes para conseguir o máximo de benefício, devido sua especificidade nas reações, assim se sugere que misturas de enzimas sejam mais eficientes para um melhor aproveitamento dos nutrientes da dieta.

Os aditivos enzimáticos são inseridos nas rações juntamente com os “premix”, que são misturas comercializadas industrialmente, contendo vitaminas e minerais, entre outros aditivos ou através da adição direta na fábrica, na forma granular, pó ou líquida. A forma de adição das enzimas deve priorizar a qualidade da mistura final, pois muitos aditivos têm baixos níveis de inclusão na ração, o que pode comprometer sua ação caso sejam mal misturados aos outros ingredientes.

Diversos pesquisadores têm analisado o emprego das enzimas na nutrição de aves, buscando principalmente a possibilidade de incluir na formulação da dieta, ingredientes com nutrientes pouco disponíveis aos animais. Outro motivo está relacionado a fatores ambientais, devido a possibilidade de diminuir a excreção de nutrientes não digeridos, principalmente com a eliminação de substâncias poluentes como o fósforo e o nitrogênio, dependendo da manipulação das fórmulas das dietas (FURLAN *et al.*, 2017).

Assim, após uma avaliação da dieta das aves, a suplementação enzimática pode ser empregada visando melhorar a absorção dos ingredientes presentes na ração e consequentemente obter melhora no desempenho das aves. Dependendo da forma da suplementação esta pode gerar muitos benefícios na produção avícola.

3.2 Polissacarídeos Não Amiláceos (PNA'S)

Os PNA's são os principais constituintes da parede celular de alimentos de origem vegetal, podendo existir de várias formas na natureza (CHOCT, 1997). Estes são polímeros de monossacarídeos ou açúcares simples unidos por ligações glicosídicas, sendo classificados de acordo com a estrutura e propriedades físico-químicas (MOURINHO, 2006).

Choct e Kocher (2000) definiram uma classificação com 3 grandes grupos de PNA's: celulose, polímeros não celulósicos e polissacarídeos pécticos. De acordo com a solubilidade dos seus constituintes, podem ser classificadas em solúveis e insolúveis. As insolúveis são as celuloses, as ligninas e algumas hemiceluloses, e as solúveis são formadas por pectinas, gomas e principalmente hemicelulose, e esta, por sua vez, é constituída por arabinoxilanios, β -glucanos, D-xilanios, D-mananos e xiloglucanos, entre outros.

Fibras insolúveis passam pelo intestino sem ser digeridas, aumentam a taxa de passagem e o volume fecal. Por outro lado, fontes de fibras solúveis aumentam a viscosidade da digesta, reduzem a taxa de passagem da digesta pelo intestino e podem diminuir a ingestão de alimentos, devido ao aumento da sensação de saciedade (JHA *et al.*, 2019).

Os PNA's não podem ser hidrolisados por enzimas endógenas e resultam em redução no desempenho das aves. O mecanismo primário dos efeitos antinutricionais da atividade dos PNA's solúvel está relacionado às suas propriedades viscosas, que consequentemente afetam a viscosidade da fração aquosa no conteúdo do intestino delgado. A viscosidade intestinal exagerada afeta a digestão e absorção de nutrientes, reduzindo o transporte de glicose e sódio para as células epiteliais e reduzindo a taxa de liberação de enzimas pancreáticas e ácidos biliares (IMRAN *et al.*, 2016).

Choct (2001) afirma que em condições de elevada viscosidade, há uma redução na taxa de difusão de substratos e enzimas digestivas, impedindo a interação na superfície da mucosa intestinal, comprometendo a digestão e a absorção de nutrientes, gorduras, amido e proteínas, tornando-as menos acessíveis e disponíveis para enzimas endógenas.

A viscosidade da digesta ainda interfere na microbiota intestinal e nas funções fisiológicas do intestino, causando baixa digestibilidade dos nutrientes e aumentando a quantidade de fezes úmidas. Além disso, devido à sua forte capacidade de ligação

iônica com elementos minerais, influenciam negativamente na absorção de minerais em dietas ricas em fibras (ARRUDA *et al.*, 2003).

A maior parte das dietas para frangos de corte são compostas por milho e farelo de soja, sendo essa a base da alimentação das aves. Embora estes ingredientes possuam baixo teor de fibra quando comparado a outros ingredientes, possuem polissacarídeos não amiláceos (PNA's), componentes indigeríveis (ROSTAGNO *et al.*, 2011). Segundo Keyser *et al.* (2018) os teores de PNA's no milho situam-se em torno de 9,7% a 10,3% da matéria seca (MS) sendo 91% insolúvel e do farelo de soja em torno de 22% da MS, com 29% de solubilidade. Devido aos seus efeitos no trato gastrointestinal, os PNA's apresentam grande importância nutricional e despertam a atenção dos profissionais da área de nutrição (QUEIROZ, 2017).

Dessa forma, enzimas exógenas como as carboidrases podem ser incluídas nas rações de frangos de corte, visando a melhoria na absorção dos nutrientes e consequentemente melhora no desempenho animal, pois podem amenizar os efeitos que os PNA's geram no trato gastrointestinal.

De acordo com Slominski (2011), a suplementação de enzimas que degradam os PNA's pode liberar o amido encapsulado, devido a solubilização da parede celular, o que melhora o acesso de enzimas digestivas e a disponibilidade dos nutrientes.

Em algumas situações, devido à complexidade dos PNA's de diferentes ingredientes vegetais, é necessário utilizar complexos ou misturas enzimáticas, que podem ser adicionados de acordo com dieta.

Ainda é necessário considerar que a piora no desempenho das aves com a presença de PNA's solúveis na dieta, em partes, pode ser contribuído pela mudança das condições físico-químicas intestinais e pela possível mudança na microbiota, entretanto, a utilização de enzimas exógenas, possibilita a melhor utilização de alimentos com alta concentração de PNA's solúveis, e reduz os efeitos indesejáveis desses alimentos, melhorando o desempenho animal (ZHOU *et al.*, 2009; SALEH *et al.*, 2018).

Ingredientes como milho, farelo de soja e principalmente alimentos alternativos provenientes de agroindústrias contêm concentrações relativamente altas de fibra e PNA's, que exercem efeitos negativos na digestibilidade dos alimentos e no desempenho dos animais. Neste sentido, as enzimas exógenas são alternativas para melhorar o desenvolvimento das aves, além de permitir a formulação de dietas com

níveis reduzidos de energia e proteínas/aminoácidos, ocasionando menores custos de produção (DIDA, 2016).

3.3 Carboidrases

As carboidrases são responsáveis pela hidrólise dos carboidratos, visando melhorar o aproveitamento energético dos ingredientes das rações. Estas incluem as amilases, pectinases, β -glucanases, arabinoxilanases, celulases e hemicelulases, tendo como substratos amido, β -glucanos, arabinoxilanos, celulose e hemicelulose, respectivamente. Os efeitos desse tipo de suplementação incluem a redução da viscosidade da digesta, aumento da digestibilidade dos nutrientes, melhora da energia metabolizável e redução do custo de formulação (MURAKAMI *et al.*, 2007).

Lu *et al.* (2013) afirmaram que as carboidrases (xilanase, β -glucanase, β -mananase, pectinase e α -galactosidase) são utilizadas com o intuito de neutralizar os efeitos negativos causados pelas fibras da dieta, pois geram a sua hidrólise, tornando os nutrientes mais disponíveis para a absorção. Segundo Broch *et al.* (2018), o uso dessas enzimas na alimentação de monogástricos além de melhorar digestibilidade e a disponibilidade dos nutrientes reduz a excreção de nutrientes no meio ambiente.

As carboidrases podem melhorar o valor nutricional de ingredientes ricos em PNA's solúveis, transformar e reduzir a viscosidade gerada por certos ingredientes, fazendo com que a ação enzimática seja mais eficiente (OLUKOSI *et al.*, 2015; MOFTAKHARZADEH *et al.*, 2017).

Raza *et al.* (2019) observaram melhorias com o uso de carboidrases, adicionadas às rações, tanto as com ingredientes convencionais (milho e farelo de soja) como alternativos (trigo, cevada, farelo de girassol e farelo de canola) influenciando positivamente a digestibilidade dos nutrientes e consequentemente o desempenho dos animais. O uso de carboidrases ainda reduziu a presença da microbiota patogênica e proporcionou uma melhora na saúde intestinal das aves (RAZA *et al.*, 2019).

Broch *et al.* (2017) estudaram a inclusão do resíduo seco de fecularia com ou sem a suplementação de carboidrases sobre o desempenho de frangos de corte no período de 1 a 21 dias de idade e observaram que a inclusão crescente do resíduo de mandioca afetou negativamente o desempenho das aves e que quando

suplementadas com carboidrases o desempenho foi semelhante mesmo com a maior inclusão do resíduo (10%).

De acordo com Da silva (2019) a suplementação de carboidrases em dietas para frangos de corte, além de permitir a inclusão de alimentos fibrosos promove um desempenho satisfatório das aves em dietas com redução energética. Os autores ainda observaram resultados positivos com o complexo enzimático (β -glucanase, xilanase, β -mananase, α -galactosidase, amilase, pectinase, protease e celulase) sobre o rendimento de peito e peso de intestino, indicando eficácia das enzimas sobre a absorção dos nutrientes.

Yu e Chung (2004) ao avaliarem os efeitos de misturas de múltiplas enzimas sobre o desempenho de frangos de corte em dietas contendo milho e farelo de soja, observaram que frangos de corte alimentados com dieta suplementada com as enzimas α -amilase, β -glucanase e xilanase, apresentaram melhor ganho de peso quando comparados com aqueles alimentados com a dieta controle.

Jia *et al.* (2009) ao avaliarem os efeitos do tipo de dieta e adição de enzimas no desempenho e na saúde intestinal de frangos de corte durante o desafio subclínico de *Clostridium perfringens*, observaram uma relação positiva na suplementação enzimática, pois a suplementação auxiliou as aves desafiadas a manterem seu desempenho ótimo de crescimento, e mitigou os efeitos negativos do desafio de *Clostridium perfringens*.

Muitas vezes não é possível saber qual foi a real contribuição de cada componente do complexo enzimático, porém esses efeitos sugerem que há um melhor aproveitamento de nutrientes e da energia dos alimentos quando se faz uso das carboidrases.

As carboidrases podem ser utilizadas nas rações para frangos de corte isoladamente ou como complexo enzimático, e assim pode-se obter melhores resultados de digestibilidade e ganho de peso (ASHRAF *et al.*, 2019). Entretanto deve haver um cuidado na escolha da enzima a ser utilizada, pois é preciso considerar os substratos alvo presentes na dieta, para que as enzimas ajam de forma mais eficiente (CONTE *et al.*, 2003).

3.4 Proteases

As proteases exógenas estão sendo cada vez mais utilizadas na alimentação para frangos de corte (ADEOLA e COWIESON, 2011) por ser eficiente tanto em termos técnicos, quanto econômicos, devido aos altos custos dos ingredientes, a variação na sua composição, e qualidade (MURAKAMI *et al.*, 2007).

Várias pesquisas têm sido realizadas avaliando a eficiência das proteases em dietas para monogástricos e alguns estudos demonstram que a suplementação com proteases exógenas em dietas para frangos de corte apresentaram grande eficácia (ANGEL *et al.*, 2002; COWIESON e ROOS, 2013; OLUKOSI *et al.*, 2015; COWIESON e ROOS, 2016; COWIESON *et al.*, 2018). Esses benefícios foram relatados através da digestibilidade ileal dos aminoácidos, indicadores de saúde intestinal e desempenho das aves (COWIESON *et al.*, 2017).

O objetivo com o uso das proteases exógenas é hidrolisar as ligações de proteínas pouco disponíveis, que estão presentes em diversos vegetais, formadas principalmente no desenvolvimento das sementes (BARLETTA, 2010). O seu uso na alimentação de aves pode aumentar a produção endógena de peptidase, reduz a necessidade de aminoácidos e energia, pois melhora a digestibilidade proteica, podendo hidrolisar 19 antinutrientes da proteína (lecitinas ou inibidores de tripsina), o que melhora a eficiência da ave na utilização dos aminoácidos (MURAKAMI *et al.*, 2007).

Como já mencionado, as dietas tradicionais à base de milho e de farelo de soja possuem alta digestibilidade, porém esses ingredientes contêm vários complexos proteicos que não são digeridos facilmente por aves jovens, pois estas possuem baixa produção de enzimas nos primeiros dias de vida (UNI *et al.*, 1999; TORRES *et al.*, 2003). Fazer a suplementação com proteases em animais jovens, auxilia na hidrólise por enzimas endógenas, liberando peptídeos menores que irão exercer função direta no trato gastrointestinal, outros peptídeos podem ser absorvidos alcançando órgãos e tecidos através da circulação sistêmica (HERNÁNDEZ-LEDESMA *et al.*, 2010).

Estudos realizados com a adição de proteases nas dietas para frangos de corte, demonstraram resultados positivos na utilização destas enzimas. Angel *et al.* (2002) ao adicionarem protease nas dietas de frangos, na fase inicial de 7 a 22 dias de idade, observaram que com a suplementação enzimática, houve equalização dos pesos, sendo que anteriormente a adição de enzimas, estas apresentaram ganho de

peso e consumo de ração inferiores. O resultado foi confirmado pela melhoria da digestibilidade da maioria dos aminoácidos presentes a partir da dose mínima utilizada.

Carvalho *et al.*, (2016) analisaram o uso de proteases em dietas contendo farinhas de origem animal para frangos de corte e observaram que aves suplementadas apresentaram melhor conversão alimentar na fase pré-inicial, se mostrando vantajosa também na fase inicial, pois mesmo com a redução dos níveis nutricionais os resultados não apresentaram diferença significativa.

Avaliando a adição de protease em dietas contendo ou não ingredientes de origem animal, Cheng *et al.* (2019) observaram que o ganho de peso dos animais no período de 1 a 21 dias foi maior comparado as que não receberam suplementação.

Dessimone (2011) verificou que a suplementação da protease equilibrou o desempenho das aves e indicou possibilidade de reduzir o teor de aminoácidos da dieta, considerando uma digestibilidade total dos ingredientes em até 40%, superior a real quando se utiliza suplementação enzimática com protease. Também existe a necessidade de considerar a resistência à atividade proteolítica, quando se utiliza proteases associadas a outro grupo de enzimas, devido a inespecificidade à hidrolise das ligações peptídicas, que agem sobre todas as proteínas incluindo as exógenas (MUKHERJEE *et al.*, 2016). A hidrólise das proteínas, resistentes à digestão das enzimas das próprias aves, favorece a redução nos teores de proteína bruta da dieta, sem acarretar diferenças no desempenho e rendimento de carcaça, embora seja ressaltado que seus efeitos são mais aparentes nas dietas com reduzidos níveis aminoacídicos ou proteicos (CHENG *et al.*, 2019).

Vários trabalhos realizados demonstram que os oligossacarídeos da soja e a proteína bruta e ou aminoácidos, podem ser degradadas durante a fermentação microbiana, produzindo uma variedade de enzimas benéficas endógenas (HONG *et al.*, 2004; ADEYEMO e ONILUDE, 2014; SU *et al.*, 2018). A suplementação com a protease exógena também aumenta a degradação da proteína de grande peso molecular (WANG *et al.*, 2014).

De acordo com Abudabos (2012); Abudabos e Yehia (2013) e Abd El-Hack *et al.* (2018) com a utilização das enzimas há um melhor aproveitamento dos alimentos, dando a possibilidade de reduzir os níveis de inclusão de alguns nutrientes, como aminoácidos e minerais.

Dessa forma, por ajudar a quebrar ligações peptídicas entre os aminoácidos de alimentos ricos em proteína, acredita-se que utilizar proteases pode contribuir na melhoria do desempenho dos animais, principalmente na utilização de alimentos com proteínas pouco digestíveis e acarretando na redução dos custos da dieta.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Centro de Pesquisa em Avicultura da Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE, Campus Marechal Cândido Rondon - PR. Todos os procedimentos experimentais foram aprovados pelo Comitê de Ética no Uso de Animais da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (21/20 – CEUA/Unioeste).

As aves foram alojadas em boxes de 1,96m² (unidade experimental – UE), equipados com comedouros tubulares, bebedouros tipo *nipple*, piso de concreto revestido com maravalha de pinus e fonte de aquecimento individual para cada UE. O controle de temperatura do aviário foi realizado através de placas evaporativas, exaustores e painel Smail IV, sendo estas mantidas dentro da zona de conforto térmico recomendada para cada fase.

Um total de 1800 pintos de corte, machos, com um dia de idade, da linhagem Cobb Slow e peso médio inicial de $45,53 \pm 0,73$ g, foram distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado com 8 tratamentos, 9 repetições e 25 aves por UE. Os tratamentos consistiram em uma dieta controle (CP) para atender todas as necessidades nutricionais das aves e uma dieta controle negativo (CN), na qual as exigências nutricionais para cada fase foram reduzidas em 4% para proteína bruta e aminoácidos digestíveis e uma redução de 100 kcal kg⁻¹. Os demais tratamentos foram obtidos com a suplementação de carboidrase e/ou protease, da seguinte forma:

- T1 - Controle Positivo (CP): Sem redução de energia e proteína;
- T2 - Controle Negativo (CN): Redução de 100 kcal kg⁻¹ e 4% de proteína bruta;
- T3 - CN + 50 g ton⁻¹ de carboidrase e 0 g ton⁻¹ de protease;
- T4 - CN + 100 g ton⁻¹ de carboidrase e 0 g ton⁻¹ de protease;
- T5 - CN + 0 g ton⁻¹ de carboidrase e 60 g ton⁻¹ de protease;
- T6 - CN + 0 g ton⁻¹ de carboidrase e 125 g ton⁻¹ de protease;
- T7 - CN + 50 g ton⁻¹ de carboidrase e 60 g ton⁻¹ de protease;
- T8 - CN + 100 g ton⁻¹ de carboidrase e 125 g ton⁻¹ de protease;

As rações experimentais e água foram fornecidas *ad libitum* durante todo o período experimental (42 dias). As dietas (Tabela 1) foram fornecidas na forma farelada e formuladas à base de milho e farelo de soja, de acordo com os valores de composição química dos alimentos, e as exigências nutricionais para frangos de corte

macho de desempenho médio, para fase pré-inicial (1 a 7 dias), inicial (8 a 21 dias), crescimento 1 (22 a 29 dias), crescimento 2 (30 a 37 dias) e final (38 a 42 dias). As dietas foram formuladas utilizando a matriz nutricional da Cooperativa Agroindustrial Copagril, utilizando os dados de composição química analisadas pelo NIRs e as recomendações nutricionais para desempenho propostas por Rostagno *et al.* (2017). Amostras de todas as rações foram coletadas e analisadas para os teores de matéria seca, proteína bruta, energia bruta, matéria mineral, CIA (Cinza insolúvel em ácido). A inclusão das enzimas carboidrases e proteases foram realizadas *on top*.

Tabela 1. Composição percentual e calculada da dieta basal de frangos de corte suplementados com concentrações de carboidrases e proteases.

Ingredientes (g kg ⁻¹)	1 a 7 dias		8 a 21 dias		22 a 28 dias		29 a 35 dias		35 a 42 dias	
	CP	CN	CP	CN	CP	CN	CP	CN	CP	CN
Milho grão (8,0%)	517,980	564,961	526,071	571,846	585,875	629,875	615,012	656,001	654,299	694,057
Farelo de soja (47%)	375,231	352,541	342,591	323,349	266,172	250,210	262,488	243,577	235,317	217,438
Óleo de soja	40,896	17,966	66,343	43,486	63,974	41,277	60,072	38,210	54,227	32,557
Far. carne e osso (45%)	36,667	35,500	42,333	38,833	65,500	60,333	40,333	40,333	33,833	33,833
Calc. calcítico (38,0%)	7,112	7,198	6,836	6,874	3,989	3,995	6,885	6,975	6,697	6,785
Fosfato bicálcico	2,500	2,500								
DL-metionina (99%)	4,075	3,808	3,487	3,241	3,185	2,953	3,089	2,872	2,946	2,737
Lisina sulfato (51,7%)	3,589	3,570	2,571	2,572	2,910	2,912	3,400	3,400	3,691	3,690
L-treonina (98%)	1,097	1,015	0,851	0,773	0,876	0,802	0,933	0,865	0,957	0,891
L-valina (98%)							0,291	0,222	0,319	0,253
Sal comum	4,036	4,047	3,242	3,286	2,919	2,989	2,775	2,768	2,460	2,453
Cloreto de colina (60%)	0,925	0,999	0,782	0,846	0,759	0,814	0,828	0,884	0,853	0,905
Premix min. e vitam. ^{1:2}	3,000	3,000	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	1,500	1,500
Fitase ³	0,050	0,050	0,050	0,050			0,050	0,050	0,050	0,050
Adsorvente ⁴	1,000	1,000	1,000	1,000						
Sulfato de sódio ⁵	0,843	0,843	0,843	0,843	0,840	0,840	0,843	0,843	1,350	1,350
Acidificante ⁶	1,000	1,000	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
Inerte ⁷									1,000	1,000
Total	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Comp. Calculada										
Energ. Metab. (kcal kg ⁻¹)	3050	2950	3230	3130	3280	3180	3290	3190	3300	3200
Proteína bruta (g kg ⁻¹)	238	230	224	215	201	194	193	186	180	174
Lisina digestível (g kg ⁻¹)	133	128	120	115	107	103	105	101	99	95
Met+Cist dig. (g kg ⁻¹)	101	97	92	88	83	80	81	78	77	74
Treonina dig. (g kg ⁻¹)	86	83	79	76	710	682	69	66	65	63
Valina digestível (g kg ⁻¹)	103	98	93	89	82	79	81	78	76	73
Isoleucina dig. (g kg ⁻¹)	91	87	85	81	732	705	707	68	66	63
Arginina dig. (g kg ⁻¹)	144	138	136	129	119	114	113	108	104	99
Sódio (g kg ⁻¹)	230	230	200	200	200	200	180	180	180	180
Cloro (g kg ⁻¹)	334	336	286	288	284	287	258	260	235	237
Potássio (g kg ⁻¹)	950	917	889	849	766	743	751	724	703	678
Cálcio (g kg ⁻¹)	975	961	961	960	960	900	920	920	841	840
Fósforo disp. (g kg ⁻¹)	500	493	480	480	480	450	460	460	420	420

¹Premix mineral e vitamínico (1 – 21 dias), níveis por kg de produto: Ácido Fólico (min) 400 mg; Ácido Pantotênico (min) 500 mg; BHT (min) 60 g; Biotina (min) 32 mg; Cobre (min) 3200 mg; Enramicina 4000 mg; Ferro (min) 18 g; Iodo (min) 480 mg; Manganês (min) 32 g; Narazina 20 g; Niacina (min) 16,80 g; Nicarbazina 20 g; Selênio (min) 120 mg; Vitamina A (min) 4000000 UI; Vitamina B₁ (min) 800 mg; Vitamina B₁₂ (min) 7200 Mcg; Vitamina B₂ (min) 2600 mg; Vitamina B₆ (min) 1120 mg; Vitamina D₃ (min) 1600000 UI; Vitamina E (min) 10000 UI; Vitamina K₃ (min) 960 mg; Zinco (min) 44 g.

²Premix mineral e vitamínico (22 – 42 dias), níveis por kg de produto: Ácido Fólico (min) 360 mg; Ácido Pantotênico (min) 4280 mg; BHT (min) 60 g; Biotina (min) 26 mg; Cobre (min) 3200 mg; Ferro (min) 18 g; Iodo (min) 480 mg; Manganês (min) 32 g; Niacina (min) 14 g; ; Selênio (min) 120 mg; Vitamina A (min) 3200000 UI; Vitamina B₁ (min) 720 mg; Vitamina B₁₂ (min) 6000 Mcg; Vitamina B₂ (min) 2200 mg; Vitamina B₆ (min) 1000 mg; Vitamina D₃ (min) 1200000 UI; Vitamina E (min) 8000 UI; Vitamina K₃ (min) 840 mg; Zinco (min) 44 g; ²Alumínio silicato; ³A inclusão da enzima fitase (1000 FTU kg⁻¹) e da enzima carboidrase (endo-1,4-β-xilanase (2600 DNS) e endo-1,3(4)-β-glucanase (1800 DNS) foi realizada em substituição ao inerte (caulim).⁴Alumínio silicato; ⁵Adsodium™ aditivo que contém 32% de sódio e 22% de enxofre, sem cloreto; ⁶pH Perfect; ⁷Celite® utilizado como um indicador externo.

Fonte: Autoria própria

O peso e o consumo de ração foram registrados aos 21 e 42 dias de idade, para avaliação do consumo de ração (CR), ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA), diariamente a mortalidade foi observada, para as correções no consumo de ração e conversão alimentar, de acordo com Sakomura e Rostagno (2016).

Aos 21 e 42 dias de idade, duas aves por UE foram selecionadas ao acaso, mantidas em jejum por 6 horas com água a vontade, para colheita de sangue via punção braquial. As amostras foram deixadas em descanso por 15 minutos em temperatura ambiente e centrifugadas a 1050 g por 10 minutos (NUNES *et al.*, 2018). Após, foram congeladas a -20 °C para a posterior realização das análises de colesterol (COL), triglicerídeos (TAG), ácido úrico (AU), creatinina (CR), aspartato aminotransferase (AST), alanina aminotrasferase (ALT) e proteína total (PT). As leituras foram realizadas com a utilização de “kits” comerciais, Elitech, utilizando espectrofotômetro automático, com calibração automática e leitura de alta performance.

Aos 42 dias de idade, três aves por UE foram insensibilizadas e sacrificadas seguida por exsanguinação, de acordo com a Resolução Normativa nº 37, de 15 de fevereiro de 2018 do CONCEA, que estabelece as Diretrizes de Prática de Eutanásia do Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal. Aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais N° 21/20 – CEUA, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE) registrado com o número “44-18”.

As aves foram atordoadas eletricamente e abatidos por corte do pescoço ventral. Em seguida, as carcaças foram escaldadas a 60 ° C por 30 segundos e as aves foram depenadas mecanicamente usando equipamento comercial. Após a remoção das penas, vísceras, gordura abdominal, pés e pescoço, os pesos da carcaça e órgãos eviscerados foram mensurados e, em seguida, a carcaça foi resfriada em uma mistura estática de gelo e água por uma hora e posteriormente drenada por 10 minutos para realização dos cortes.

Três aves por UE foram utilizadas para mensuração do rendimento dos órgãos (fígado e pâncreas) e os pesos obtidos foram utilizados no cálculo do peso relativo de cada órgão, pela fórmula: peso relativo do órgão = (peso do órgão / peso vivo) x 100.

As mesmas três aves foram utilizadas para determinação do rendimento de carcaça, rendimento de cortes e percentual de gordura abdominal retirados da cloaca e ao redor da moela. O rendimento de carcaça foi obtido de acordo com o peso da

carcaça eviscerada (sem pés, cabeça, pescoço e gordura abdominal), em relação ao peso da ave viva. Para o rendimento dos cortes, foram considerados os pesos de peito sem osso e pele, sassami, pernas (coxa e sobrecoxa) e asas. O rendimento dos cortes foi calculado em relação ao peso da carcaça eviscerada e o percentual da gordura abdominal em relação ao peso vivo da ave.

O conteúdo ileal (digesta) foi coletado no momento do abate, sendo realizado um “pool” de três amostras as quais foram utilizadas para determinação da digestibilidade ileal dos nutrientes. O conteúdo do íleo foi coletado, pesado e seco em estufa a 55°C por 72 h, após foram pesados novamente e então moídos em moinho tipo faca. Os teores de matéria seca, matéria mineral, proteína bruta e cinzas ácidas insolúveis foram determinadas nas amostras de ração e digesta pelos métodos de Silva e Queiroz (2002). A energia bruta foi determinada por calorimetria de bomba (Calorímetro C2000, IKA). A cinza ácida insolúvel foi utilizada como marcador inerte (Sakomura e Rostagno, 2007). A matéria seca, os coeficientes de digestibilidade da proteína bruta e os valores de energia digestível foram calculados de acordo com Sakomura e Rostagno (2007).

Os dados foram submetidos à análise de normalidade através do teste de Shapiro Wilk, e posteriormente realizou-se a análise de variância (ANOVA) através do PROC GLM. Para as comparações de médias foi realizado teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. O software estatístico utilizado para as avaliações foi SAS (SAS® University Edition (2017) (SAS Inst. Inc., Cary, NC, EUA).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

No período de 1 a 21 dias de idade foi observada diferença ($P<0,05$) para ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA) das aves (Tabela 2). Aos 21 dias de idade as aves alimentadas com a ração CP apresentaram maior ganho de peso sendo estes semelhantes as aves que consumiram o CN recebendo a suplementação individual de carboidrase (50 g ton^{-1}) e de protease (60 g ton^{-1}). Para a CA de 1 a 21 dias de idade, as aves alimentadas com 100 e 125 g ton^{-1} de carboidrase e protease apresentaram a pior CA comparando com todos os outros tratamentos. A utilização de 60 g ton^{-1} de carboidrase foi a inclusão que mais se equiparou a CA do tratamento CP.

De acordo com os resultados apresentados para desempenho de 1 a 42 dias (Tabela 2), não foi observado efeito ($P>0,05$) dos tratamentos sobre o consumo de ração e ganho de peso, entretanto a CA foi melhor para as aves que receberam a ração CP quando comparadas com as aves alimentadas com a ração CN. Esta diferença encontrada evidencia que a valorização energética e proteica foi suficiente proporcionando um maior consumo de ração (4738g) e um menor ganho de peso (3074g).

A utilização de carboidrase e protease, isoladas ou combinadas, em todas as inclusões testadas neste trabalho, proporcionou uma CA semelhante as aves do CP. Estes resultados comprovam que as enzimas utilizadas auxiliaram de forma positiva na digestão e absorção dos nutrientes da dieta.

As rações foram influenciadas pela utilização das enzimas isoladas ou combinadas, sendo possível observar que a restrição energética e deficiência aminoacídica (CN) proporcionaram piores resultados de desempenho aos 21 dias de idade e que em algumas situações a utilização de enzimas compensou esta deficiência. Estes resultados de 21 dia de idade corroboram com os encontrados por Kaczmarek *et al.* (2014), os quais observaram que a utilização de enzimas associadas (amilase e protease) não apresentam diferenças significativas no GP das aves aos 21 dias de idade.

Tabela 2. Desempenho de frangos de corte alimentados com rações contendo diferentes inclusões enzimáticas.

CHO ¹	PROT ²	1 a 21 dias de idade			1 a 42 dias de idade		
		CMR ³	GP ⁴	CA ⁵	CMR	GP	CA
CP ⁶		1287	1072 ^a	1,181 ^b	4696	3163	1,485 ^b
CN ⁷		1286	1030 ^b	1,249 ^{ab}	4738	3074	1,541 ^a
50	0	1286	1047 ^{ab}	1,229 ^{ab}	4655	3077	1,527 ^{ab}
100	0	1311	1036 ^b	1,266 ^{ab}	4616	3054	1,517 ^{ab}
0	60	1248	1049 ^{ab}	1,190 ^b	4646	3072	1,513 ^{ab}
0	125	1292	1040 ^b	1,242 ^{ab}	4689	3012	1,530 ^{ab}
50	60	1310	1033 ^b	1,267 ^{ab}	4726	3082	1,533 ^{ab}
100	125	1321	1026 ^b	1,288 ^a	4670	3050	1,531 ^{ab}
EPM ⁸		59,94	18,32	0,06	179,07	114,99	0,03
CV (%) ⁹		4,64	1,76	4,72	3,83	3,74	2,12
P		0,361	0,003	0,005	0,885	0,372	0,036

¹CHO carboidrase (g ton⁻¹); ²PROT protease (g ton⁻¹); ³CMR – consumo médio de ração (g); ⁴GP – ganho de peso (g); ⁵CA – conversão alimentar (g g⁻¹); ⁶CP: controle positivo; ⁷CN: controle negativo; ⁸EPM: Erro Padrão da Média; ⁹CV: Coeficiente de variação. Os tratamentos com adição de enzimas tinham uma valorização de energia -100 kcal e proteína -4%.

Letras diferentes, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% significância.

Fonte: Autoria própria

A falta do efeito das enzimas pode ser devido a variação da estrutura química dos PNA'S presentes nos ingredientes das rações (milho, farelo de soja e farinha de carne e ossos), uma vez que estes não são quimicamente uniformes ou quando há uma falta de interação da enzima com o substrato (RAZA; BASHIR; TABASSUM, 2019). Dessimoni *et al.* (2019) observaram que a suplementação de carboidrase associada a fitase não foram capazes de melhorar o ganho de peso e a taxa de conversão alimentar de frangos de corte alimentados com dietas com redução de energia metabolizável.

Para os resultados de rendimento de carcaça e cortes (Tabela 3), somente o rendimento de peito não foi influenciado pelos tratamentos experimentais ($P>0,05$). O rendimento de carcaça quente (CQ) foi menor que o rendimento de carcaça fria (CF), evidenciando que as carcaças após o resfriamento em água e gelo apresentaram uma boa absorção de água. As aves do tratamento CP apresentaram menor RQ quando comparadas as aves que receberam a combinação de 100 e 125 g ton⁻¹ das enzimas ($P=0,002$). Para o rendimento de CF as aves do tratamento controle positivo apresentaram menor rendimento ($P=0,003$) e os rendimentos observados para as aves processadas nos tratamentos com carboidrase (100 g ton⁻¹), protease (60 g ton⁻¹) e a combinação de ambas (100 e 125 g ton⁻¹) apresentaram os maiores rendimentos

de CF. Em relação a variável rendimento de pernas as aves que receberam protease (60 g ton^{-1}) apresentam melhor resultado ($P=0,029$) diferindo do tratamento CN,o qual apresentou pior rendimento (31,04%). Para o rendimento de asa ($P<0,001$) e de sassami ($P=0,006$) as aves processadas do tratamento CP apresentaram os piores valores.

Tabela 3. Rendimento de carcaça e cortes de frangos de corte aos 42 dias, alimentados com rações contendo diferentes inclusões enzimáticas

Tratamentos			Rendimentos (%)				
CHO ¹	PROT ²	CQ ³	CF ⁴	Peito	Perna	Asa	Sassami
CP ⁵		68,24 ^b	69,24 ^b	26,78	32,00 ^{ab}	8,70 ^b	5,14 ^b
CN ⁶		68,78 ^{ab}	70,09 ^{ab}	26,85	31,04 ^b	9,09 ^{ab}	5,47 ^{ab}
50	0	69,23 ^{ab}	70,24 ^{ab}	27,43	32,78 ^{ab}	9,88 ^a	5,63 ^a
100	0	69,13 ^{ab}	70,86 ^a	26,37	32,58 ^{ab}	9,42 ^{ab}	5,25 ^{ab}
0	60	69,49 ^{ab}	71,16 ^a	27,24	32,32 ^{ab}	9,68 ^a	5,30 ^{ab}
0	125	69,18 ^{ab}	70,26 ^{ab}	27,58	32,97 ^a	9,85 ^a	5,43 ^{ab}
50	60	68,83 ^{ab}	70,04 ^{ab}	27,07	31,37 ^{ab}	9,33 ^{ab}	5,69 ^a
100	125	70,06 ^a	71,14 ^a	26,90	32,16 ^{ab}	9,85 ^a	5,28 ^{ab}
EPM ⁷		1,63	1,70	1,72	2,16	0,91	0,54
CV ⁸ (%)		2,35	2,42	6,38	6,71	9,58	10,02
P		0,002	0,003	0,293	0,029	<0,001	0,006

¹CHO carboidrase (g ton^{-1}); PROT protease (g ton^{-1}); ³CQ – carcaça quente; ⁴CF – carcaça fria; ⁵CP: controle positivo; ⁶CN: controle negativo; ⁷EPM: Erro Padrão da Média; ⁸CV: Coeficiente de variação.

Letras diferentes, diferem entre si pelo teste de tukey a 5% significância.

Fonte: Autoria própria

Fernandes *et al.* (2015) também não encontraram diferenças no rendimento de peito ao utilizarem um complexo composto por carboidrases e protease. Segundo Oba *et al.* (2012) o rendimento de peito e pernas são adversos, isto é, quando um tratamento proporciona maior rendimento de pernas, ele consequentemente apresentará menor rendimento de peito. Porém, Dalólio *et al.* (2016) constataram melhorias significativas para o rendimento de peito de frangos de corte aos 42 dias de idade quando alimentados com dietas suplementadas com as enzimas fitase, protease, xilanase, β -glucanase, celulase, amilase e pectinase. Esse efeito positivo pode estar relacionado aos níveis de inclusão de cada enzima na ração (0, 100, 200, 300, 400 g ton^{-1}), entretanto, podemos observar que os autores também utilizaram diferentes enzimas por exemplo, a fitase, onde obtiveram resultados positivos no que diz respeito ao aproveitamento de alguns nutrientes essenciais.

A redução energética e aminoacídica, e a suplementação de enzimas não afetaram a deposição de gordura abdominal ($P=0,243$) das aves abatidas aos 42 dias (Tabela 4). Cardoso *et al.* (2011) não observaram diferenças em relação a gordura abdominal em aves suplementadas ou não com complexos enzimáticos provenientes de carboidrases. Da mesma forma Torres *et al.* (2003) também não obtiveram efeitos em relação a gordura abdominal ao analisarem a eficiência das enzimas xilanase, amilase e protease em frangos de corte.

A utilização combinada de carboidrase e amilase (50 e 60 g ton $^{-1}$) proporcionaram uma hiperplasia do fígado ($P=0,046$) e do pâncreas ($P=0,008$) e a utilização de carboidrase (100 g ton $^{-1}$) proporcionou uma hipoplasia desses órgãos.

Tabela 4. Peso relativo (%) de órgãos e gordura abdominal de frangos de corte aos 42 dias, alimentados com rações contendo diferentes inclusões enzimáticas

¹ CHO	² PROT	Gordura Abdominal	Fígado	Pâncreas
	³ CP	1,87	1,99 ^{ab}	1,71 ^{ab}
	⁴ CN	1,89	1,95 ^{ab}	1,66 ^{ab}
50	0	1,74	2,01 ^{ab}	1,70 ^{ab}
100	0	1,73	1,87 ^b	1,56 ^b
0	60	1,68	1,92 ^{ab}	1,73 ^{ab}
0	125	1,77	1,97 ^{ab}	1,77 ^{ab}
50	60	1,73	2,09 ^a	1,87 ^a
100	125	1,63	1,93 ^{ab}	1,76 ^{ab}
	⁵ EPM	0,38	0,22	0,25
	⁶ CV (%)	21,13	11,31	14,65
	P	0,243	0,046	0,008

¹CHO carboidrase (g ton $^{-1}$); ²PROT protease (g ton $^{-1}$); ³CP: controle positivo; ⁴CN: controle negativo; ⁵EPM: Erro Padrão da Média; ⁶CV: Coeficiente de variação. Letras distintas entre si, diferem pelo teste de Tukey a 5% significância.

Fonte: Autoria própria

Segundo Erdaw *et al.* (2017) esse aumento no peso do pâncreas, pode ser um indicador do mecanismo fisiológico para lidar com os impactos negativos dos fatores antinutricionais nas aves, aumentando a área de superfície do pâncreas e, assim, produzindo mais enzimas endógenas. Sakomura e Rostagno (2007) também observaram que o pâncreas com maior desenvolvimento é coincidente com a maior produção de enzimas digestivas.

Mesmo o fígado e o pâncreas apresentarem hipoplasia e hiperplasia o metabolismo das aves não foi alterado como pode ser observado nas variáveis de parâmetros sanguíneos (Tabelas 5 e 6).

Para os parâmetros bioquímicos sanguíneos das aves alimentadas com rações com diferentes inclusões enzimáticas aos 21 (Tabela 5) e 42 (Tabela 6) dias de idade, não houveram alterações nos valores de ácido úrico ($P=0,172$; $P=0,738$), albumina ($P=0,946$; $P=0,051$), proteínas totais ($P=0,700$; $P=0,113$), glicose ($P=0,782$; $P=0,832$), alanina amino transferase ($P=0,716$; $P=0,139$), aspartato amino transferase ($P=0,919$; $P=0,983$), colesterol ($P=0,335$; $P=0,527$) e triglicerídeos ($P=0,529$; $P=0,617$). As variáveis encontradas no presente trabalho estão dentro da faixa de recomendação tida como ideal para frangos de corte (SCHMIDT; LOCALLI-DITTRICH; PAULILLO, 2007).

Dentre as variáveis estudadas a ureia tem função importante e delicada em relação a ingestão de proteína, pois uma dieta pobre em proteínas pode ocorrer diminuição nos níveis sanguíneos de ureia e albumina e o aumento nos níveis pode estar relacionado à alimentação em excesso da proteína ou de fontes de nitrogênio não proteico. (VALLER *et al.*, 2008). Sua síntese ocorre no fígado através do catabolismo dos aminoácidos e seus níveis são geralmente avaliados em relação ao nível de proteína bruta (ECKERSALL, 2008).

Segundo Elaib *et al.* (2012) a albumina sintetiza-se no fígado e colabora com mais de 70% da osmolaridade do plasma sanguíneo, constituído por reserva proteica, bem como um condutor de ácidos graxos livres, aminoácidos e bilirrubina com função importante em regular o pH sanguíneo.

Campbell (2007) discorre que a contagem de proteínas totais é um indicador de estado de saúde das aves, onde o plasma é constituído por uma mistura de proteínas, entre elas está a albumina, proteínas específicas de transporte, fatores de coagulação, enzimas etc.

Segundo Bahamn *et al.* (2011) a glicose entre os vários metabolitos é utilizada para melhorar a oxidação respiratória e metabolismo do cérebro. Os resultados demonstram quem não houve alteração na insulina e pelo glucagon, uma vez que a síntese dessa insulina ocorre nas células betas do pâncreas e o glucagon pelas células alfa (ANDRADE *et al.*, 2017).

Em relação a baixa atividade enzimática da ALT que pode estar relacionado ao fato de diversas desordens hepáticas apresentarem alterações nos níveis séricos

de ALT, outro fator ligado à baixa atividade de ALT deve estar relacionado à sua função de catalisar a transaminação reversível do L-alanina e 2-oxoglutarato (DANESHYAR *et al.*, 2009).

O aspartato amino-transferase é considerado uma enzima citoplasmática presente nos tecidos do músculo cardíaco cérebro e rim e principalmente o fígado quando está em estágio final podendo fazer com que produza pouco hepatocelular, causando níveis de aspartato amino-transferase normais ou menores (CAMPBELL, 2007; SCHMIDT *et al.*, 2007).

Valler *et al.* (2008) descreve que o colesterol dos animais é precursor dos ácidos biliares na qual fazem parte dos hormônios esteroidais e da bile. As aves com níveis de colesterol sanguíneos podem ter relação com o aumento do hipotireoidismo em obstrução biliar, ou quando há dietas ricas em carboidratos ou lipídios (KANNAN *et al.*, 2013).

De acordo com Crespo e Esteve-Garcia (2001) e Daneshyar *et al.* (2009) as aves com concentrações elevadas de triglicerídeos apresentam um aumento na percentagem de gordura abdominal na carcaça em comparação as aves com menores concentrações de triglicerídeos.

Tabela 5. Parâmetros bioquímicos sanguíneos de frangos de corte aos 21 dias, alimentados com rações contendo diferentes inclusões enzimáticas.

¹ CHO	² PROT	³ AU	⁴ ALB	⁵ PT	⁶ GLIC	⁷ ALT	⁸ AST	⁹ COL	¹⁰ TRIG
		mg dL ⁻¹	mg dL ⁻¹	g dL ⁻¹	mg dL ⁻¹				
	¹¹ CP	6,03	1,23	2,62	239	9,69	185	108	44,00
	¹² CN	4,71	1,24	2,65	244	8,95	218	108	54,37
50	0	4,96	1,18	2,45	243	9,63	211	114	43,00
100	0	4,53	1,19	2,49	238	8,45	200	116	44,87
0	60	5,00	1,19	2,49	244	10,03	198	122	48,78
0	125	4,04	1,16	2,44	248	11,22	211	111	48,37
50	60	5,00	1,23	2,54	239	9,57	209	126	47,33
100	125	4,15	1,19	2,48	240	8,36	200	121	46,43
	¹³ EPM	1,46	1,59	2,89	12,45	3,42	49,91	18,57	10,99
	¹⁴ CV (%)	30,30	13,23	11,44	5,14	36,01	24,45	16,07	23,35
	P	0,172	0,946	0,700	0,782	0,716	0,919	0,335	0,529

¹CHO carboidrase (g ton⁻¹); ²PROT protease (g ton⁻¹); ³AU – ácido úrico; ⁴ALB - albumina; ⁵PT – proteínas totais; ⁶GLIC – glicose; ⁷ALT – alanina amino transferase; ⁸AST – aspartato amino transferase; ⁹COL – colesterol; ¹⁰TRIG – triglicerídeos; ¹¹CP: controle positivo; ¹²CN: controle negativo; ¹³EPM: Erro padrão da média; ¹⁴CV: Coeficiente de variação.

Fonte: Autoria própria

Tabela 6. Parâmetros bioquímicos sanguíneos de frangos de corte aos 42 dias, alimentados com rações contendo diferentes inclusões enzimáticas.

¹ CHO	² PROT	³ AU	⁴ ALB	⁵ PT	⁶ GLIC	⁷ ALT	⁸ AST	⁹ COL	¹⁰ TRIG
		mg dL ⁻¹	mg dL ⁻¹	g dL ⁻¹	mg dL ⁻¹				
	¹¹ CP	3,41	1,51	3,27	274	12,74	398	136	82,75
	¹² CN	2,64	1,41	3,00	267	11,32	417	143	71,25
50	0	2,72	1,31	2,82	273	12,48	425	131	68,00
100	0	2,86	1,30	2,88	272	12,19	446	136	76,75
0	60	2,76	1,35	3,12	265	8,39	393	143	71,37
0	125	2,78	1,44	3,20	270	10,88	424	142	89,62
50	60	2,94	1,35	2,94	274	9,78	443	143	75,87
100	125	2,20	1,27	2,78	263	7,83	406	126	66,75
	¹³ EPM	1,17	1,43	3,53	15,59	3,80	121,68	17,78	23,69
	¹⁴ CV (%)	41,89	10,38	11,71	5,79	36,19	29,09	12,84	31,15
	P	0,738	0,051	0,113	0,832	0,139	0,983	0,527	0,617

¹CHO carboidrase (g ton⁻¹); ²PROT protease (g ton⁻¹); ³AU – ácido úrico; ⁴ALB - albumina; ⁵PT – proteínas totais; ⁶GLIC – glicose; ⁷ALT – alanina amino transferase; ⁸AST – aspartato amino transferase; ⁹COL – colesterol; ¹⁰TRIG – triglicerídeos; ¹¹CP: controle positivo; ¹²CN: controle negativo; ¹³EPM: Erro padrão da média; ¹⁴CV: Coeficiente de variação.

Fonte: Autoria própria

Os resultados bioquímicos do sangue são comumente utilizados como uma ferramenta para diagnosticar enfermidades, deficiências ou mudanças no metabolismo das aves, pois ele reflete em informações sobre as condições do organismo e suas mudanças em decorrência de fatores antinutricionais e ambientais, assim, a análise bioquímica clínica pode detectar distúrbios metabólicos e doenças subclínicas que afetam a eficiência de produção (CIURESCU *et al.*, 2019), uma vez que os resultados sanguíneos podem ser influenciados por diversos fatores relacionados ao estado nutricional e sanitário, criação, estresse ambiental, idade, sexo e estação do ano Campbell (2004) e Thrall (2004).

Com relação aos coeficientes de digestibilidade da PB (CDPB) (Tabela 7) os resultados demonstram que as aves que consumiram a combinação de carboidrases e proteases (100 e 125 g ton $^{-1}$) tiveram digestibilidade semelhante as que receberam (50 e 60 g ton $^{-1}$), mas foram inferiores aos demais tratamentos, provavelmente essa baixa digestibilidade fez com que as aves tivessem pior desempenho.

A inclusão de (100 e 0 g ton $^{-1}$) de carboidrase isolada apresentou melhor CDPB ($P=0,001$) em relação aos tratamentos (0 e 125 g ton $^{-1}$), (50 e 60 g ton $^{-1}$) e (100 e 125 g ton $^{-1}$) de carboidrases e proteases, porém não diferiram do CP, confirmando a probabilidade das enzimas em quebrar a parede celular dos ingredientes consumido pelas aves, reduzindo a sua integridade, e, por fim seus conteúdos nutricionais (ANDRADE *et al.* 2017). Resultados semelhantes foram descritos por Liu *et al.* (2013), com a utilização de enzimas xilanase e amilase em dietas a base de milho com redução energética e obtiveram semelhança na digestibilidade da proteína e dieta controle positivo.

Já o pior resultado (100 e 125 g ton $^{-1}$) no CDPB pode estar associado à menor degradação dos PNAs, fazendo com que (100 e 125 g ton $^{-1}$) não consiga evitar a redução no coeficiente de digestibilidade da proteína bruta (RUIZ *et al.*, 2008).

Com relação a energia bruta houve um resultado positivo CDEB ($P=0,007$), onde o complexo enzimático (100 e 125 g ton $^{-1}$) apresentou melhor resultado quando comparada à enzima protease isolada (0 e 60 g ton $^{-1}$) no entanto, foram semelhantes entre os demais tratamentos, observa-se que existe um melhor aproveitamento da energia bruta quando foi acrescentado os níveis de enzimas na dieta com redução energética.

O CDMS não diferiu significativamente entre os tratamentos avaliados ($P=0,168$). No entanto observa-se que há um bom aproveitamento de matéria seca entre os tratamentos.

Da mesma forma, Barbosa *et al.* (2014), analisaram os CDMS e CDPB, bem como a energia digestível de dietas para aves aos 21 e 43 dias recebendo enzimas (fitase e complexo enzimático de amilase, xilanase e protease), e observaram efeito para as variáveis estudadas, com exceção da digestibilidade da matéria seca.

De acordo com Andrade *et al.* (2017), em diversos trabalhos vem sendo observado os efeitos benéficos da adição de enzimas exógenas na dieta para frangos de corte em relação ao melhor aproveitamento dos nutrientes presentes na ração.

Tabela 7. Coeficientes de digestibilidade (%) da proteína bruta, energia bruta e matéria seca de frangos de corte aos 42 dias, alimentados com rações contendo diferentes inclusões enzimáticas.

¹ CHO	² PROT	Proteína bruta	Energia bruta	Matéria seca
	³ CP	68,78 ^{abc}	65,44 ^{ab}	67,73
	⁴ CN	67,06 ^{abc}	66,21 ^{ab}	68,18
50	0	69,83 ^{abc}	70,82 ^{ab}	69,31
100	0	75,93 ^a	71,25 ^{ab}	71,35
0	60	71,34 ^{ab}	64,66 ^b	68,89
0	125	64,96 ^{bc}	67,11 ^{ab}	66,44
50	60	61,23 ^{cd}	67,67 ^{ab}	65,76
100	125	54,88 ^d	72,38 ^a	69,74
	⁵ EPM	6,06	4,55	3,92
	⁶ CV (%)	9,07	6,66	5,72
	P	<0,001	0,007	0,168

¹CHO carboidrase (g ton⁻¹); ²PROT protease (g ton⁻¹); ³CP: Controle positivo; ⁴CN: Controle negativo; ⁵EPM: Erro padrão da média; ⁶CV: Coeficiente de variação.

Fonte: Autoria própria

De modo geral, os dados observados nos coeficientes de digestibilidade da matéria seca, proteína bruta e energia bruta deste trabalho confirmam a ação dessas enzimas em melhorar o aproveitamento dos nutrientes consumidos pelas aves. Resultados significativos com a suplementação enzimática sobre a digestibilidade da matéria seca, proteína bruta e energia bruta também foram encontrados em frangos de corte alimentados com dieta à base trigo, sorgo e milho (OLIVEIRA *et al.*, 2007).

6 CONCLUSÃO

As reduções nutricionais nas dietas de frangos de corte afetaram o desempenho, características de carcaça e digestibilidade ileal. A suplementação enzimática não afetou os parâmetros bioquímicos sanguíneos das aves de 1 a 42 dias.

REFERÊNCIAS

- 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, 2018.
- ABUDABOS, A. M. Effect of enzyme supplementation to normal and low density broiler diets based on corn-soybean meal. **Asian Journal Animal and Veterinary Advances**. V. 7, n. 2, p. 139–148, 2012.
- ABUDABOS, A. M.; YEHIA, H. M. Performance, intestinal morphology and microbiology of broilers fed corn-soybean meal diets supplemented with enzyme and antibiotic. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, v. 11, n. 3&4, p. 642-646, 2013.
- ADEOLA, O.; COWIESON, A. J. Board-invited review: opportunities and challenges in using exogenous enzymes to improve nonruminant animal production. **Journal of animal science**, v. 89, n. 10, p. 3189-3218, 2011.
- ADEYEMO, S. M.; ONILUDE, A. A. Reduction of oligosaccharide content of soybeans by the action of Lactobacillus plantarum isolated from fermented cereals. **African Journal of Biotechnology**, v. 13, n. 37, p. 3790-3796, 2014.
- AGUILAR, L.; *et al.* Enzyme application in animal feeding: requirements and perspectives. **Revista Cubana de Ciencia Avícola**, v. 31, n. 1, p. 45-55, 2007.
- ALABI, O. O.; *et al.* Exogenous Enzymes and the Digestibility of Nutrients by Broilers: A Mini Review. **Poultry Science**, v. 18, n.9, p. 404-409, 2019.
- ALLOUCHE, L.; *et al.* Effect of addition of exogenous enzymes in hypocaloric diet in broiler chicken on performance, biochemical parameters and meat characteristics. **Biotechnology in Animal Husbandry**, v. 31, n. 4, p. 551-565, 2015.
- ALTOP, A. The effects of diets supplemented with fermented or non-fermented cherry kernels (*Prunus avium* L.) on growth performance, ileal histology, caecum microflora, and some meat quality parameters in broiler chickens. **European Poultry Science**, v. 83, p.1-15, 2019.
- AMERAH, A.M.; *et al.* Influence of feed processing on the efficacy of exogenous enzymes in broiler diets. **World's poultry science journal**, v. 67, n. 1, p. 29-46, 2011.
- ANDRADE, T. D. S.; *et al.* Performance and physiological parameters in broilers fed different enzyme complexes. **Semina: Ciências Agrárias (Londrina)**, v. 38, n. 4, p. 2765-2774, 2017.
- 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, 2002.

- ARBOUCHE, R.; et al. 2012. Effects of the incorporation of the apricot kernel meal into broiler diets on growth performance. **Revue de Medecine Veterinaire**, v. 10, p. 475:479, 2012.
- ARRUDA, A.M.V.; et al. Importance of fiber in rabbit nutrition. **Semina: Ciências Agrárias**. v. 24, n. 1, 181-190, 2003.
- ASHRAF, S.; et al. Assessment of Refined Functional Carbohydrates as Substitutes of Antibiotic Growth Promoters in Broilers: Effects on Growth Performance, Immune Responses, Intestinal Micro-Flora and Carcass Characteristics. **Pakistan Veterinary Journal**, v. 39, n. 2, p. 157-162, 2019.
- BAHAMN, A. H.; et al. Comparative Study on Blood Profiles of Indigenous and Ross-308 Broiler Breeders. **Global Veterinaria**, v. 7, n. 3, p. 238- 241, 2011.
- BARBOSA, N. A. A.; et al. Digestibilidade ileal de frangos de corte alimentados com dietas suplementadas com enzimas exógenas. **Comunicata Scientiae**, v. 5, n. 4, p. 361-369, 2014.
- BARLETTA, A. **Introduction: Current market and expected developments**. In: BEDFORD, M. R.; PARTRIDGE, G. G. Enzymes in farm animal nutrition. 2nd. London: Cab International, 2010. cap. 1, p.1-11.
- BATAL, A. B.; PARSONS, C. M. Effect of fasting versus feeding oasis after hatching on nutrient utilization in chicks. **Poultry Science**, v. 81, n. 6, p. 853-859, 2002.
- BEDFORD, M. R.; PARTRIDGE, G. G. (Eds.). **Enzymes in farm animal nutrition**. CABI. 2010.
- BOLELI, I. C.; MAIORKA, A.; MACARI, M. Estrutura funcional do trato digestório. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**, v. 2, p. 75-98, 2002.
- BROCH, J.; et al. Dry residue of cassava as a supplementation in broiler feed with or without addition of carbohydrases. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 38, n. 4, p. 2641-2658, 2017.
- BROCH, J.; et al. **High levels of dietary phytase improves broiler performance**. **Animal feed science and technology**, v. 244, p. 56-65, 2018.
- CAMPBELL, T. W. Clinical Chemistry of Birds. In: Thrall, M. A. **Veterinary Hematology and Clinical Chemistry**. Philadelphia, Lippincott, Williams & Wilkins, 479-492, 2004.
- CAMPBELL, T. W. Bioquímicaclínica de aves. In: Thrall, M. A. et al. **Hematologia e bioquímica clínica veterinária**, p. 415-435, 2007.
- CARDOSO, D. M.; et al. Efeito do uso de complexo enzimático em rações para frangos de corte. **Archivos de Zootecnia**, v. 60, n. 232, p. 1053-1064, 2011.

CARVALHO, D. P.; *et al.* Performance of broilers fed starter diets (8-21 days of age) with animal by-products and protease. In **Proc. 21st Eur. Symp. Poult. Nutr. World's Poult.** Sci. Assoc., Salou, Spain, 2017.

CHENG, Y.H.; *et al.* Mixed fermentation of soybean meal by protease and probiotics and its effects on the growth performance and immune response in broilers. **Journal of Applied Animal Research**, v. 47, n. 1, p. 339-348, 2019.

CHOCT, M. Feed non-starch polysaccharides: chemical structures and nutritional significance. **Feed milling international**, v. 191, June issue, p. 13-26, 1997.

CHOCT, M. Enzyme supplementation of poultry diets based on viscous cereals. **Enzymes in farm animal nutrition**, p. 145-160, 2001.

CHOCT, M. Enzyme supplementation of poultry diets based on viscous cereals. In: BEDFORD, M. R.; PARTRIDGE, G. G. (Eds.) **Enzymes in farm animal nutrition**. Oxfordshire: Cab Publishing, 2001. p. 406.

CHOCT, M.; *et al.* Soy oligosaccharides and soluble non-starch polysaccharides: a review of digestion, nutritive and anti-nutritive effects in pigs and poultry. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 23, n. 10, p. 1386-1398, 2010.

CHOCT, M.; KOCHER, A. **Non-starch carbohydrates: Digestion and its secondary effects in monogastrics**. In: Proceedings-Nutrition Society of Australia. v. 24, p. 31-38. Nutrition Society of Australia; 2000.

CIURESCU, G.; *et al.* Desempenho de crescimento, características de carcaça e bioquímica sanguínea de pintos de corte alimentados com farelo de girassol com baixa fibra e fitase. **Revista Sul-Africana de Ciência Animal**, v. 49, n. 4, p. 735-745, 2019.

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, 2003.

COWIESON, A. J. Recent developments in the use of exogenous enzymes for broilers. In **3rd International Poultry Meat Congress**, 22-26 April 2015, Antalya, Turkey. Proceedings, p. 116-121, 2016.

COWIESON, A. J.; *et al.* The effect of a mono-component exogenous protease and graded concentrations of ascorbic acid on the performance, nutrient digestibility and intestinal architecture of broiler chickens. **Animal Feed science and technology**, v. 235, p. 128-137, 2018.

COWIESON, A. J.; *et al.* Interactive effects of dietary protein source and exogenous protease on growth performance, immune competence and jejunal health of broiler chickens. **Animal Production Science**, v. 57, n .2, p. 252-261, 2017.

- COWIESON, A.J.; ROOS, F.F. (2013). **Bioefficacy of a mono-component protease in the diets of pigs and poultry: a meta-analysis of effect on ileal amino acid digestibility.** *Journal of Applied Animal Nutrition*, 2, 1-8.
- COWIESON, A. J.; ROOS, F. F. Toward optimal value creation through the application of exogenous mono-component protease in the diets of non-ruminants. **Animal Feed Science and Technology**, v. 221, p. 331-340, 2016.
- CRESPO, N.; ESTEVE, G. Dietary fatty acid profile modifies abdominal fat deposition in broiler chickens. **Poultry Science**. v.80, p. 71-78, 2001.
- DALÓLIO, F. S.; et al. Enzimas exógenas em dietas para frangos de corte. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 17, n. 2, p. 149-161, 2016.
- DANESHYAR, M.; KERMANSHANI, H.; GOLIAN, A. (2009). **Changes of biochemical parameters and enzyme activities in broiler chickens with cold-induced ascites.** *Poultry Science*. 88(1):106-10.
- DESSIMONI, G. V. **Planos nutricionais com suplementação de protease em dietas de frangos de corte.** 2011. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri: Diamantina, 2011.
- DESSIMONI, G.V.; et al. Desempenho de crescimento e rendimento de carcaça de frangos de corte em resposta a carboidratos e sua associação com fitase. **Arq. Bras. Med. Veterinário Zootec.** V. 71, n. 3, 2019.
- DIDA, M. F. Review paper on enzyme supplementation in poultry ration. **International Journal of Bioorganic Chemistry**, v. 1, n. 1, p.1-7, 2016.
- DOSKOVIĆ, V.; et al. Enzymes in broiler diets with special reference to protease. **World's Poultry Science Journal**, v. 69, n. 2, p. 343-360, 2013.
- ECKERSALL, P. D. et al. **Clinical biochemistry of domestic animals.** 6 ed. London: Academic Press, 5. p. 117-155, 2008.
- ELAIB, H.A.A.; et al. Effect of Natural Spices on Plasma Proteins in Broiler Chicks. **The Journal of nutrition & food sciences**, 2:7. 2012.
- ERDAW, M. M.; et al. Growth and physiological responses of broiler chickens to diets containing raw, full-fat soybean and supplemented with a high-impact microbial protease. **Asian-Australasian journal of animal sciences**, v. 30, n. 9, p. 1303, 2017.
- FERNANDES, J. I. M. Effect of different enzymatic supplements in diets of broilers raised at high stocking density. **Journal of veterinary medicine and research**, 2015
- FORTES, B. D. A.; et al. Avaliação de programas nutricionais com a utilização de carboidrases e fitase em rações de frangos de corte. **Ciência Animal Brasileira**, v. 13, n. 1, p. 24-32, 2012.

FURLAN, J. M., et al. **Fitase na alimentação de frangos de corte e impactos na qualidade da carne.** Novos Desafios da Pesquisa em Nutrição e Produção Animal, Cap. 3, p. 45, 2017.

GRUNERT, K. G. Future trends and consumer lifestyles with regard to meat consumption. **Meat science**, v. 74, n. 1, p. 149-160, 2006.

HERNÁNDEZ-LEDESMA, B.; et al. Antihypertensive peptides: production, bioavailability and incorporation into foods. **Advances in colloid and interface science**, v. 165, n. 1, p. 23-35, 2011.

HONG, K. J.; et al. Aspergillus oryzae GB-107 fermentation improves nutritional quality of food soybeans and feed soybean meals. **Journal of medicinal food**, v. 7, n. 4, p. 430-435, 2004.

IMRAN, M.; et al. Role of Enzymes in Animal Nutrition: A Review. **PSM Veterinary Research**, v. 1, n. 2, p. 38-45, 2016.

JHA, R.; et al. Dietary fiber and intestinal health of monogastric animals. **Frontiers in veterinary science**, v. 6, n. 48, 2019.

JHA, R.; et al. Early nutrition programming (in ovo and post-hatch feeding) as a strategy to modulate gut health of poultry. **Frontiers in Veterinary Science**, v. 6, n. 82, 2019.

JIA, W.; et al. Effects of diet type and enzyme addition on growth performance and gut health of broiler chickens during subclinical Clostridium perfringens challenge. **Poultry science**, p. 88, n. 1, p. 132-140, 2009.

KACZMAREK, S.A.; et al. Effect of protease, amylase, and nonstarch polysaccharide-degrading enzyme supplementation on nutrient utilization and growth performance of broiler chickens fed corn -soybean mealbased diets. **Poultry Science**, v. 93, p. 1745–1753, 2014.

KANNAN, D.; et al. Effect of saturated and unsaturated fat on the performance, serum and meat cholesterol level in broilers. **Vetworld**, 159-162, 2013.

KEYSER, K. D.; et al. Non-starch Polysaccharide Degrading Enzymes in Corn and Wheat-Based Broiler Diets: Dual Activity for Major Substrates. **Journal of Agricultural Science and Technology A**, v. 8, p. 76-88, 2018.

LIU, S.Y.; et al. Protease supplementation of sorghum-based broiler diets enhances amino acid digestibility coefficients in four small intestinal sites and accelerates their rates of digestion. **Animal Feed Science and Technology**, v. 183, p.175-183, 2013.

LU, H.; et al. **Impact of exogenous carbohydrases and phytase on growth performance and nutrient digestibility in broilers.** Canadian Journal of Animal Science, v. 93, n. 2, p. 243-249, 2015.

MAVROMICHALIS, I. Mixed or single enzymes for non-starch carbohydrates?. **World Poultry**, v. 28, n. 07, p. 25 -26, 2012.

MOFTAKHARZADEH, S. A.; et al. Effect of using the Matrix Values for NSP-degrading enzymes on performance, water intake, litter moisture and jejunal digesta viscosity of broilers fed barley-based diet. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.39, n. 1, p. 65-72, 2017.

MOURINHO, F. L. **Avaliação nutricional da casca de soja com ou sem adição de complexo enzimático para leitões na fase de creche**. 2006. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2006.

MUKHERJEE, R.; et al. Role of fermentation in improving nutritional quality of soybean meal - a review. **Asian-Australasian journal of animal sciences**, v. 29, n. 11, p. 1523-1529, 2016.

MURAKAMI, A. E.; et al. Efeito da suplementação enzimática no desempenho e qualidade dos ovos de poedeiras comerciais. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 29, n. 2, p. 165-172, 2007.

OBA, A.; et al. Características produtivas e imunológicas de frangos de corte submetidos a dietas suplementadas com cromo, criados sob diferentes condições de ambiente. **Revista brasileira de zootecnia**, v. 41, n. 5, p. 1186-1192, 2012.

OBA, A.; et al. Características produtivas, qualitativas e microbiológicas de galinhas poedeiras alimentadas com diferentes níveis de complexo enzimático. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 2, p. 4179-4186, 2013.

OLIVEIRA, M.C. DE; et al. Utilização de nutrientes de dietas contendo mananoligossacarídeo e/ou complexo enzimático para frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 825-831, 2007.

OLUKOSI, O.A.; et al. Effects of exogenous proteases without or with carbohydrases on nutrient digestibility and disappearance of non-starch polysaccharides in broiler chickens. **Poultry science**, v. 94, n. 11, p. 2662-2669, 2015.

PIRGOLIEV, V.; et al. Feed additives in poultry nutrition. **Bulgarian Journal of Agricultural Science**, v. 25, p. 8-11.

QUEIROZ, L. S. B. D. **Enzimas exógenas na alimentação de frangos de corte**. Tese. Universidade de São Paulo: São Paulo, 2017.

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

RAZA, A.; BASHIR, S.; TABASSUM, R. An update on carbohydrases: growth performance and intestinal health of poultry. **Heliyon**, v. 5, n. 4, 2019

ROSTAGNO, H. S.; et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais de aves e suínos.** 3.ed. Viçosa: UFV, 2011. 252 p.

RUIZ, U. D. S.; et al. Complexo enzimático para suínos: digestão, metabolismo, desempenho e impacto ambiental. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 3, p. 458-468, 2008.

RUIZ, U.S.; et al. Complexo enzimático para suínos: digestão, metabolismo, desempenho e impacto ambiental. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 3, p. 458-468, 2008.

SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos.** Funep: Jaboticabal, 2007.

SALEH, A.A.; et al. Exogenous dietary enzyme formulations improve growth performance of broiler chickens fed a low-energy diet targeting the intestinal nutrient transporter genes. **PLoS one**, v. 13, n. 5, p. 1-17, 2018.

SCHMIDT, E. M. S.; et al. Patologia clínica em aves de produção-uma ferramenta para monitorar a sanidade avícola-revisão. **Archives of Veterinary Science**, v. 12, n. 3, 2007.

SILVA, J. R. **Farelo de algodão e complexo enzimático para suínos na fase de terminação.** 2019. Tese. Universidade Federal de Mato Grosso, Sinop: 2019.

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

SU, L.W.; et al. Optimization of mixed solid-state fermentation of soybean meal by *Lactobacillus* species and *Clostridium butyricum*. **Polish Journal Microbiology**, v. 67, p. 297-305, 2018.

TEJEDOR, A. A., et al. Efeito da adição da enzima fitase sobre o desempenho e a digestibilidade ileal de nutrientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 3, p. 802-808, 2001.

TORRES, D. M.; et al. **Eficiência das enzimas amilase, protease e xilanase sobre o desempenho de frangos de corte.** Ciência e Agrotecnologia, v. 27, n. 6, p. 1401-1407, 2003.

TORRES, D. M.; et al. Eficiência das enzimas amilase, protease e xilanase sobre o desempenho de frangos de corte. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 27, n. 6, p. 1401-1407, 2003.

UNI, Z.; et al. Posthatch development of small intestinal function in the poult. **Poultry Science**, v. 78, n. 2, p. 215-222, 1999.

VALLER, S. F.; *et al.* Serum biochemical parameters of healthy male, female and Young blue-and-yellow macaws (*Ara ararauna*) bred in captivity. **Ciência Rural**, v. 38, n. 30, p. 711-716, 2008.

VIEIRA FILHO, J. A.; *et al.* Effect of protease supplementation on production performance of laying hens. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 37, n. 1, p. 29-33, 2015.

WANG, T.; *et al.* Advances of research on glycinin and β -conglycinin: a review of two major soybean allergenic proteins. **Critical reviews in food science and nutrition**, v. 54 n. 7, p. 850-862, 2014.

YU, B.; CHUNG, T. K. Effects of multiple-enzyme mixtures on growth performance of broilers fed corn-soybean meal diets. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 13, n. 2, p. 178-182, 2004.

ZHOU, Y.; *et al.* Improved energy-utilizing efficiency by enzyme preparation supplement in broiler diets with different metabolizable energy levels. **Poultry science**, v. 88, n. 2, p. 316-322, 2009.