

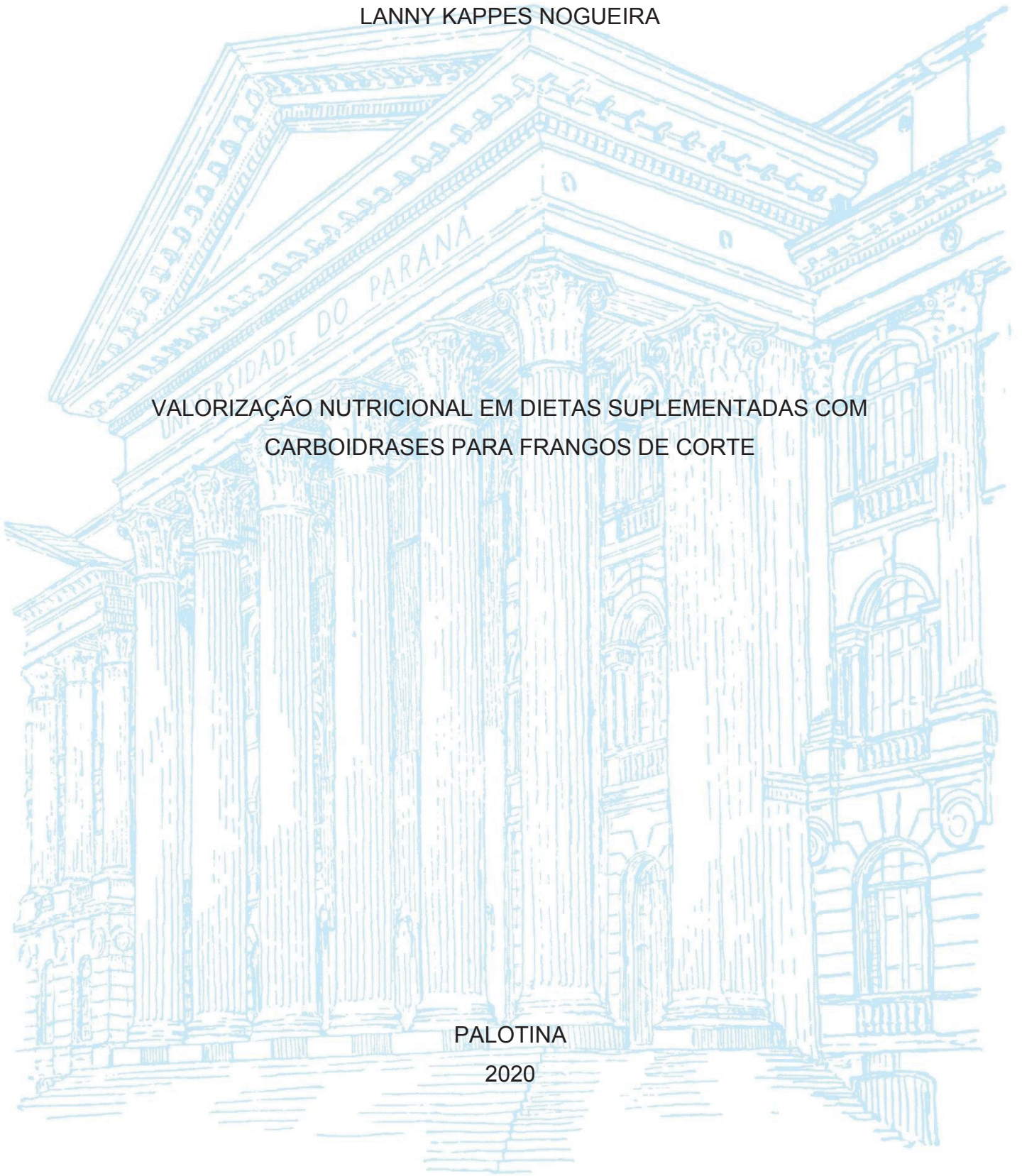
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

LANNY KAPPES NOGUEIRA

VALORIZAÇÃO NUTRICIONAL EM DIETAS SUPLEMENTADAS COM  
CARBOIDRASES PARA FRANGOS DE CORTE

PALOTINA

2020



LANNY KAPPES NOGUEIRA

VALORIZAÇÃO NUTRICIONAL EM DIETAS SUPLEMENTADAS COM  
CARBOIDRASES PARA FRANGOS DE CORTE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência Animal, área de concentração Produção Animal, linha de pesquisa em Nutrição e Produção Avícola, Setor Palotina, Universidade Federal do Paraná como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

Orientadora: Profa. Dra. Jovanir Inês Müller  
Fernandes

PALOTINA

2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

N778 Nogueira, Lanny Kappes  
Valorização nutricional em dietas suplementares com carboidratos para frangos de corte / Lanny Kappes Nogueira – Palotina, 2020.  
65f.

Orientadora: Jovanir Inês Müller Fernandes  
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor Palotina, Programa de Pós-graduação em Ciência Animal.

1. Conversão alimentar. 2. Saúde intestinal. 3. Ácidos graxos de cadeia curta. I. Fernandes, Jovanir Inês Müller. II. Universidade Federal do Paraná. III. Título.

CDU 636.5

Ficha catalográfica elaborada por Liliane Cristina Soares Sousa – CRB 9/1736



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SETOR PALOTINA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO CIÊNCIA ANIMAL -  
40001016077P6

## TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em CIÊNCIA ANIMAL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da dissertação de Mestrado de **LANNY KAPPES NOGUEIRA** intitulada: **VALORIZAÇÃO NUTRICIONAL EM DIETAS SUPLEMENTADAS COM CARBOIDRASES PARA FRANGOS DE CORTE**, sob orientação da Profa. Dra. JOVANIR INÊS MÜLLER FERNANDES, que após terem inquirido a aluna e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

PALOTINA, 05 de Março de 2020.

  
JOVANIR INÊS MÜLLER FERNANDES

Presidente da Banca Examinadora (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

  
GERALDO CAMILO ALBERTON

Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

  
FERNANDO RUTZ

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS)

## DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Lanny Kappes Nogueira, Filha de Lori Teresinha Kappes Nogueira e Messias Padilha Nogueira, nasceu em Palotina, Paraná, dia 04 de junho de 1991.

Iniciou o curso de Medicina Veterinária pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná – Campus Toledo em março de 2013, concluído em fevereiro de 2018.

Em março de 2018 iniciou o curso de Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal pela Universidade Federal do Paraná – Setor Palotina.

Aos meus Pais Lori e Messias,  
pelo amor incondicional que me  
proporcionou o alicerce necessário  
contribuindo para lapidar toda minha  
essência como ser humano.

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

À Deus, por iluminar meus passos, e pela dádiva da Vida.

Aos meus Pais, Lori e Messias, por não medirem esforços para que eu pudesse alcançar meus objetivos, sempre me incentivando e me dando forças nos momentos mais difíceis, por todo amor e paciência, minha eterna gratidão.

Ao meu namorado, Paulo, que sempre esteve ao meu lado me incentivando e apoiando durante essa etapa da minha vida. Obrigada por toda compreensão, paciência e carinho.

À minha orientadora, Professora Jovanir Inês Müller Fernandes pela oportunidade e disponibilidade de me orientar, pelos conselhos, apoio e ensinamentos a mim transmitidos durante esses dois anos.

Aos colegas do Laboratório de Experimentação Avícola, vocês são uma família (LEA) e eu muito grata por ter conhecido cada um de vocês, foi uma caminhada de muito aprendizado e muito companheirismo, um pouco cansativa as vezes, mas todo esforço sempre vem acompanhando de vitórias. O meu muito obrigada por todas experiências trocadas e momentos vividos; Djiovane, Eliana, Elisangela, Erika, Fernanda, Regina, Sabrina, Laura, Lucas K, Lucas G, Jessiane, Eduarda, Anderson, Carlos, Felipe, Julianne, Juliana, Bruna, André, Gabriela, Ana, Micaela.

Aos colaboradores do setor de produção e nutrição, em especial o Welligton por sua dedicação e convivência com o grupo.

Aos meus amigos, por compreenderem minha ausência durante esse período.

À Universidade Federal do Paraná – Setor Palotina pelo acolhimento desde a graduação. Aos professores e ao programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da UFPR-Setor Palotina pela oportunidade de realização deste sonho.

À CAPES por conceder a bolsa, possibilitando minha dedicação exclusiva durante o período do mestrado.

Ao meu pet, bibi, por ser a minha fiel companheira em todas as noites de estudos.

E a todos aqueles que de alguma maneira colaboraram para que este trabalho se tornasse uma realidade.

## RESUMO

O Objetivo foi avaliar o efeito da suplementação de carboidrases sobre dietas com redução da densidade nutricional sobre o desempenho produtivo, morfometria intestinal, produção de ácidos graxos de cadeia curta, digestibilidade de nutrientes e rendimento de carcaça de frangos de corte. O experimento foi realizado no aviário experimental da Universidade Federal, setor Palotina. Foram alojados 1620 pintos de corte macho, Cobb 500 em esquema fatorial 2 x 2 (dietas comerciais x *blend* de carboidrases). O desempenho zootécnico das aves foi avaliado semanalmente até os 35 dias. Aos 42 dias foi determinado o rendimento de carcaça, e composição de carcaça. Aos 21 dias de idade das aves, foi realizada a avaliação da digestibilidade e da metabolizabilidade dos nutrientes nas dietas. Aos 28 dias foram coletados segmentos intestinais para avaliação da morfometria intestinal e determinação dos ácidos graxos de cadeia curta no conteúdo cecal. A suplementação de carboidrases em dietas comerciais B elevou ( $p < 0,05$ ) o peso vivo e o ganho de peso das aves e melhorou o índice de conversão alimentar das aves aos 7 dias de idade. Para o período total de 1 a 35 dias, aves que ingeriram dieta comercial A apresentaram maior ( $p < 0,05$ ) consumo de ração em relação a dieta controle. As aves que receberam dieta comercial A com adição do complexo enzimático apresentaram melhor ( $p < 0,05$ ) conversão alimentar. Aves que receberam o complexo enzimático na dieta, independentemente do tipo de dieta comercial, apresentaram maior ( $p < 0,05$ ) relação vilo:cripta. Houve interação significativa ( $p < 0,05$ ) das dietas comerciais e a suplementação enzimática sobre os valores de energia metabolizável aparente (EMA) e aparente corrigida (EMAn). No desdobramento da interação, observou-se que o consumo da dieta comercial B, com níveis nutricionais mais elevados, independentemente da inclusão de enzima resultou em maiores valores de EMA e EMAn do que o consumo da dieta comercial A. Aos 42 dias a suplementação das dietas com carboidrases independentemente do tipo de dieta comercial resultou em maior ( $p < 0,05$ ) rendimento de pernas. Tanto para o peso absoluto quanto para o peso relativo, dietas comerciais A e acrescidas do complexo enzimático resultaram em uma menor deposição de gordura. A suplementação das dietas de frangos de corte com complexos enzimáticos compostos por carboidrases possibilita melhor conversão alimentar, redução da gordura abdominal, aumento da taxa de digestibilidade dos alimentos, o que permite a redução da necessidade de utilização de ingredientes não renováveis contribuindo com a redução do impacto ambiental gerado pela produção animal.

Palavras-chave: conversão alimentar, saúde intestinal, ácidos graxos de cadeia curta



## ABSTRACT

The objective was to evaluate the effect of carbohydrases supplementation on diets with reduced nutritional density on productive performance, intestinal morphometry, production of short-chain fatty acids, nutrient digestibility and broiler carcass yield. The experiment was carried out in the experimental aviary of the Federal University, in Palotina. 1620 male broiler chicks Cobb 500 were housed in a 2 x 2 factorial scheme (comercial diet x blend of carbohydrases). The zootechnical performance of the birds was evaluated weekly until 35 days. At 42 days, carcass yield and carcass composition were determined. At 21 days, an evaluation of the digestibility and metabolization of nutrients in the diets was carried out. At 28 days, intestinal organs were collected for evaluation of intestinal morphometry and determination of short-chain fatty acids in the cecal content. Carbohydrases supplementation in comercial diets B increased ( $p < 0.05$ ) the live weight and weight gain of the birds and improved the feed conversion ratio at 7 days of age. For the period from 1 to 35 days, birds that ingested the comercial diet A had higher ( $p < 0.05$ ) feed consumption in relation to the control diet. The birds that received a comercial diet A with the addition of the enzyme complex showed better ( $p < 0.05$ ) feed conversion. Birds that received the enzyme complex in the diet, regardless of nutritional density, had a higher ( $p < 0.05$ ) V:C. There was a significant interaction ( $p < 0.05$ ) for the values of EMA and EMAn. In the interaction unfolding, it was observed that the control diets regardless of the inclusion of enzyme showed higher values of EMA and EMAn than comercial diets A. At 42 days, supplementation of diets regardless of nutritional density resulted in higher ( $p < 0.05$ ) leg yield. For both absolute weight and relative weight, comercial diets A and added enzyme complex resulted in less fat deposition. Supplementation of broiler diets with enzymatic complexes composed of carbohydrases allows better feed conversion, reduction of abdominal fat, increase in the digestibility rate, which allows the reduction of non-renewable ingredients contributing to the reduction of environmental impact generated by animal production.

Keywords: feed conversion, intestinal health, short chain fatty acids

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Principais enzimas e benefícios na produção de aves .....	11
TABELA 2 - Composição e níveis nutricionais das dietas da fase pré-inicial e inicial (CE: complexo enzimático) .....	31
TABELA 3 - Composição e níveis nutricionais das dietas da fase crescimento e abate (CE: complexo enzimático) .....	32
TABELA 4 - Desempenho produtivo semanal de frangos de corte recebendo dietas comerciais formuladas com carboidrases .....	40
TABELA 5 - Desdobramento das interações entre dietas comerciais e suplementação de complexo enzimático sobre o desempenho produtivo .....	41
TABELA 6 - Desempenho produtivo cumulativo de frangos de corte recebendo dietas comerciais formuladas com carboidrases.....	42
TABELA 7 - Desdobramento das interações entre dietas comerciais e suplementação de complexo enzimático sobre a conversão alimentar de 1 a 35 dias.....	42
TABELA 8 - Morfometria da mucosa intestinal de frangos de corte recebendo dietas formuladas com carboidrases e redução de nutrientes	43
TABELA 9 - Coeficientes de digestibilidade da matéria seca (CDMS), da proteína bruta (CDPB) e do extrato etéreo (CDEE) e valores de energia metabolizável aparente (EMA, kcal/kg), aparente corrigida (EMAn, kcal/kg) de frangos de corte recebendo dietas formuladas	45
TABELA 10 - Desdobramento das interações entre dietas comerciais e suplementação de complexo enzimático sobre os valores de energia metabolizável aparente (EMA, kcal/kg) e aparente corrigida (EMAn, kcal/kg) o peso absoluto e relativo da gordura abdominal .....	45
TABELA 11 - Determinação da concentração de Ácidos Graxos de Cadeia Curta (mmol/kg) do conteúdo cecal de frangos de corte recebendo dietas formuladas com carboidrases .....	47
TABELA 12 - Peso absoluto (kg) e relativo (%) da carcaça e dos cortes comerciais de frangos de corte recebendo dietas formuladas com carboidrases .....	49

TABELA 13 - Peso absoluto (kg) e relativo (%) da carcaça e dos cortes comerciais de frangos de corte recebendo dietas formuladas com carboidrases .....	49
---	----

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>2</b>
2.1	O MILHO E O FARELO DE SOJA EM DIETAS PARA FRANGO DE CORTE.....	2
2.1.1	Soja .....	3
2.1.2	Milho.....	4
2.1.3	Amido .....	4
2.1.4	Polissacarídeos não amiláceos .....	6
2.2	ENZIMAS .....	9
2.2.1	Carboidrases .....	11
2.2.2	Xilanases.....	12
2.2.3	Celulase .....	12
2.2.4	$\beta$ - glucanase.....	13
2.2.5	Pectinase.....	13
2.2.6	Amilase.....	14
3.1	ENZIMAS E SAÚDE INTESTINAL .....	14
	CONCLUSÃO.....	<b>ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.</b>
<b>3.</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>18</b>
<b>4.</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>25</b>
	<b>CAPÍTULO I: SUPLEMENTAÇÃO DE CARBOIDRASES EM DIETAS FORMULADAS COM REDUÇÃO DE NUTRIENTES PARA FRANGOS DE CORTE .....</b>	<b>26</b>
	INTRODUÇÃO .....	27
	MATERIAL E MÉTODOS .....	29
	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
	CONCLUSÃO.....	50
<b>5.</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>51</b>
<b>6.</b>	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>52</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil tem se destacado mundialmente pela sua forte produção no setor agropecuário, o ramo da avicultura vem sendo o mais evoluído nos últimos anos sendo, hoje, o maior exportador mundial e o segundo maior produtor de carne de frango (ABPA, 2018).

O crescimento na produção de aves do Brasil tem sido constante, e dentre as áreas responsáveis por esse avanço, destaca-se o melhoramento genético, a nutrição, as técnicas de manejo e a sanidade. Qualquer falha em uma dessas áreas pode afetar o desempenho das aves e, conseqüentemente, aumentar o custo de produção (AVISITE, 2019).

A nutrição apresenta um papel importante, sob o ponto de vista econômico, uma vez que representa cerca de 70% do custo de produção. Dietas brasileiras são constituídas basicamente por milho e farelo de soja, principais fontes de energia e proteína utilizadas em rações. Amido, aminoácidos e gordura provenientes desses grãos são rapidamente digeridos por frangos de corte; entretanto, devido a várias razões, parte deste conteúdo nutricional não é aproveitado, podendo apresentar limitada digestão e permanecer indigestível, o que representa perdas nutricionais para as aves (COWIESON & ADEOLA, 2005).

Esses ingredientes possuem quantidades variáveis de ácido fítico e polissacarídeos não-amídicos (PNA), os quais estão associados à menor digestão e ao menor aproveitamento do fósforo e dos carboidratos presentes nas dietas (BACH KNUDSEN, 1997; CHOCT, 1997; MENG et al., 2005). O farelo de soja é a fonte de proteína mais utilizada na nutrição animal, apresentando baixa energia metabolizável em relação à energia bruta, principalmente, devido à presença de carboidratos não digestíveis, como a rafinose e a estaquiose. Já o milho possui menores quantidades de frações indigestíveis que o farelo de soja e contém o amido como principal carboidrato de reserva sendo a principal fonte de energia para as rações. Outros carboidratos de baixa digestibilidade ocorrem nos cereais e farelos proteicos, como: celulose, hemicelulose e pentosanas. Estes são de baixa digestibilidade para aves e pouco contribuem para o fornecimento total de energia, além de provocar efeitos adversos na digestão quando em concentrações altas (DEI, 2011; DOURADO et al., 2014).

Os avanços tecnológicos na área nutricional têm buscado novas estratégias para melhorar a digestibilidade dos alimentos e proporcionar condições que favoreçam a expressão do máximo potencial genético das aves, sem acréscimo ao custo de produção. As enzimas exógenas são os aditivos alimentares adicionados às dietas com o intuito de melhorar o aproveitamento dos nutrientes em dietas a base de milho e farelo de soja e de outros ingredientes (SLOMINSKI, 2011). Entretanto, a efetividade das enzimas depende do substrato e das características dos ingredientes utilizados nas dietas, (FISCHER et al., 2002; MENEGHETTI, 2011).

Em função dos altos custos energéticos e da alta variabilidade na composição, qualidade e custo dos diversos ingredientes utilizados na alimentação de monogástricos, as carboidrases se tornaram amplamente utilizadas e pesquisadas nas dietas avícolas. As carboidrases compreendem as amilases, pectinases,  $\beta$ -glucanases, arabinoxilanases, celulases. Os produtos comerciais contendo carboidrases são suplementados em rações para aves na forma de complexos enzimáticos ou enzimas monocomponentes e atuam sobre as frações indigestíveis dos ingredientes, tendo como finalidade melhorar o aproveitamento da energia dos ingredientes, diminuir a viscosidade da digesta, aumentar a digestibilidade dos nutrientes, melhorar a energia metabolizável, reduzir o custo da alimentação, e conseqüentemente melhorar os parâmetros zootécnicos de produção (FISCHER et al., 2002; LIMA et al., 2002). Assim o presente estudo teve por objetivo avaliar o uso de um complexo multienzimático sobre o desempenho de frangos de corte alimentados com rações a base de milho e farelo de soja.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 O MILHO E O FARELO DE SOJA EM DIETAS PARA FRANGO DE CORTE**

O milho (*Zea mays*) é o ingrediente predominante em formulações de dietas para aves. Uma dieta inicial para frangos de corte possui cerca de 60% de milho sendo responsável por aproximadamente 65% da energia metabolizável, além de 20% da proteína na fase inicial (STRINGHINI et al., 2000). Sua composição química e valor nutricional variam em função do conteúdo em amido

aonde é o seu principal carboidrato de reserva e também a principal fonte de energia, óleo, proteína e fatores antinutricionais, principalmente fitato, inibidores de enzimas e amido resistente. Os grãos de milho de maneira geral possuem em sua estrutura mais de 80% de carboidratos e deste total, 70 a 80% é amido, 10% a 30% são PNA e 1% a 3% são mono e oligossacarídeos (BACH KNUDSEN, 1997; COWIESON, 2005).

No cenário mundial o Brasil apresenta posição de destaque entre os maiores produtores de farelo de soja, ocupando o terceiro lugar, ficando atrás apenas dos EUA e China (DEPEC, 2015). A soja (*Glycine max*) é uma leguminosa que apresenta alto valor nutritivo, tornando-se uma fonte de proteína vegetal comumente empregada na alimentação de animais de produção. Apresenta em torno de 38 a 42% de proteína bruta (PB) e 2254 Kcal de EM/kg para aves e 3154 Kcal EM/Kg para suínos (ROSTAGNO et al., 2005). Apesar da excelente composição proteica, o farelo de soja contém quantidades consideráveis de carboidratos com alta variabilidade na digestibilidade em sua composição, porém a presença de PNAs resultando na menor digestão e menor aproveitamento dos carboidratos presentes, quando comparado ao milho. A composição dos carboidratos da soja é de aproximadamente, 24% de PNA totais, sendo 6% encontrados na forma solúvel e 16 a 18% na forma insolúvel, com 3,3% de arabinosilanos (BACK KNUDSEN, 1997).

A energia metabolizável do farelo de soja é baixa em relação à energia bruta, principalmente, devido à presença de carboidratos não digestíveis, como a rafinose e a estaquiose, sendo eles os principais oligossacarídeos presentes no farelo de soja e que estão diretamente relacionados ao nível de inclusão de casca na sua obtenção (CHOCT, 1997). A presença desses oligossacarídeos deve ser considerada porque têm efeitos antinutricionais, visto que não podem ser degradados pelos animais não-ruminantes devido à falta de secreção da enzima  $\alpha$ -1,6-galactosidase, e pode resultar em alteração na absorção dos nutrientes e reduzir o valor da energia metabolizável das rações (VINJAMOORI et al., 2004; VAHJEN et al., 2005 )

### 2.1.1 Soja

#### Fisiologia e estrutura

A soja (*Glycine max L.*) pertence à família Fabaceae, subfamília Faboideae, tem como provável progenitor a espécie *Glycine ussuriensis* (COSTA, 1996). A soja contém cerca de 35% de carboidratos totais. O grão de soja contém entre 17 e 22% de óleo em sua composição. Considerando-se toda a produção mundial de soja, 16,21% torna-se óleo (MARCOS FILHO, 1987).

A semente da soja é composta pelo tegumento que envolve o embrião completamente desenvolvido, possui variações quanto à forma, tamanho, cor do tegumento, cor do hilo e cor dos cotilédones (SEDIYAMA, 2013).

### 2.1.2 Milho

#### Fisiologia e estrutura

O milho (*Zea mays L.*) é uma planta herbácea anual, monóica díclina, que pertence à família Gramíneae, subfamília Panicoideae, tribo Maydeae. Atualmente, é cultivado em diversas regiões do mundo, fornecendo produtos largamente utilizados para a alimentação humana, animal e matérias-primas para a indústria (AZEVEDO NETO e TABOSA, 2000). Composto basicamente por uma camada protetora, o pericarpo, um tecido meristemático ou eixo embrionário e um tecido de reserva endospermático e cotiledonar. O pericarpo consiste na estrutura externa que delimita a semente e apresenta a função de proteção (barreira à entrada de microrganismos), regulação e delimitação entre as partes internas do grão. O tecido meristemático apresenta a capacidade de se desenvolver por meio das divisões celulares. O tecido de reserva é constituído de endosperma e cotilédones, e é graças às substâncias acumuladas nestes tecidos que o eixo embrionário, por ocasião da germinação, consegue energia e material metabolizado para se desenvolver. No endosperma o componente mais comumente armazenado é o amido, podendo armazenar outros carboidratos e ainda óleos e proteínas. Na parte externa do endosperma é encontrada uma camada de aleurona que é rica em proteínas, que se encontram na forma de glúten ou de grãos. O cotilédone origina-se do zigoto, fazendo parte do embrião, e pode armazenar substâncias de reserva e/ou sintetizá-las (SILVA, 2008).

### 2.1.3 Amido



O amido, principal carboidrato presente no milho é formado por grânulos insolúveis depositados no citoplasma das células do endosperma compostos de alfa-amilose e amilopectina. O amido é o principal constituinte do grão de milho, estando presente no endosperma de células vegetais na forma de grânulos insolúveis, os quais são compostos principalmente por amilose e amilopectina (CHOCT, 1997; BACH KNUDSEN, 2014).

A alfa-amilase é um polímero linear de resíduos de glicose em ligações alfa-1,4, já a amilopectina consiste, principalmente, de polímeros de glicose em ligações alfa-1,4, mas com ramificações alfa-1,6 a cada 24 a 30 resíduos na cadeia linear, sua estrutura ramificada permite um maior espaçamento entre as moléculas, facilitando a entrada de água que, por sua vez, carrega com grande facilidade as enzimas digestivas, amilases e amiloglicosidases, no processo de digestão. Desta forma, não somente as extremidades, mas todo o grânulo sofre o ataque enzimático ao mesmo tempo, liberando grandes quantidades de glicose rapidamente (VIEIRA, 2002).

A relação entre amilose e amilopectina varia entre as variedades, condições de cultivo da planta e espécies de grãos vegetais, o que pode resultar na variação da digestibilidade dos carboidratos, uma vez que a amilopectina é mais facilmente digerida que a amilose. O milho, apresenta em média 28% de amilose e 72% de amilopectina e apresenta alta digestibilidade (PESKE, 2003; ELIASSON, 2004).

A maior parte da digestão do amido ocorre no intestino delgado (ID), o qual produzirá glicose, entretanto, ao chegar intacto no intestino grosso (IG) ocorrerá fermentação e ácidos graxos serão produzidos por micro-organismos, sendo menor a eficiência de utilização do amido por essa última via (NOBLET et al., 1994). Influência da região do ID também tem sido encontrado em aves, pois a digestibilidade aparente do amido parece aumentar ao longo dessa porção, sendo maior no íleo posterior (WEURDING et al., 2001).

Frações de amido não digeridas pelas aves são chamadas de amidos resistente. Cerca de 15% do amido presente no milho pode ser classificado como amido resistente, o qual pode servir de substrato para bactérias presentes na parte distal do trato digestivo (BEDFORD, 2000). Sobre os diferentes tipos de amido resistente, existem 3 subcategorias: - amido não digerido devido associação ou encapsulamento na matriz do alimento com outros compostos como carboidratos

ou proteínas; - amido não digerido devido a estrutura e conformação dos grânulos de amido; - quando está associado aos efeitos do processamento pelo qual passa o amido, por exemplo, gelatinização, devido ação térmica e a formação de pontes de hidrogênio. (COWIESON e ADEOLA 2005).

#### 2.1.4 Polissacarídeos não amiláceos

Os PNAs são macromoléculas de polímeros de açúcar simples, a parede celular de alimentos de origem vegetal contém polissacarídeos como a celulose, hemicelulose e lignina, não podem ser digeridos pelas aves, devido à natureza de suas ligações sendo resistentes à hidrólise no trato gastrointestinal de monogástricos (CAMPESTRINI et al., 2005).

A maior parte das dietas de frango de corte do Brasil é constituída por alimentos de origem vegetal e dentro os mais utilizados estão o milho e o farelo de soja. Entretanto, esses alimentos oferecem constituintes que não são digeríveis pelas aves, representados pelos PNAs, possuindo quantidades significativas, sendo em torno de 8% no milho aonde a maior parte é na forma insolúvel, enquanto o farelo de soja possui em torno de 27% de PNAs, tendo sua maior parte na forma solúvel (FORTES et al., 2012; BERTECHINI, 2012).

Embora as dietas compostas por milho e farelo de soja possuam digestibilidade relativamente alta, esses ingredientes podem apresentar alguns fatores intrínsecos com características antinutricionais (OLUKOSI et al., 2007) e por isso, podem ser degradados com eficiência somente com a inclusão de enzimas exógenas nas rações. Os efeitos nutricionais dos PNAs em não ruminantes são bastante distintos. Geralmente os efeitos estão associados à viscosidade, efeitos fisiológicos e morfológicos no sistema digestório, ocasionando alterações no tempo de trânsito intestinal, modificação na estrutura da mucosa intestinal, variação na taxa de absorção de nutrientes além de levarem a uma pobre utilização dos demais nutrientes da ração e dificulta a ação das enzimas endógenas assim causando prejuízos no desempenho das aves (FRANCESCH, 1996; TAVERNARI et al., 2008; CHOCT, 2009; MENEGHETTI, 2013; KUMAR et al., 2012).

A composição dos polissacarídeos, a natureza das ligações entre os monossacarídeos, a solubilidade, as características físico-químicas e o peso

molecular, afetam as suas propriedades, assim como a exigência de enzimas específicas para hidrolisá-los (CLASSEN; BEDFORD, 1991).

O modo de ação é diferente e depende da quantidade de polissacarídeos existente nos ingredientes, podendo ser considerado nutriente diluente ou fator antinutritivo, de acordo com sua solubilidade (HETLAND et al., 2004). Assim sendo classificados como solúveis e insolúveis em função da sua capacidade de formar uma solução homogênea com a água ou não, muitas das atividades antinutritivas são atribuídas diretamente aos polissacarídeos solúveis apesar de os insolúveis também apresentarem efeito na passagem da digesta e na retenção de água (LIMA E VIOLA, 2001).

#### 2.1.4.1 Polissacarídeos não amiláceos solúveis

A fibra solúvel é composta, principalmente, pelas hemiceluloses também chamadas de polioses e representam o segundo tipo de polissacarídeo mais importante da parede celular e correspondem entre 15 a 35% da sua composição. São definidas como uma classe heterogênea de polissacarídeos de baixa massa molecular composta por pentoses, hexoses, e/ou ácidos urônicos (GÍRIO et al., 2010). São estruturalmente mais semelhantes com a celulose do que com a lignina e depositam-se na parede celular em uma etapa anterior à lignificação, apresentam maior susceptibilidade à hidrólise ácida, uma vez que oferecem maior acessibilidade aos ácidos comumente usados como catalisadores. Isso acontece devido ao caráter relativamente amorfo desses polissacarídeos, que geralmente apresentam grau de polimerização bem menor que o da celulose (FENGEL; WEGENER, 1989).

As hemiceluloses são classificadas de acordo com o resíduo de açúcar principal, como por exemplo xilanas, mananas e glucanas. Diferentes subclasses de hemiceluloses são descritas, dependendo da espécie vegetal, do estágio de desenvolvimento e do tipo de tecido, como as glucuronoxilanas, arabinoxilanas, mananas lineares, glicomananas, galactomananas, galactoglicomananas,  $\beta$ -glucanas e xiloglucanas (WYMAN et al., 2005).

Os PNAs solúveis têm função de estabilizar a parede celular através de pontes de hidrogênio com a celulose e de ligações covalentes com a lignina.

Outras podem ser utilizadas como energia extracelular, como sistema de armazenagem de produtos brutos e como mecanismo de retenção de água em sementes. Esse último mecanismo é crucial e relevante para os processos digestórios de animais não ruminantes, uma vez que as frações solúveis da hemicelulose, principalmente os  $\beta$ -glucanos e arabinosilanos, podem interagir com o glicocálix da borda em escova intestinal, ocasionando aumento da espessura da camada de água na mucosa, reduzindo a eficiência da absorção dos nutrientes pela parede intestinal. Além de atuarem como barreiras físicas a digestão e absorção de nutrientes, pelo aumento da viscosidade intestinal, agem modificando a secreção endógena de água, proteínas, eletrólitos e lipídios são responsáveis por aumentar a viscosidade da digesta devido a sua capacidade de absorver água e gelatinizar o conteúdo do trato intestinal das aves (MOURINHO, 2006). O aumento da viscosidade da digesta, pode levar a uma redução da digestibilidade aparente da proteína, do amido e dos lipídios. Este efeito deletério na digestão de nutrientes reduz a energia metabolizável da dieta, melhorando simultaneamente a taxa de conversão alimentar (WILLIAMS et al., 1997; CHOCT et al., 2010). Além de contribuir para o desenvolvimento de doenças intestinais, como coccidiose e enterite necrótica (WYATT et al., 2004).

Para as aves, o efeito da viscosidade oriunda das frações solúveis de  $\beta$ -glucanos e arabinosilanos dos cereais é ainda mais prejudicial do que para outros monogástricos. A viscosidade elevada do conteúdo intestinal de aves, além de comprometer a digestibilidade da ração, aumenta a quantidade de excretas úmidas, dificultando a manutenção de cama em condições adequadas, podendo gerar maior quantidade de amônia e elevar as condenações no abate, principalmente por aerosaculite, uma vez que essa condição é atrelada à qualidade do ar do ambiente do aviário (SCHOULTEN et al., 2003).

#### 2.1.4.2 Polissacarídeos não amiláceos insolúveis.

Dentre os PNAs insolúveis, a celulose é o principal polissacarídeo constituinte da parede celular das plantas e corresponde a aproximadamente 40% de toda a reserva de carbono disponível no vegetal. É definido como um homopolissacarídeo composto por unidades de D-glicose unidas entre si por

ligações glicosídicas  $\beta$ 1-4 (ARANTES & SADDLER, 2010). Encontra-se normalmente associada à lignina, possuindo uma configuração alongada e formando microfibrilas insolúveis, as quais encontram-se unidas por ligações fortes, como pontes de hidrogênio, fora e dentro da molécula. A relação lignina/celulose tem grande influência sobre a degradação microbiana da parede celular, tanto em ruminantes como em não ruminantes (VAN SOEST, 1994; BRETT & WALDRON, 1996).

Geralmente, os PNA's insolúveis afetam o aproveitamento da energia da dieta, por manterem no interior de suas estruturas os nutrientes geradores de energia (carboidratos, lipídeos e proteínas). Em dietas em que o nível de fibras insolúveis é moderado, a digestibilidade do amido é maior e a taxa de passagem da digesta no trato gastrointestinal dos animais é mais lenta. O efeito das fibras insolúveis sobre as funções do intestino é atribuído a sua capacidade de se acumularem na moela, o que parece regular a taxa de passagem da digesta e digestão de nutrientes no intestino (BERTECHINI, 2006; ANDRIGUETTO, 2002).

Segundo Choct (1997), dos 8% de PNAs totais do milho, cerca de 6% estaria na forma insolúvel, o que já seria suficiente para causar efeitos negativos ao desempenho dos animais.

## 2.2 ENZIMAS

As enzimas são proteínas globulares, de estrutura terciária ou quaternária que atuam como catalizadores biológicos sobre o substrato específico, com o objetivo de aumentar a velocidade de uma reação. Elas exercem seu efeito catalítico em condições ambientais específicas de pH, temperatura, umidade (DOSKOVIC et al., 2013; ANGEL e SORBARA, 2014; LEHNINGER et al., 2006). As moléculas de enzimas contêm o sítio ativo, que possui aminoácidos cujas cadeias laterais criam uma superfície complementar ao substrato. Isso permite que as enzimas atuem na ruptura de uma determinada ligação química. O sítio ativo liga-se ao substrato, formando um complexo enzima-substrato que será convertido à enzima e produto (LEHNINGER et al., 2002). São altamente específicas e possuem atividade característica conforme o substrato que atua como mostra a TABELA 1. (KRABBE e MAZZUCO, 2011). Portanto, conhecer o substrato de atuação das enzimas é de grande importância para que os resultados sejam satisfatórios (BAO et al., 2013).

O desenvolvimento das enzimas normalmente é feito isoladamente, sem a presença de outras enzimas, porém para o uso comercial são frequentemente usadas em conjunto. Embora cada uma das enzimas incluídas possa ter atividade focada em um substrato diferente, a resposta enzimática pode não ser aditiva (MASEY O'NEILL et al., 2014).

Cowieson e Bedford (2009) relataram que a resposta do animal à adição de carboidrase depende da fração indigestível da dieta. Dessa forma, se a enzima estiver incluída e reduzir a fração indigestível da dieta, ela também reduzirá a possível resposta quando uma segunda enzima for incluída.

Entre as enzimas comercialmente disponíveis, todas seguramente podem proporcionar reduções nos custos das rações, entretanto as carboidrases estão entre as que possibilitam reduções mais significativas. As dietas hoje praticadas são formuladas, em sua maioria, à base de milho e soja, e como já sabido esses ingredientes, principalmente a soja tem frações energéticas, que somente poderão ser aproveitadas pelas aves através do uso de enzimas exógenas. Sendo assim, quanto mais energia o alimento tiver, ao se utilizarem enzimas, mais ele será aproveitado, podendo com isso, reduzir seus níveis de inclusão nas dietas (CAMPESTRINI et al., 2005).

Carboidrases exógenas, como alfa amilase, beta-xilanase e beta-glucanase, que degradam substratos que liberam energia têm sido cada vez mais estudadas e possuem potencial emergente de uso. Pesquisas têm demonstrado que carboidrases exógenas também foram eficazes para melhorar a utilização da energia e o desempenho produtivo de frangos de corte (OLUKOSI & ADEOLA, 2008; OLUKOSI et al., 2008; WILLIAMS et al., 2014).

TABELA 1 - Principais enzimas e benefícios na produção de aves

Enzima	Substrato	Efeitos
Xilanase	Arabinosídeos	Redução de viscosidade da digesta intestinal.
Glucanase	$\beta$ -glucanos	Redução da viscosidade da digesta intestinal, melhora em características da cama e redução de ovos sujos.
Pectinase	Pectinas	Redução da viscosidade da digesta intestinal.
Celulase	Celulose	Degradação da celulose liberando mais nutrientes.
Proteases	Proteínas	Suplementação sobre enzimas endógenas, degradação mais eficiente de proteínas.
Amilases	Amido	Suplementação sobre enzimas endógenas, degradação mais eficiente de proteínas.
Fitase	Ácido fítico	Melhora a utilização do fósforo fítico presente nos grãos.
Galactosidases	Alfa Galactosídeos	Remoção da Alfa galactosídeos, melhora na disponibilidade dos nutrientes.
Lipases	Lipídios e ácidos graxos	Melhora a utilização de gorduras animais e vegetais.

Fonte: Krabbe e Mazzuco (2011)

### 2.2.1 Carboidrases

As enzimas tornaram-se comercialmente disponíveis para o uso na nutrição de monogástricos no final dos anos 80, com uso crescente até os dias de hoje, sendo o segundo grupo mais comum as carboidrases. Esse grupo inclui todas as enzimas que catalisam a decomposição de carboidratos em açúcares simples, como as amilases, pectinases,  $\beta$ -glucanases, arabinosilanases, celulases e hemicelulases, mais de 80% do mercado mundial de carboidrases é representado pela xilanase e glucanase (ADEOLA & COWIESON, 2011). As carboidrases quebram os PNAS em pequenas porções, perdendo assim a capacidade de retenção de água. Com a diminuição da viscosidade, a ação enzimática sobre o conteúdo intestinal se torna mais eficiente, acarretando em melhora na capacidade de digestão dos nutrientes, aumentando assim a velocidade de trânsito intestinal e a redução da quantidade de água nas fezes, o que proporciona melhor qualidade à cama de frango (OPALINSKI et al., 2010; ADEOLA e COWIESON, 2010).

As enzimas capazes de quebrar a matriz da parede celular, especialmente os componentes insolúveis, podem facilitar a liberação de nutrientes

encapsulados ou incorporados na parede da célula em si, o que resulta num acesso mais fácil de enzimas digestivas (CHOCT, 2006).

Diversos autores relataram efeitos positivos com a suplementação de carboidrase em dietas de frango de corte, principalmente sobre a digestibilidade e ganho de peso (COWIESON et al., 2003; CARVALHO et al., 2009).

Assim, carboidrases estão sendo utilizadas de maneira crescente em dietas milho-soja para frangos de corte não somente com o objetivo de reduzir custos de produção, através de melhorias no aproveitamento da EMA e da digestibilidade de AA. Recentemente, Cowieson e Kluenter (2019) destacaram as carboidrases como ferramentas potencialmente importantes no processo de remoção dos promotores de crescimento das dietas das aves. Esse papel específico das carboidrases se deve ao acesso de enzimas endógenas aos conteúdos celulares mediante à hidrólise dos arabinoxilanos da parede celular, menor secreção de mucina, redução dos fatores antinutricionais e também pela geração de xilo-oligômeros prebióticos que beneficiam indiretamente a digestão, aumentando a fermentação intestino e estimulando a quebra no conteúdo ileal. (KOCHER et al., 2003; RITZ et al., 1995; GRACIA et al., 2003; COWIESON e BEDFORD, 2009).

### 2.2.2 Xilanases

A xilana é um biopolímero encontrada nas paredes celulares em tecido vegetais. Alguns benefícios são encontrados com o uso de xilanase, como minimização dos efeitos antinutricionais por meio da viscosidade da dieta, o aumento da despolimerização dos arabinoxilanos em componentes de menor peso molécula, elevação da disponibilidade de nutrientes devido à hidrólises de PNAs insolúveis encontrado na parede celular (ADEOLA et al., 2010)

A suplementação de 0,05% de xilanase em uma dieta a base de milho e soja, pode melhorar a conversão alimentar de frangos de corte, devido a melhor utilização da energia dietética (ZOU et al., 2013).

### 2.2.3 Celulase



A celulase é obtida através da extração da fermentação de *Trichoderma viride*. O uso de celulase é para degradar a celulose, a qual é um polímero de glicose que consiste em longas cadeias de resíduos de glicopiranosose com ligações  $-(1,4)$ . A celulase degrada componentes da estrutura celulolítica, liberando nutrientes contidos no interior da célula vegetal e ao mesmo tempo a própria glicose que forma a estrutura celulolítica (BRIENZO et al., 2012).

A: beta-1,4-glucano glucanohidrolase (uma endoglucanase) que quebra a cadeia longa da celulose em fragmentos menores; a beta-1,4 glucanocelobiohidrolase (uma exoglucanase) atuando a partir de extremidade não-redutora da cadeia de celulose; e a beta-1,4 glicosidase, que quebra ligações glicosídicas de celobiose e celodextrinas produzindo moléculas de glicose, que podem facilmente ser absorvidas pelas células são as três enzimas responsáveis pela a quebra da celulose (ACHARYA e CHAUDHARY, 2012).

#### 2.2.4 $\beta$ - glucanase

A encapsulação ou viscosidade são os maiores efeitos das  $\beta$  glucanases. Apenas uma pequena parte na molécula pesada do substrato é necessária para a enzima exógena aumentar a disponibilidade dos nutrientes (CLASSEN, 1996). Os  $\beta$ - glucanos fazem com que as fezes das aves se tornem mais líquidas, tendo efeito adverso sobre a umidade da cama do aviário e aumento de amônia (BRENES e ROURA 2010).

#### 2.2.5 Pectinase

A pectina é um hetro-polissacarídeo complexo constituído por um esqueleto de ácido galacturônico unido por ligações  $\alpha$ -1,4 a resíduos de glicose, ramnose, galactose. Ela é um importante constituinte da parede celular e pode estar interligada a outros polissacarídeos e proteínas formando uma rede insolúvel (KASHYAP et al., 2001).

As funções da pectina está baseada nas suas propriedades físicas que inclui a capacidade de formar géis, ligar-se a cátions e aumentar a absorção de água o que leva a um aumento do volume e peso das excretas e seu grau de viscosidade está relacionado com o trânsito da digesta, é uma enzima que age

sobre a pectina, liberando sacarídeos e sua utilização na nutrição animal é atribuída a redução dos efeitos antinutricionais. Além disso, elas possuem relação com o metabolismo de lipídio que acontece pelo processo de absorção de ácidos biliares na matriz da digesta pectinizada ao nível duodenal, indisponibilizando a sua reabsorção ileal e reduzindo a recirculação entero-hepática, levando a mobilização do colesterol endógeno para atender a síntese de ácidos biliares (LIMA et al., 2007; VORAGEN et al., 1995).

Silva et al., (2012) testaram rações para frangos de corte contendo níveis 0, 1, 2, 3 e 5 % de pectina e relataram que a ingestão contínua de 1%, na dieta mantém o desempenho máximo das aves, se utilizar consumo acima desse nível de fibra prejudica os parâmetros zootécnicos e aumenta o consumo de água na fase de maior crescimento.

#### 2.2.6 Amilase

A amilase é produzida a partir do *Bacillus amyloliquifaciens*, e a atuação se dá por aumentar a digestibilidade do amido. Formada por unidade de glicose unidas por ligações glicosídicas  $\alpha$  1-4 e  $\alpha$  formando uma estrutura ramificada (ELIASSON, 2004). Em animais jovens, por apresentarem o trato digestório imaturo ao nascer, a quantidade de amilase produzida pelo pâncreas é baixa nos primeiros dias de vida. Dessa forma, a suplementação de amilase em dietas complementa as enzimas endógenas e auxilia na exposição do amido mais rapidamente à digestão no intestino delgado, aumentando a utilização do nutriente (SHEPPY, 2001).

### 3.1 ENZIMAS E SAÚDE INTESTINAL

O intestino delgado é a porção mais longa do sistema digestório, responsável pela digestão final do alimento e absorção dos nutrientes. A mucosa intestinal apresenta projeções microscópicas denominadas de vilos, que são constituídos por três tipos de células, funcionalmente distintas: enterócitos, células caliciformes e as células enteroendócrinas (BOLELI et al., 2002).

O intestino não é mais reconhecido apenas pela sua importante função associada aos processos de digestão e absorção, mas também pelo importante

papel imunológico na defesa contra as agressões do meio externo, considerando que mais de 70% das células de defesa, encontram-se nessa mucosa (GUARNER, 2006). O epitélio intestinal possui a capacidade de impedir que substâncias indesejáveis como microrganismos e toxinas presentes no lúmen intestinal atravessem a mucosa e atinjam tecidos e órgãos.

A maior superfície de contato do organismo com o meio externo são as mucosas. A mucosa do tubo digestivo apresenta uma área cerca de 150 a 200 m<sup>2</sup> em um ser humano adulto (MOOG, 1981). Os tecidos intestinais representam cerca de apenas 5% do peso corporal, mas consomem entre 15 e 30% de todo aporte de O<sub>2</sub> e proteínas do organismo, além de cerca de 20% da energia bruta consumida devido à alta taxa de renovação e intensa atividade metabólica das células (MCBRIDE & KELLY, 1990; GASKINS, 2001).

A mucosa intestinal é o local de maior contato entre o organismo e o ambiente externo e se constitui, por isso, num importante local de interações entre estes dois meios. A camada de muco limita a capacidade adesiva de bactérias patogênicas e possui carboidratos complexos que podem servir de alimento para as bactérias benéficas (DAI et al., 2000). Outro mecanismo protetor fundamental é a integridade da mucosa que é mantida por junções espessas (*tight junctions*) entre as células intestinais funcionando como barreiras, permitindo os processos de permeabilidade intestinal de nutrientes, mas restringindo a penetração de patógenos (KINUGASA et al., 2000). Ainda, a mucosa intestinal é também constituída por tecido linfóide que representa o maior pool de células de defesa do organismo (células B do Sistema Imune, produtos de IgA, células apresentadoras de antígenos, linfócitos T, linfócitos intraepiteliais) que promove uma resposta inflamatória local, evitando a invasão de tecidos por organismos patogênicos (SANSONETTI, 2006).

Os processos de absorção são totalmente dependentes de mecanismos de transporte que acontecem na membrana das células epiteliais da mucosa intestinal. Nesse sentido, a manutenção da saúde intestinal das aves é fundamental para o melhor desempenho, pois possibilita a adequada obtenção de energia e nutrientes da ração pelo organismo (MAIORKA, 2004).

Muitos fatores influenciam a redução da digestão dos alimentos e absorção dos nutrientes tais como: lesões nos enterócitos, presença de microrganismos não benéficos à saúde do hospedeiro como bactérias, fungos e

protozoários, bem como a capacidade e a necessidade de recuperação do epitélio (BOROSKY, 2012).

A microbiota intestinal pode produzir ácidos orgânicos e bacteriocinas, com o objetivo de promover resistência a colonização por patógenos (OVIEDO-RONDÓN, 2009). Mudanças na dieta e no manejo dos animais causam alterações drásticas na microbiota intestinal das aves o que leva, conseqüentemente, a mudanças na capacidade do animal de digerir e absorver nutrientes (APAJALAHTI et al., 2004).

A formação da microbiota ocorre logo após o nascimento das aves e vai aumentando durante as primeiras semanas de vida (FURLAN et al., 2010). As desordens entéricas podem ser causadas por diversos agentes patogênicos (vírus, bactérias e parasitas) associados com outros microrganismos ou com algumas causas não infecciosas como dietas e manejo (HAFEZ, 2009). Em condições normais, o animal tem um gasto em torno de 20% da energia bruta consumida para manutenção do epitélio intestinal. Entretanto, quando esses tecidos são lesionados, ocorre redução da quantidade de substrato digerido e absorvido pelo animal, além de resultar em maior demanda energética para a renovação celular. Com isso a energia que poderia estar sendo utilizada para a produção é direcionada para o turnover celular, refletindo em menor desempenho (MAIORKA, 2004; FRANCO 2010).

Sendo assim, a dieta é o fator de maior impacto sobre a estabilidade microbiana do trato intestinal, além de ser a fonte de nutrientes para os processos de turnover fisiológico e renovação tecidual. O objetivo final do trato intestinal é a separação rápida e completa de compostos nutricionalmente importantes daqueles sem consequência nutricional ou adversa e a disponibilização para os processos metabólicos (COWIESON e KLUENTER, 2019). Nutrientes como aminoácidos, certos minerais, glicose e, ácidos graxos são eficientemente extraídos da matriz alimentar por uma série de etapas complementares que envolvem a secreção de sucos digestivos e transportadores ativos e passivos. Embora a digestão desses nutrientes seja eficiente, o processo raramente resulta em digestibilidade de 100% e valores verdadeiros de digestibilidade entre 80 e 95% são mais típicos.

A diferença entre digestibilidade máxima e a verdadeira digestibilidade pode ser atribuída a inadequação da capacidade digestiva e absorvente ou de

uma imaturidade intestinal. Essa suposição levanta a possibilidade de que a capacidade de absorção intestinal possa ser uma etapa limitante da taxa de desempenho em aves, particularmente em frangos pesados (CROOM et al., 1999). Esses autores argumentam que em perus com uma semana de idade, o intestino representa cerca de 70-80 mg/g de peso corporal, enquanto em perus de 16 semanas de idade, o intestino é responsável por apenas 20 mg/g de peso corporal. Esses dados, analogicamente podem ser refletidos em frangos de corte, sugerem que o intestino é de importância desproporcional nos frangos de corte na fase inicial.

O desenvolvimento precoce e bem-sucedido do pintainho é extremamente importante para garantir capacidade máxima digestória nas fases posteriores de crescimento. Por outro lado, nessa fase, há claramente uma capacidade limitada de produzir enzimas endógenas e ao mesmo tempo o trato intestinal é responsável por uma proporção mais substancial de massa corporal do que na fase de crescimento e final dos frangos de corte (COWIESON e KLUENTER, 2019).

Diante disso, a suplementação das dietas iniciais com enzimas exógenas pode beneficiar direta e indiretamente a função intestinal. Embora o objetivo principal da adição de uma enzima exógena seja aumentar a digestibilidade de nutrientes, outros mecanismos potenciais podem contribuir com a saúde intestinal (CADOGAN e CHOCT, 2015). As carboidrases, particularmente, podem “antecipar” os processos digestórios para as porções proximais do trato digestório das aves permitindo a quebra das paredes celulares e a liberação de oligossacarídeos fermentáveis para a microbiota das porções finais do intestino, com efeito benéfico sobre o pH intestinal e a proliferação dos enterócitos. Esse mecanismo é especialmente importante para frangos de corte, considerando a baixa capacidade digestiva e fermentativa e o curto tempo de passagem dos ingredientes pelo trato intestinal (RAZA et al., 2019). Associado a esse efeito, a suplementação com enzimas pode reduzir o substrato para organismos putrefativos, aumentando substrato para organismos fermentativos benéficos e aumentando a capacidade de defesa da mucosa intestinal e do intestino de se defender contra bactérias bacterianas indesejadas.

Além disso, assim, como o arabinosilano solúvel de alto peso molecular, o fitato e várias proteínas antigênicas e antinutricionais têm a capacidade de

aumentar o fluxo endógeno de aminoácidos através do aumento da secreção de mucina e enzima endógena, e a suplementação das enzimas exógenas podem hidrolisar esses substratos e com isso aliviar parcialmente esses efeitos indesejáveis (CADOGAN e CHOCT, 2015; RAZA et al., 2019). Dessa forma, as enzimas exógenas podem ser agentes efetivos na manutenção da saúde intestinal através da promoção de uma mucina mais estável.

Os efeitos interativos das enzimas exógenas com a microbiota intestinal ainda são pouco estudados e compreendidos (BEDFORD e COWIESON, 2012). Basicamente, são descritos três mecanismos potenciais pelos quais as enzimas podem influenciar composição e magnitude da flora intestinal: gerenciamento do fluxo de substrato no intestino posterior, geração de oligossacarídeos fermentáveis e lise direta (COWIESON e KLUENTER, 2019).

### 3. REFERÊNCIAS

- ACHARYA, S. & CHAUDHARY, A. **Bioprospecting thermophiles for cellulase production: a review**. Brazilian Journal of Microbiology, v.43, p. 844-856, 2012.
- ADEOLA, O.; COWIESON, A. J. BOARD-INVITED REVIEW: **Opportunities and challenges in using exogenous enzymes to improve nonruminant animal production**. Journal of Animal Science, Champaign, v. 89, p. 3189–3218, 2011.
- ADEOLA, O., JENDZA, J. A., SOUTHERN, L. L., POWELL, S. & OWUSU-ASIEDU, A. **Contribution of exogenous dietary carbohydrases to the metabolizable energy value of corn distillers grains for broiler chickens**. Poultry Science, p.89, 1947-1954, 2010.
- ANDRIGUETTO, J. M.; PERLY, L.; MINARDI, I.; GEMAEL, A.; FLEMMING, J. S.; SOUZA, G. A.; FILHO, A. B. **Nutrição Animal**. São Paulo: Nobel, v.1, p. 396, 2002.
- ANGEL, C. R.; SAYLOR, W.; VIEIRA, S. L.; WARD, N. **Effects of a mono-component protease on performance and protein utilization in 7- to 22-day-old broiler chickens**. Poultry Science, v. 90, n. 10, p. 2281-2286, 2011.
- ANGEL, R.; SORBARA, J. O. B. **Why is it important to understand substrates if we are to optimize exogenous enzyme efficacy**. Poultry Science, Champaign, v. 93, p. 2375–2379, 2014.
- APAJALAHTI, J. H. A., KETTUNEN, A., GRAHAM, H. **Characteristics of the gastrointestinal microbial communities, with special reference to the chicken**. World's Poultry Science Journal. Missoula, n. 60, p. 223-232, 2004
- AVISITE. **O Portal e Revista de Apicultura**. 2019

- AZEVEDO NETO, A. D.; TABOSA, J. N. **Estresse salino em plântulas de milho: Parte I análise do crescimento**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.4, p.159-164, 2000.
- BACH KNUDSEN, K. E. **Carbohydrate and lignin contents of plant materials used in animal feeding**. Animal Feed Science and Technology, Amsterdam, v. 67, p. 319–338, 1997.
- BAO, Y. M.; ROMERO, L. F.; COWIESON, A. J. **Functional patterns of exogenous enzymes in different feed ingredients**. World's Poultry Science Journal, v.69, p.759-774, 2013.
- BEDFORD, M. **Removal of antibiotic growth promoters from poultry diets: implications and strategies to minimize subsequent problems**. World's Poultry Science Journal, Ithaca, v. 56, p. 347-365, 2000.
- BEDFORD, M.R., CAMPBELL, G.L., CLASSEN, H.L., 1991. **The effect of pelleting, salt and pentosanase on the viscosity of intestinal contents and the performance of broiler fed rye**. Poult. Sci., 70, 1571-1577.
- BELLAVER, C.; COTREFAL, G.; GRECCO, M. **Soja integral: processamento e uso**. *Aliment. Anim.*, v.7, p.28-30, 2002.
- BERTECHINI, A. G. **Nutrição de monogástricos**, 2 ed. Universidade Federal de Lavras, Lavras. 2012.
- BERTECHINI, A. G. **Nutrição de Monogástricos**. Lavras: Editora UFLA. p.301, 2006.
- BOLELI, I.C.; MAIORKA, A.; MACARI, M. **Desenvolvimento e Reparo da mucosa intestinal**. In: MACARI, M; FURLAN, R. L.; GONZÁLES, E. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. Jaboticabal: Funep, p. 113-23, 2002.
- BOROSKY, J.C. **O uso de ácidos orgânicos e suas particularidades na produção animal**. 2012. Disponível em: <<https://pt.engormix.com/avicultura/artigos/acidos-organicos-producao-animal-t36978.htm>> Acesso em: 21 jan. 2020.
- BRENES, A. & ROURA, E. **Essential oils in poultry nutrition: Main effects and modes of action**. Animal Feed Science and Technology, 158, p.1-14, 2010.
- BRIENZO, M., MONTE, J. R. & MILAGRES, A. M. F. **Induction of cellulase and hemicellulase activities of *Thermoascus aurantiacus* by xylan hydrolyzed products**. World Journal of Microbiology and Biotechnology, 28, 113-119, 2012.
- CAMPESTRINI, E.; SILVA, V. T. M.; APPELT, M. D. **Utilização de enzimas na alimentação animal**. Revista Eletrônica Nutritime, Viçosa, v. 2, n. 6, p. 259-272, 2005.
- CARVALHO, J. C. C., BERTECHINI, A. G., FASSANI, É. J., RODRIGUES, P. B. & PEREIRA, R. A. N. **Desempenho e características de carcaça de frangos de corte alimentados com dietas à base de milho e farelo de soja suplementadas com complexos enzimáticos**. Revista Brasileira de Zootecnia, v.38, p. 292-298, 2009.

CHOCT M.; DERSJANT-LI Y.; MCLEISH J.; PEISKER M. **Soy oligosaccharides and soluble non-starch polysaccharides: A review of digestion, nutritive and anti-nutritive effects in pigs and poultry.** *ASIAN-AUST J.; Anim Sci*; v. 23(10): p.1386-1398, 2010.

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

CHOCT, M. **Enzymes for the feed industry: past, present and future.** *World's Poultry Science Journal*,62, p.5-16, 2006.

CLASSEN, H.L. **Cereal grain starch and exogenous enzymes in poultry diets.** *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.62, p.21-27, 1996.

COSTA, J.A. **Cultura da Soja.** Porto Alegre. Evangraf: p. 233. 2006.

COWIESON, A. J. & RAVINDRAN, V. **Effect of exogenous enzymes in maize-based diets varying in nutrient density for young broilers: growth performance and digestibility of energy, minerals and amino acids.** *British Poultry Science*, 49, p.37-44, 2008.

COWIESON, A. J. **Strategic selection of exogenous enzymes for corn/soy-based poultry diets.** *The journal of Poultry Science*,47, p.1-7, 2010.

COWIESON, A. J. **Factors that affect the nutritional value of maize for broilers.** *Animal Feed Science and Technology*, Amsterdam, v. 119, p. 293–305, 2005.

COWIESON, A. J., ACAMOVIC, T. & BEDFORD, M. R. **Supplementation of diets containing pea meal with exogenous enzymes: effects on weight gain, feed conversion, nutrient digestibility and gross morphology of the gastrointestinal tract of growing broiler chicks.** *British Poultry Science*,44, p.427-437, 2003.

COWIESON, A. J.; ADEOLA, O. **Carbohydrase, protease, and phytase have an additive beneficial effect in nutritionally marginal diets for broilers chicks.** *Poultry Science*, Champaign, v. 84, p.1860-1867, 2005.

COWIESON, A.J., SINGH, D.N., ADEOLA, O. **Prediction of ingredient quality and the effect of a combination of xylanase, amylase, protease and phytase in the diets of broiler chicks. 1. Growth performance and digestible nutrient intake.** *British Poultry Science*, v.47, n.4, p.477-489, 2007.

COZANNET, P., M. T. KIDD, R. MONTANHINI NETO, and P. GERAERT. **Next-generation non-starch polysaccharide-degrading, multi-carbohydrase complex rich in xylanase and arabinofuranosidase to enhance broiler feed digestibility.** *Poult. Sci.* 8:2743– 2750, 2017.

CROOM, W. J., J. BRAKE, B. A. COLES, G. B. HAVENSTEIN, V. L. CHRISTENSEN, B. W. MCBRIDE, E. D. PEEBLES, AND I. R. TAYLOR. **Is intestinal absorption capacity rate-limiting for performance in poultry** *J. Appl. Poult. Res.* 8, p. 242– 252, 1999

DALE, N. **Efeitos da qualidade no valor nutritivo do milho.** In: Conferência Apinco. p. 67-72, 1994.



DEPEC, BRADESCO. **Departamento de Pesquisas e Estudos Econômicos.** Soja. 2015.

DOSKOVIC, V.; BOGOSAVLJEVIC-BOSKOVIC, S.; PAVLOVSKI, Z.; MILOSEVIC, B.; SKRBIC, Z.; RAKONJAC, S.; PETRICEVIC, V. **Enzymes in broiler diets with special reference to protease.** World's Poultry Science Journal, v. 69, n. 2, p. 343360, 2013.

DOURADO, L.R.B.; BARBOSA, N.A.A.; SAKOMURA, N.K. **Enzimas na nutrição de monogástricos.** IN: SAKOMURA, N.K.; SILVA, J.H.V.; COSTA, F.G.P.; FERNANDES, J.B.K.; HAUSCHILD, L. **Nutrição de não ruminantes.** Jaboticabal: Funep, p. 468-48, 2014.

ELIASSON, A. C. **Starch in food: structure, function and applications.** New York: CRC, p. 605, 2004.

FISCHER, G. et al. **Desempenho de frangos de corte alimentados com dietas a base de milho e farelo de soja, com ou sem adição de enzimas.** Revista Brasileira de Zootecnia, v.31, n.1, p.402-410, 2002.

FORTES, B. D. A.; CAFÉ, M. B.; STRINGHINI, J. H.; BRITO, J. Á. G., REZENDE, P. L. D. P. & SILVA, R. D. (2012). **Avaliação de programas nutricionais com a utilização de carboidrases e fitase em rações de frangos de corte.** Ciência Animal Brasileira, 13, p. 24-32, 2012.

FRANCESCH, M.; GERAERT, P.A. **Enzyme complex containing carbohydrases and phytase improves growth performance and bone mineralization of broilers fed reduced nutrient corn-soybean-based diets.** Poult Sci., v. 88, p.1915–1924, 2009.

FRANCO, L.G. **Medidas adotadas na Nutrição Animal visando à saúde intestinal.** 2010. Nutrition for Tomorrow. Disponível em: <<http://s101599.gridserver.com/medidas-adotadasna-nutricao-animal-visando-asaude-intestinal/>>. Acesso em: 21/01/2020.

FURLAN, R.L. **Aspectos fisiológicos da utilização de probióticos e prebióticos visando à saúde intestinal.** Memórias Asociación de Médicos Veterinários Especialistas en Avicultura del Ecuador. AMEVEA-E, Quito, 2010.

GRACIA, M. I. et al. **Alpha-amylase supplementation of broiler diets based on corn.** Poultry Science, Champaign, v. 82, p. 436–442, 2003.

H.V. MASEY O'NEILL, J.A. SMITH, M.R. BEDFORD. **Multicarbohydrase enzymes for non-ruminants.** Asian Austral J Anim Sci, 27 (2), pp. 290-301, 2014.

HAFEZ, H.M. **Doenças entéricas das aves com atenção especial ao clostridiumperfringens.**In: X Simpósio Brasil Sul de Avicultura e I Brasil Sul Poultry Fair,Chapecó. Anais: p. 32-44, 2009.

HETLAND, H., CHOCT, M. & SVIHUS, B. **Role of insoluble non-starch polysaccharides in poultry nutrition.** World's Poultry Science Journal, 60, p. 415-422, 2004.

KASHYAP et al. **Applications of pectinases em the commercial sector: a Reviem.** Bioresource Technology, v.77, p.215-227, 2001.

KNUDSEN K. **Fiber and nonstarch polysaccharide content and variation in common crops used in broiler diets.** *Poult Sci*; 93(9): p.2380-2393. 2014.

KOCHER, A. et al. **Effects of enzyme combinations on apparent metabolizable energy of corn-soybean meal based diets in broilers.** *Journal of Applied Poultry Research*, Athens, v. 12, p. 275–283, 2003.

KUMAR V.; SINHA A. K; MAKKAR H. P. S, de BOECK G.; BECKER K. **Dietary roles of non-starch polysachharides in human nutrition: A review.** *Crit Rev Food Sci Nutr*; 52:899-935. 2012.

LEHNINGER, A. L.; NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de bioquímica.** 4.ed. São Paulo: SAVIER, p. 1202, 2006.

LEHNINGER, A.L.; NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de bioquímica.**3.ed.São Paulo: Sarvier, p.839, 2002.

LIMA G.J.M.M. & VIOLA E.S. **Ingredientes energéticos: trigo e triticales na alimentação animal.** In: Simpósio Sobre Ingredientes Na Alimentação Animal. Campinas CBNA p.33-61, 2001.

LIMA, M. R., DA SILVA, J. H. V., ARAUJO, J. A., BATISTA, C. et al. **Enzimas exógenas na alimentação de aves.** *Acta Veterinária Brasileira*, v.1, n.4, p. 99-110, 2007.

MAIORKA, A.; SANTIN, A.M.E.; BORGES, S.A., et al. **Emprego de uma mistura de ácido fumárico, láctico, cítrico e ascóbio em dietas iniciais de frangos de corte.** *Archives of Veterinary Science*, v. 9, n. 1, p. 31-37, 2004.

MALATHI, V.; DEVEGOWDA, G. **In vitro evaluation of nonstarch polysaccharide digestibility of feed ingredients by enzymes.** *Poultry Science*, v. 80, n. 3, p. 302-305, 2001.

MCCLEARY, B.V. **Analysis of feed enzymes.** In: *Enzymes in Farm Animal Nutrition*, M.R. BEDFORD and G.G. PARTRIDGE (Eds.). CAB International, pp: 406, 2001.

MENEGHETTI, C. **Associação de enzimas em rações para frangos de corte.** 2013.

MENEGHETTI, C.; BERTECHINI, A.G.; RODRIGUES, P.B. et al. **Altos níveis de fitase em rações para frangos de corte.** *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 63, n. 3, p. 624-632, 2011.

MENG, X., B. A. SLOMINSKI, C. M. NYACHOTI, L. D. CAMPBELL, and W. GUENTER. **Degradation of cell wall polysaccharides by combinations of carbohydrase enzymes and their effect on nutrient utilization and broiler chicken performance.** *Poult. Sci.* 84: p.37–47, 2005.

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

NOBLET, J. et al. **Prediction of net energy value of feeds for growing pigs.** *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 72, p. 344-354, 1994.

OLUKOSI, A. O., COWIENSON, A. J., ADEOLA, O. **Age-related influence of a cocktail of xylanase, amylase, and protease orphytase individually or in combination in broilers.** Poultr. Sci. 86, p. 77–86, 2007.

OLUKOSI, O. A.; ADEOLA, O. **Whole body nutrient accretion, growth performance and total tract nutrient retention responses of broilers to supplementation of xylanase and phytase individually or in combination in wheat-soybean meal based diets.** Journal of Poultry Science, v. 45, p. 192– 198, 2008.

OLUKOSI, O. A.; COWIESON, A. J.; ADEOLA, O. **Energy utilization and growth performance of broilers receiving diets supplemented with enzymes containing carbohydrase or phytase activity individually or in combination.** British Poultry Science, v. 99, p. 682–690, 2008.

OPALINSKI, M., MAIORYKA, A., CUNHA, F., ROCHA, C. & BORGES, S. A. **Adição de complexo enzimático e da granulometria da soja integral desativada melhora desempenho de frangos de corte.** Ciência Rural, v.40, p.628-632, 2008.

OVIEDO-RONDÓN, E.O.; WINELAND, M. J.; FUNDERBURK, S.; SMALL, J.; CUTCHIN, H.M.; MANN, M. **Incubation conditions affect leg health in large, high-yield broilers.** Journal of Applied Poultry Research, Ithaca, v.18, n.3, p.640-646, 2009.

PESKE, S. T.; ROSENTHAL, M. D'A.; ROTA, G. R. M. **Fundamentos da Qualidade de Sementes.** Fundamentos Científicos e Tecnológicos. 1. ed. Pelotas: Editora, v. 1, cap. 2, p. 94-136, 2003.

PINHEIRO, D. F., CRUZ, V. C. & PAULINO, M. L. V. **Effect of early feed restriction and enzyme supplementation on digestive enzyme activities in broilers.** Poultry Science, c. 83, p. 1544-1550, 2004.

RITZ, C. W. et al. **Growth and intestinal morphology of male turkeys as influenced by dietary supplementation of amylase and xylanase.** Poultry Science, Champaign, v. 74, p. 1329–1334, 1995.

ROSTAGNO, H.S. **Composição de alimentos e exigências nutricionais.** (Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos). Viçosa: UFV, 2005.

SEDIYAMA, T. **Tecnologia de produção de sementes de soja.** Londrina: Mecenias: p. 352, 2013.

SHEPPY C. **The current feed enzyme market and likely trends.** In: Bedford MR, PARTRIDGE GG. **Enzymes in farm nutrition.** Londres: Cab International; p. 1-10, 2001.

SHIRMOHAMMAD F, MEHR M. **Effects of dietary supplementation of multi-enzyme complex on the energy utilization in rooster and performance of broiler chicks.** African Journal of Biotechnology; cap. 10(45): p. 9200-9206, 2011.

SILVA, J. S. **Estrutura, composição e propriedades dos grãos.** In: SILVA, J. S., CORRÊA P. C. **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas.** 2.ed. Viçosa: Aprenda Fácil, cap. 2, p. 21-37, 2008.

SILVA, V. K., MORITA, V. S. & BOLELI, I. C. (2012). **Desempenho e rendimento de carcaça de frangos de corte alimentados com pectina na ração**. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, 64, p. 1017-1026, 2012.

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

STRINGHINI, J. H. et al. **Efeito da qualidade do milho no desempenho de frangos de corte**. *Revista Brasileira de Zootecnia*. Viçosa, v. 29, n. 1, p.191-198, 2000.

TACHIBANA, L., PINTO, L. G. Q., GONÇALVES, G. S. & PEZZATO, L. E. **Xilanase e  $\beta$ glucanase na digestibilidade aparente de nutrientes do triticales pela Tilápia-do-nilo**. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, 62, p. 445-452, 2010.

VINJAMOORI, D. V. et al. **Challenges and opportunities in the analysis of raffinose oligosaccharides, pentosans, phytate, and glucosinolates**. *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 82, p. 319–328, 2004.

VORAGEN, A. G. J.; PILNIK, W.; THILBAULT, J. F.; AXELOS, M.A.V.; RENARD, C., Pectins. In: STEVESNS, A. M. (Ed). **FOOD polysaccharides and their applications**. London: WPSA, 634p., 1995.

WEURDING, R. E. et al. **In vitro starch digestion correlates well with rate and extent of starch digestion in broiler chickens**. *Journal of Nutrition*, Cambridge v. 131, p. 2336-2342, 2001.

WILLIAMS P.E.V., GERAERT P.A., UZU G., ANNISON G. **Factors affecting non-starch polysaccharide digestibility in poultry**. In: Morand-Fehr P. (ed.). **Feed manufacturing in Southern Europe: New challenges**. ZARAGOZA: CIHEAM, 1997. p. 125-134 (Cahiers Options Méditerranéennes; n. 26)

WILLIAMS, M. P. et al. **Evaluation of xylanase in low-energy broiler diets**. *Journal of Applied Poultry Research*, v. 23, p. 188–195, 2014

WILLIAMS, P. E. V.; GERAERT, P. A.; UZU, G.; ANNISON, G. **Factors affecting non-starch polysaccharide digestibility in poultry**. *CIHEAM-Options Mediterraneennes* [online], p.125-134. Disponível em: <ressources.ciheam.org/om/pdf/c26/97605979.pdf> Acesso em: 20 de dezembro de 2019.

WYATT, C. L.; ARABA, M.; BEDFORD, M.; **Current advances in feed enzymes for cornsoya based poultry and swine diets: emphasis on cell wall and phytate**. In: 65th Minnesota Nutrition Conference. sept. 2004.

ZOU, J., ZHENG, P., ZHANG, K., DING, X. & BAI, S. **Effects of exogenous enzymes and dietary energy on performance and digestive physiology of broilers**. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, v. 4, p. 1-9, 2013.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1. GERAL**

O objetivo foi avaliar o efeito da suplementação de carboidrases sobre dietas com redução da densidade nutricional sobre o desempenho produtivo, morfometria intestinal, produção de ácidos graxos de cadeia curta, digestibilidade de nutrientes e rendimento de carcaça de frangos de corte.

## **CAPÍTULO I: SUPLEMENTAÇÃO DE CARBOIDRASES EM DIETAS FORMULADAS COM REDUÇÃO DE NUTRIENTES PARA FRANGOS DE CORTE.**

**RESUMO:** O objetivo foi avaliar o efeito da suplementação de carboidrases sobre dietas com redução da densidade nutricional sobre o desempenho produtivo, morfometria intestinal, produção de ácidos graxos de cadeia curta, digestibilidade de nutrientes e rendimento de carcaça de frangos de corte. O experimento foi realizado no aviário experimental da Universidade Federal, setor Palotina. Foram alojados 1620 pintos de corte macho, Cobb 500 em esquema fatorial 2 x 2 (dietas comerciais x *blend* de carboidrases). O desempenho zootécnico das aves foi avaliado semanalmente até os 35 dias. Aos 42 dias foi determinado o rendimento de carcaça, e composição de carcaça. Aos 21 dias de idade das aves, foi realizada a avaliação da digestibilidade e da metabolizabilidade dos nutrientes nas dietas. Aos 28 dias foram coletados segmentos intestinais para avaliação da morfometria intestinal e determinação dos ácidos graxos de cadeia curta no conteúdo cecal. A suplementação de carboidrases em dietas comerciais B elevou ( $p < 0,05$ ) o peso vivo e o ganho de peso das aves e melhorou o índice de conversão alimentar das aves aos 7 dias de idade. Para o período total de 1 a 35 dias, aves que ingeriram dieta comercial A apresentaram maior ( $p < 0,05$ ) consumo de ração em relação a dieta controle. As aves que receberam dieta comercial A com adição do complexo enzimático apresentaram melhor ( $p < 0,05$ ) conversão alimentar. Aves que receberam o complexo enzimático na dieta, independentemente do tipo de dieta comercial, apresentaram maior ( $p < 0,05$ ) relação vilo:cripta. Houve interação significativa ( $p < 0,05$ ) das dietas comerciais e a suplementação enzimática sobre os valores de energia metabolizável aparente (EMA) e aparente corrigida (EMAn). No desdobramento da interação, observou-se que o consumo da dieta comercial B, com níveis nutricionais mais elevados, independentemente da inclusão de enzima resultou em maiores valores de EMA e EMAn do que o consumo da dieta comercial A. Aos 42 dias a suplementação das dietas com carboidrases independentemente do tipo de dieta comercial resultou em maior ( $p < 0,05$ ) rendimento de pernas. Tanto para o peso absoluto quanto para o peso relativo, dietas comerciais A e acrescidas do complexo enzimático resultaram em uma menor deposição de gordura. A suplementação das dietas de frangos de corte com complexos enzimáticos compostos por carboidrases possibilita melhor conversão alimentar, redução da gordura abdominal, aumento da taxa de digestibilidade dos alimentos, o que permite a redução da necessidade de utilização de ingredientes não renováveis contribuindo com a redução do impacto ambiental gerado pela produção animal.

**Palavras-chave:** enzimas, conversão alimentar, saúde intestinal, ácidos graxos de cadeia curta

**ABSTRACT:** The objective was to evaluate the effect of carbohydrases supplementation on diets with reduced nutritional density on productive performance, intestinal morphometry, production of short-chain fatty acids, nutrient digestibility and broiler carcass yield. The experiment was carried out in the experimental aviary of the Federal University, in Palotina. 1620 male broiler chicks Cobb 500 were housed in a 2 x 2 factorial scheme (comercial diet x blend of carbohydrases). The zootechnical performance of the birds was evaluated weekly until 35 days. At 42 days, carcass yield and carcass composition were determined. At 21 days, an evaluation of the digestibility and metabolization of nutrients in the diets was carried out. At 28 days, intestinal organs were collected for evaluation of intestinal morphometry and determination of short-chain fatty acids in the cecal content. Carbohydrases supplementation in comercial diets B increased ( $p < 0.05$ ) the live weight and weight gain of the birds and improved the feed conversion ratio at 7 days of age. For the period from 1 to 35 days, birds that ingested the comercial diet A had higher ( $p < 0.05$ ) feed consumption in relation to the control diet. The birds that received a comercial diet A with the addition of the enzyme complex showed better ( $p < 0.05$ ) feed conversion. Birds that received the enzyme complex in the diet, regardless of nutritional density, had a higher ( $p < 0.05$ ) V:C. There was a significant interaction ( $p < 0.05$ ) for the values of EMA and EMAn. In the interaction unfolding, it was observed that the control diets regardless of the inclusion of enzyme showed higher values of EMA and EMAn than comercial diets A. At 42 days, supplementation of diets regardless of nutritional density resulted in higher ( $p < 0.05$ ) leg yield. For both absolute weight and relative weight, comercial diets A and added enzyme complex resulted in less fat deposition. Supplementation of broiler diets with enzymatic complexes composed of carbohydrases allows better feed conversion, reduction of abdominal fat, increase in the digestibility rate, which allows the reduction of non-renewable ingredients contributing to the reduction of environmental impact generated by animal production.

**Key-words:** enzymes, feed conversion, intestinal health, short chain fatty acids

## INTRODUÇÃO

A nutrição apresenta um papel importante, sob o ponto de vista econômico, uma vez que representa cerca de 70% do custo de produção. Dietas brasileiras são constituídas basicamente por milho e o farelo de soja são as principais fontes de energia e proteína utilizadas em rações.

Entretanto, esses ingredientes possuem quantidades variáveis de ácido fítico e polissacarídeos não-amídicos (PNA), os quais estão associados à menor digestão e ao menor aproveitamento do fósforo e dos carboidratos presentes nas dietas (BACH KNUDSEN, 1997; CHOCT, 1997; MENG et al., 2005).

Os PNAs predominantes no milho são arabinosilanos, os quais são compostos basicamente por arabinoses e xiloses (CHOCT, 2001). A maioria dos arabinosilanos são insolúveis e afetam o aproveitamento da energia da dieta, por manterem no interior de suas estruturas os nutrientes geradores de energia, mas quando não estão ligados às paredes celulares podem formar soluções altamente viscosas. Assim os PNAs podem ser considerado nutriente ou fator anti-nutritivo, de acordo com a solubilidade.

De acordo com Leske et al., (1993), os oligossacarídeos, rafinose e estaquiase, representam cerca de 4-6% da composição da soja, cuja digestibilidade intestinal é limitada porque os mamíferos não possuem  $\alpha$ -galactosidase necessária para hidrolisar as ligações  $\alpha$  1,6 presentes nesses oligossacarídeos. Com isso, provocam aumento da viscosidade intestinal da digesta e, como resultado, interfere na digestão dos nutrientes, diminuindo a interação com as enzimas digestivas.

Os avanços tecnológicos na área nutricional têm buscado novas estratégias para melhorar a digestibilidade dos alimentos e proporcionar condições que favoreçam a expressão do máximo potencial genético das aves, sem acréscimos aos custos de produção. As enzimas são aditivos que podem ser suplementados na dieta e quebram os PNAs, reduzem a viscosidade intestinal e conseqüentemente melhoram a digestibilidade dos nutrientes, melhorando o desempenho intestinal e produtivo (FISCHER et al., 2002; LIMA et al., 2002, OPALINSKI et al., 2010; ADEOLA e COWIESON, 2010, LI et al., 2018). As carboidrases, especificamente, causam o rompimento da integridade da parede celular dos grãos de milho e soja e conseqüente liberação de nutrientes encapsulados pela parede celular e a redução no comprimento da cadeia afeta propriedades físicas dos PNA's.

Além disso, esses efeitos podem ser associados á ação das carboidrases sobre os PNAs e a conseqüente liberação de oligossacarídeos de baixo peso molecular, o que reduz a capacidade de ligação com outros elementos e permite a ação de prebiótico, melhorando a função da barreira intestinal, a regulação das respostas inflamatórias e o crescimento seletivo de bactérias benéficas (CHEN et al., 2012; RAVINDRAN, 2013).

O objetivo foi avaliar o efeito da suplementação de carboidrases sobre dietas com redução da densidade nutricional sobre o desempenho



produtivo, morfometria intestinal, produção de ácidos graxos de cadeia curta, digestibilidade de nutrientes e rendimento de carcaça de frangos de corte.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Aves, tratamentos experimentais e dietas**

O experimento foi realizado no aviário experimental da Universidade Federal do Paraná (UFPR) – Setor Palotina onde todos os procedimentos com uso de animais neste trabalho foram submetidos à avaliação e aprovados pelo Comitê de Ética em Experimentação Animal da UFPR - Setor Palotina sob o protocolo nº 27/2015. Foram utilizados 1620 pintos de corte, machos da linhagem Cobb 500, provenientes de matrizes de cerca de 40 semanas de idade. As aves foram distribuídas aleatoriamente em um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 2 (dieta x complexo enzimático) 9 repetições e 45 aves por box:

As Dietas experimentais consistiram em:

Tratamento 1 - Dieta comercial A;

Tratamento 2 - Dieta comercial A reformulada com complexo de carboidrases;

Tratamento 3 – Dieta comercial B;

Tratamento 4 – Dieta comercial B reformulada com complexo de carboidrases;

Todos os tratamentos foram suplementados com Fitase (1000FTU), com valorização de Ca e P. O produto comercial contendo a associação de carboidrases (enzimas NSP) utilizado foi o Rovabio® Advance T-Flex (50g/t) da ADISSEO Brasil Nutrição Animal Ltda. A inclusão da enzima e a matriz nutricional das dietas foram de acordo com as recomendações do fabricante.

As rações experimentais, a base de milho e farelo de soja, foram formuladas visando atender as exigências nutricionais das diferentes fases. O Programa nutricional foi dividido em cinco fases: pré- inicial (1 – 7 dias idade), inicial (08 a 18 dias) (TABELA 2) crescimento (19 – 35 dias idade), e abate (36 – 42 dias de idade) (TABELA 3).

As aves foram alojadas em galpão climatizado (exaustores, placas evaporativas e aquecimento por meio de campânulas elétricas), dividido em 32

boxes, cobertos com maravalha reutilizada sobre o piso. A temperatura de conforto térmico foi mantida de acordo com a idade. O programa vacinal foi realizado no incubatório (Marek, Gumboro e Bronquite Infeciosa).

As aves receberam água e alimento *ad libitum* durante todo o período experimental de 42 dias. Nos primeiros quatro dias, a água foi oferecida em bebedouros infantis e a partir do 5º dia de idade, por meio de bebedouro nipple. As aves até os 14 dias de idade receberam 24 horas de luz, em função do sistema de aquecimento (lâmpada halógena de 300W). Após este período receberam 16 horas de luz e 8 horas de escuro diariamente até 21 dias de idade e posteriormente 14 horas de luz e 10 horas de escuro até o final do experimento.

### **Desempenho zootécnico**

Semanalmente as aves foram pesadas, assim como a sobra de ração fornecida, para a avaliação do desempenho zootécnico (peso médio, ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar). A conversão alimentar foi corrigida pela mortalidade semanal das aves conforme metodologia de (SAKOMURA e ROSTAGNO 2007).

TABELA 2 - Composição e níveis nutricionais das dietas da fase pré-inicial e inicial (CE: complexo enzimático)

	PRE-INICIAL				INICIAL			
	Dieta A	Dieta A +CE	Dieta B	Dieta B+CE	Dieta A	Dieta A +CE	Dieta B	Dieta B+CE
Milho, kg	575,72	564,60	575,72	564,60	600,80	634,00	596,40	629,60
Farelo de soja, kg	320,40	286,40	320,40	286,40	290,40	274,20	291,00	274,60
Óleo de soja, kg	17,70	10,16	17,70	10,16	28,26	10,66	32,06	14,64
Farina de carne, kg	12,40	70,00	12,40	70,00	11,80	12,60	11,80	12,60
Farina de vísceras, kg	30,00	30,00	30,00	30,00	25,00	25,00	25,00	25,00
Farina de peixe, kg	20,00	20,00	20,00	20,00	15,00	15,00	15,00	15,00
Calcário calcítico, kg	6,60	3,60	6,60	3,60	6,40	6,20	6,40	6,20
MHA- Metionina, kg	3,88	3,82	3,88	3,82	3,48	3,36	3,5	3,38
L-Lisina, kg	4,10	3,66	4,10	3,66	4,08	4,26	4,06	4,26
Sal, kg	3,60	2,60	3,60	2,60	4	4	4	4
L-Treonina, kg	1,32	1,14	1,32	1,14	1,28	1,18	1,28	1,18
L-Valina, kg	0,38	0,10	0,38	0,10				
Cloreto de Colina, kg	0,50	0,52	0,50	0,52	0,5	0,54	0,5	0,54
Premix vitamínico e mineral, kg	3,35	3,35	3,35	3,35	6,45	6,45	6,45	6,45
Inerte, kg	0,050		0,050		0,050		0,050	
Complexo enzimático, kg	-	0,050	-	0,050	-	0,050	-	0,050
<b>Níveis Nutricionais</b>								
EM Kcal/kg	2.980	2.982	2.980	2.982	3.080	3.080	3.100	3.101
PB, %	23,25	24,63	23,25	24,63	21,46	21,48	21,45	21,47
Extrato Etéreo, %	5,31	5,14	5,31	5,14	6,28	4,64	6,65	5,02
Cálcio, %	0,986	1,618	0,986	1,618	0,885	0,885	0,885	0,885
Fósforo Disponível, %	0,48	0,773	0,48	0,773	0,44	0,44	0,44	0,44
Colina_mg/kg	1.812,14	1.809,42	1.812,14	1.809,42	1.703,06	1.705,67	1.702,07	1.704,13
Lisina dig., %	1,3	1,3	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,201
Metionina dig., %	0,699	0,7	0,699	0,7	0,637	0,627	0,639	0,628
Met+Cis dig., %	0,975	0,976	0,975	0,976	0,9	0,9	0,901	0,901
Arginina dig., %	1,37	1,422	1,37	1,422	1,254	1,235	1,255	1,235
Treonina dig., %	0,846	0,846	0,846	0,846	0,787	0,787	0,787	0,787
Triptofano dig. %	0,229	0,223	0,229	0,223	0,21	0,209	0,21	0,209
Balanço Eletrolítico_meq/kg	233,57	237,17	233,57	237,17	194,43	188,92	194,44	188,83

TABELA 3 - Composição e níveis nutricionais das dietas da fase crescimento e abate (CE: complexo enzimático)

	CRESCIMENTO						ABATE		
	Dieta A	Dieta A +CE	Dieta B	Dieta B+CE	Dieta A	Dieta A +CE	Dieta B	Dieta B+CE	Dieta B+CE
Milho	620,40	652,40	608,60	640,40	707,80	737,20	664,20	683,80	683,80
Farelo de soja	262,00	248,00	268,00	254,20	203,40	189,60	235,00	219,40	219,40
Óleo de soja	28,16	11,56	33,02	16,42	31,58	15,64	41,24	27,54	27,54
Farinha de carne					24,80	25,40	25,80	36,40	36,40
Farinha de vísceras	20,00	20,00	20,00	20,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Calcário calcítico				3,86	6,40	6,20	6,60	5,80	5,80
MHA- Metionina	4,16	4,02	4,00	3,86	3,10	2,96	3,70	3,70	3,70
L-Lisina	3,22	3,40	3,52	3,70	3,18	3,32	3,70	3,70	3,70
Sal	3,00	3,00	3,00	3,00	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20
L-Treonina	1,08	1,00	1,10	1,02	0,900	0,800	1,00	0,88	0,88
L-Valina							0,100		
Cloreto de Colina	0,48	0,52	0,46	0,50	0,640	0,680	0,560	0,58	0,58
Premix vitamínico e mineral	5,00				5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Inerte	0,050		0,050	-	0,050		0,050	-	-
Complexo enzimático	-	0,050	-	0,050	-	0,050	-	0,050	0,050
<b>Níveis Nutricionais</b>									
EM Kcal/kg	3.100	3.100	3.120	3.120	3.207	3.207	3.226	3.230	3.230
PB, %	20,80	20,76	21,03	21,01	16,85	16,87	18,09	18,40	18,40
Extrato Etéreo, %	6,58	5,00	7,04	5,46	6,61	5,12	7,49	6,30	6,30
Cálcio, %	0,868	0,847	0,88	0,859	0,796	0,794	0,824	0,93	0,93
Fósforo Disponível, %	0,439	0,428	0,444	0,434	0,401	0,400	0,415	0,47	0,47
Colina_mg/kg	1.607,33	1.612,01	1.604,92	1.610,03	1.501,71	1.508,13	1.511,65	1.509,09	1.509,09
Lisina dig., %	1,1	1,1	1,13	1,13	0,901	0,900	1,000	1,00	1,00
Metionina dig., %	0,609	0,599	0,598	0,588	0,485	0,475	0,544	0,55	0,55
Met+Cis dig., %	0,858	0,858	0,848	0,848	0,712	0,711	0,780	0,79	0,79
Arginina dig., %	1,208	1,188	1,225	1,205	0,954	0,938	1,040	1,04	1,04
Treonina dig., %	0,726	0,726	0,734	0,735	0,604	0,603	0,650	0,65	0,65
Triptofano dig. %	0,192	0,191	0,195	0,194	0,156	0,155	0,171	0,17	0,17
Balanco Eletrolítico_meq/kg	193,58	188,243	196,076	190,824	158,528	153,829	171,604	169,19	169,19

## **Avaliação da funcionalidade intestinal**

### *Ensaio de metabolismo*

No ensaio de metabolismo, foram utilizadas 96 aves de 21 dias de idade, provenientes do ensaio de desempenho e rendimento de carcaça, as quais foram distribuídas aos quatro tratamentos com doze repetições, totalizando 48 unidades experimentais. Foram utilizadas quatro baterias, com 12 gaiolas cada. Foi empregado o método de coleta total de excretas, com período experimental de sete dias, sendo três de adaptação e quatro de coleta das excretas. As excretas coletadas diariamente foram pesadas e armazenadas a -20C. Após o término do período de coleta, as amostras de excretas e das dietas experimentais foram analisadas para o conteúdo de matéria seca, extrato etéreo, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, energia bruta e nitrogênio, conforme técnicas descritas por AOAC (Official, 1995).

Os teores de energia bruta foram determinados em bomba calorimétrica adiabática. Com base nos dados de consumo de dieta, de produção de excretas e dos resultados das análises de laboratório, procedeu-se ao cálculo dos coeficientes de digestibilidade da proteína bruta (CDPB), da matéria seca (CDMS), da fibra em detergente neutro (CDFDN), fibra em detergente ácido (CDFDA) e do extrato etéreo (CDEE), bem como dos valores de energia metabolizável aparente (EMA) e de aparente corrigida (EMAn), utilizando-se as equações propostas por (MATTERSON et al., 1965).

### *Morfometria intestinal*

Aos 28 dias de idade, foram abatidas as aves utilizadas para o ensaio da digestibilidade pelo método de deslocamento cervical (24 aves/tratamento). O trato gastrintestinal foi exposto e em seguida retirados fragmentos de aproximadamente 5 cm de comprimento do duodeno (região ascendente da alça duodenal) e do jejuno (região do divertículo de Meckel) e do íleo (região posterior a válvula íleo-ceco-cólica). Cada fragmento foi fixado em formalina 10% tamponada submetido a cortes semiseriados de 5µm de espessura, submetidos aos procedimentos histológicos e corados por HE (hematoxilina e eosina) de acordo com os procedimentos descritos por Beçak (1976). Para o estudo morfométrico, as imagens dos segmentos do intestino foram capturadas por meio

da microscopia de luz, utilizando-se o sistema analisador de imagens computadorizado (Image Pro-Plus - Versão 5,2 – Média Cibernética). Foi contabilizado o número de criptas em 20 vilos para a determinação da relação número de criptas: número de vilos de cada repetição para cada segmento. Foi mensurado a altura e largura de vilos e a profundidade e largura de criptas de cada repetição para cada segmento e destes valores foi obtida a média para o cálculo da relação comprimento do vilo: profundidade da cripta. As medidas foram utilizadas para o cálculo da área da superfície de absorção da mucosa intestinal, através da fórmula elaborada por (KISIELINSKI et al., 2002).

$$\text{Área de absorção: } \frac{(LV \times AV) + (LV/2 + LC/2)^2 - (LV/2)^2}{(LV/2 + LC/2)^2}$$

Onde: LV: largura de vilo, AV: altura de vilo, LC: largura de cripta.

#### *Determinação dos ácidos graxos de cadeia curta em conteúdo cecal*

Para determinação dos ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), foi retirado o conteúdo cecal das mesmas aves utilizadas para análise morfométrica da mucosa intestinal, o qual foi lavado com solução fisiológica. O material coletado após lavagem foi centrifugado a 3.500 rpm por 15 minutos. Do sobrenadante, foi coletado 1 mL, o qual foi armazenado em tubo de ensaio arrolhado, acrescido de 0,2 mL de ácido fórmico P.A. e acondicionados em congelador a -20°C até o momento da análise. A concentração dos AGCC foi realizada através de cromatografia gasosa, equipado com coluna 80/120 Carbowax<sup>TM</sup> B-DA\*/4% Carbowax<sup>TM</sup> 20M.

#### **Rendimento de carcaça**

O rendimento de carcaça e de cortes comerciais foi determinado aos 42 dias de idade das aves. Após jejum alimentar de seis horas, os frangos foram insensibilizados por eletrochoque e abatidos por sangria mediante corte da veia jugular, sendo posteriormente escaldados, depenados e eviscerados, de acordo com a Resolução Normativa CONCEA nº 37 de 15 de fevereiro de 2018 (Diretriz da Prática de Eutanásia do Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal – Concea). Foram abatidas 5 aves/unidade experimental (40 aves por

tratamento) para o cálculo de rendimento de carcaça, peito, coxas, asas e gordura abdominal.

Para o cálculo de rendimento de carcaça, foi considerado o peso da carcaça eviscerada quente, sem os pés, cabeça e gordura abdominal, em relação ao peso vivo que foi obtido individualmente antes do abate das aves. Para o rendimento dos cortes nobres, foi considerado o rendimento do peito inteiro com pele e ossos, das pernas (coxa e sobrecoxa com ossos e pele), dorso e asas com pele que foi calculado em relação ao peso da carcaça eviscerada. A gordura abdominal presente ao redor da cloaca, da bolsa cloacal, moela, proventrículo e dos músculos abdominais adjacentes foi retirada conforme descrito por Smith (1993), em seguida, foi pesada e também calculada em relação ao peso da carcaça eviscerada.

### **Análise estatística**

Os resultados obtidos nos experimentos foram tabulados e analisados utilizando-se análise de variância (ANOVA) do procedimento General Linear Model (GLM) com auxílio do programa estatístico SAS (2002, SAS Institute Inc., Cary, NC).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A análise dos resultados obtidos na fase inicial de 1 a 7 dias (TABELA 4) mostrou interação significativa ( $p < 0,05$ ) entre dieta comercial e a suplementação com complexo enzimático sobre o peso vivo, ganho de peso e conversão alimentar na adição do complexo enzimático. No desdobramento da interação (TABELA 5) pode ser observado que a dieta comercial B suplementada com carboidratos elevou o peso vivo e o ganho de peso das aves e melhorou o índice de conversão alimentar das aves.

No período de 8 a 18 dias de idade das aves (TABELA 4), foram observados efeitos isolados do tipo de dieta comercial utilizada e da suplementação de enzimas. Houve aumento ( $p < 0,05$ ) do peso vivo e do consumo de ração com a suplementação de carboidratos e menor ( $p < 0,05$ ) consumo de ração e melhor ( $p < 0,05$ ) conversão alimentar quando as aves receberam dieta comercial B em relação à dieta A. Já no período de 18 a 26 dias, houve apenas

efeito da inclusão de carboidrases, mostrando uma pior ( $p < 0,05$ ) conversão alimentar quando as dietas foram suplementadas com o complexo enzimático.

No período final de 26 a 35 dias, houve interação significativa dos fatores avaliados sobre a conversão alimentar das aves. No desdobramento dos dados (TABELA 5), observou-se que a dieta comercial A acrescida de carboidrases resultaram em melhor ( $p < 0,05$ ) conversão alimentar quando comparadas com dieta comercial A sem a inclusão das carboidrases.

Considerando-se o período cumulativo de 1 a 18 dias (TABELA 6), os resultados são semelhantes aos descritos para o período de 7 a 18 dias de idade das aves. Para o período cumulativo de 1 a 26 dias, pode-se observar maior ( $p < 0,05$ ) consumo de ração com o consumo de dieta comercial A em relação à dieta comercial B e de dietas suplementadas com carboidrases em relação às dietas não suplementadas. Observou-se também nesse período, uma melhor ( $p < 0,05$ ) conversão alimentar quando utilizada dieta B em relação à dieta A. Considerando o período total de 1 a 35 dias, observou-se maior ( $p < 0,05$ ) consumo de ração para as aves que ingeriram dieta comercial A em relação à dieta controle com níveis nutricionais mais elevados. Houve interação significativa ( $p < 0,05$ ) para a conversão alimentar (TABELA 6). As aves que receberam dieta comercial A com adição do complexo enzimático apresentaram melhor ( $p < 0,05$ ) conversão alimentar. No desdobramento da interação, (TABELA 7), observou-se que a inclusão de carboidrases na dieta comercial A melhorou a conversão alimentar das aves. Por outro lado, dieta comercial A isenta de complexo enzimático, resultou em pior conversão alimentar em comparação à dieta comercial B .

Na fase inicial, o melhor desempenho observado com a suplementação do complexo enzimático pode ser atribuído à melhoria no aproveitamento dos nutrientes, pois aves jovens ainda estão com o trato digestório imaturo e com produção de enzimas endógenas ainda em quantidades insuficientes (SAKOMURA et al., 2014). Outros trabalhos realizados com a suplementação enzimática na fase inicial também observaram resultados positivos (ZANELLA et al., 1998; BEDFORD, 1998; TORRES et. al., 2003; GARCIA et. al., 2003).

Estudos demonstraram que os complexos enzimáticos compostos por diferentes carboidrases atuam sobre as frações indigestíveis dos ingredientes, resultado em melhora do aproveitamento da energia dos ingredientes, na diminuição da viscosidade da digesta, da digestibilidade dos nutrientes e



consequentemente do desempenho produtivo (FISCHER et al., 2002; LIMA et al., 2002, OPALINSKI et al., 2010; ADEOLA e COWIESON, 2010, LI et al., 2018). Por outro lado, esses efeitos podem ainda ser associados á ação das carboidrases sobre os PNAs e a consequente liberação de oligossacarídeos de baixo peso molecular que pode melhorar a função da barreira intestinal e regular respostas inflamatórias (CHEN et al., 2012).

Outro aspecto relevante, é que a suplementação enzimática de carboidrases pode modular a degradação das fibras dietéticas no intestino delgado para o posterior. Isso é especialmente importante em aves, que tem uma porção muito pequena de intestino grosso, o que representa pouca capacidade fermentativa da fibra bruta e uma menor diversidade microbiana fermentadora, a exemplo de suínos e de animais ruminantes (VARASTEGANI e DAHLAN, 2014). Além disso, o tempo de passagem do alimento e a absorção se dá em menos de três horas, o que limita muito a ação da microbiota sobre as paredes que compõem os grãos da dieta (CELI et al., 2017). Dessa forma, a suplementação de carboidrases na dieta de aves, tem o papel fundamental de degradar as paredes celulares dos vegetais e liberar as frações de oligossacarídeos para a fermentação bacteriana e a produção de ácidos graxos de cadeia curta e outros metabólitos com benéficos efeitos sobre a redução do pH intestinal, atividades tróficas e anti-inflamatórias para a mucosa intestinal (COWIESON e KLUENTER, 2018). Ao mesmo tempo, a redução no comprimento da cadeia afeta propriedades físicas dos PNA's, proporcionando uma menor capacidade de ligação com outros elementos que compõem a dieta as secreções endógenas do trato digestório.

No presente estudo, observou-se melhor conversão alimentar quando o complexo de carboidrases foi incluído na dieta das aves, especialmente na fase final. Estudos anteriores, utilizando dietas e condições experimentais semelhantes também observaram melhora nesse índice (BARBOSA, 2009; SORBARA et al., 2009; CARVALHO et al., 2009). Ao mesmo tempo, a redução no comprimento da cadeia afeta propriedades físicas dos PNA's, proporcionando uma menor capacidade de ligação com outros elementos.

Este resultado demonstra que é possível a redução dos custos das dietas acrescidas de um complexo enzimático. Os programas nutricionais adotados pelas empresas podem ser ajustados e a redução da densidade nutricional pode ser mitigada pela inclusão dos complexos enzimáticos (RAZA et al., 2019). Além

da redução do custo com a nutrição, que é extremamente representativo, uma vez que pode chegar a 70% dos custos totais de produção, a suplementação de carboidrases otimiza o aproveitamento de nutrientes e energia através da hidrólise de substratos que normalmente não são digeridos ou prejudicam a digestão e absorção dos nutrientes potencialmente aproveitáveis pelas aves (CAMPESTRINI et al., 2005). Desta maneira, é possível reduzir os níveis nutricionais da dieta com possíveis vantagens econômicas (TORRES et al., 2003).

De acordo ainda com Lima (2005), a utilização de complexos enzimáticos também permitem ganhos econômicos, devido a redução de ingredientes caros e a inclusão de matérias-primas mais baratas na dieta.

A associação de diferentes tipos de enzimas pode promover melhores resultados de desempenho, pelo fato de atuarem de forma conjunta e sinérgica, fazendo com que algumas enzimas degradem componentes dos alimentos, que sofrerão posteriormente a ação de outras enzimas associadas a este complexo enzimático ou até das enzimas endógenas (SAKOMURA et al., 2014). Na fase final de vida das aves, é importante considerar, que o volume de dieta consumida e, portanto, o conteúdo de PNAs é extremamente alto. As aves consomem em torno de 0,250kg de ração/ave/dia para um peso vivo em torno de 3,2kg. Portanto, o consumo diário de ração nessa fase, corresponde em torno de 8% do peso da ave, o que exige a liberação intensa de enzimas endógenas pelo pâncreas e mucosa intestinal. Nesse contexto, vale ainda ressaltar que as linhagens de frangos de corte atuais diferem a cada geração, em virtude da constante seleção e do melhoramento genético visando a hiperfagia associada aos altos ganhos de tecido muscular, por isso, talvez, o potencial genético do frango moderno exceda a capacidade de uma absorção e digestão otimizada dos nutrientes.

Essas pressuposições podem explicar, o porquê de alguns estudos não mostrarem nenhum efeito das carboidrases sobre digestibilidade dos nutrientes, conforme descrito na revisão de Adeola e Cowieson (2011). Esses autores ponderam ainda, que se as carboidrases adicionadas na dieta atingirem o objetivo pretendido, elas o farão hidrolisando parcialmente os PNAs das paredes vegetais. Assim, é possível que parte da variação na resposta das carboidrases à degradação dessas paredes celulares esteja relacionada a interações com a microbiota intestinal, que têm um papel na utilização de substratos não digeridos no lúmen intestinal (KIARIE et al., 2013).

Essas inconsistências observadas na literatura podem ainda estar relacionadas às características intrínsecas dos grãos utilizados na composição da dieta, especialmente dos grãos de soja, uma vez que os efeitos negativos dos PNAs, sobre a digestão de nutrientes e viscosidade intestinal, estão diretamente relacionados à sua localização nos grãos de cereais (LI et al., 2018). A maioria dos arabinoxilanos são insolúveis, mas os que não estão ligados às paredes celulares podem formar soluções altamente viscosas e podem absorver cerca de 10 vezes o seu peso de água (ADEOLA et al., 2010). Essa variação na composição total de PNA's e seus respectivos açúcares, além das condições de crescimento da planta e processamento, e das técnicas laboratoriais utilizadas para avaliação, podem se sobrepor a ação das carboidrases suplementadas nessas dietas.

TABELA 4 - Desempenho produtivo semanal de frangos de corte recebendo dietas comerciais formuladas com carboidrases

	Tratamentos		PV (kg)	GP (kg)	CR (kg)	CA
1 a 7 dias	Dieta comercial	A	0,220	0,178	0,183	1,028
		B	0,220	0,178	0,182	1,027
	Complexo Enzimático	Sem	0,218	0,176	0,182	1,034
		Com	0,221	0,179	0,183	1,021
	CV (%)		1,27	1,71	1,34	1,29
	Dieta comercial (DC)		0,8409	0,9770	0,8825	0,9292
	Complexo enzimático (CE)		0,0063	0,0324	0,5952	0,0204
DC x CE		0,0003	0,0074	0,6042	0,0002	
8 a 18 dias	Dieta comercial	A	0,779	0,550	0,668a	1,216 <sup>a</sup>
		B	0,784	0,555	0,656b	1,183b
	Complexo Enzimático	Sem	0,775b	0,547	0,656b	1,199
		Com	0,789 <sup>a</sup>	0,558	0,669a	1,199
	CV (%)		1,70	3,29	2,20	3,20
	Dieta comercial (DC)		0,3378	0,4600	0,0436	0,0333
	Complexo enzimático (CE)		0,0170	0,1234	0,0266	0,9802
DC x CE		0,2616	0,6891	0,2282	0,2041	
18 a 26 dias	Dieta comercial	A	1,587	0,643	1,067	1,662
		B	1,599	0,644	1,049	1,632
	Complexo Enzimático	Sem	1,587	0,649	1,046b	1,617
		Com	1,599	0,640	1,070a	1,677
	CV (%)		1,95	5,54	2,45	5,40
	Dieta comercial (DC)		0,3437	0,9517	0,0812	0,3808
	Complexo enzimático (CE)		0,3118	0,5185	0,0222	0,0935
DC x CE		0,1613	0,5395	0,6497	0,6686	
26 a 35 dias	Dieta comercial	A	2,577	0,996	1,606	1,617
		B	2,556	0,965	1,551	1,610
	Complexo Enzimático	Sem	2,572	0,987	1,607	1,631
		Com	2,562	0,974	1,549	1,596
	CV (%)		3,79	7,66	4,82	4,27
	Dieta comercial (DC)		0,5697	0,2903	0,0722	0,7945
	Complexo enzimático (CE)		0,7927	0,6593	0,0563	0,1954
DC x CE		0,8629	0,6433	0,0645	0,0066	

TABELA 5 - Desdobramento das interações entre dietas comerciais e suplementação de complexo enzimático sobre o desempenho produtivo

		PV 7 dias (kg)		
		Sem Enzima	Com Enzima	P valor
Dieta Comercial	A	0,220 <sup>a</sup>	0,219 <sup>b</sup>	0,3918
	B	0,216 <sup>bB</sup>	0,223 <sup>aA</sup>	
	P valor	0,0052	0,0070	
		GP 1 a 7 dias (kg)		
		Sem Enzima	Com Enzima	P valor
Dieta Comercial	A	0,178	0,177 <sup>b</sup>	0,6546
	B	0,175 <sup>B</sup>	0,181 <sup>aA</sup>	
	P valor	0,0528	0,0457	
		CA 1 a 7 dias (kg)		
		Sem Enzima	Com Enzima	P valor
Dieta Comercial	A	1,023 <sup>b</sup>	1,033 <sup>a</sup>	0,1891
	B	1,045 <sup>aA</sup>	1,010 <sup>bB</sup>	
	P valor	0,0062	0,0030	
		CA 26 a 35 dias (kg)		
		Sem Enzima	Com Enzima	P valor
Dieta Comercial	A	1,674 <sup>aA</sup>	1,560 <sup>B</sup>	0,0067
	B	1,588 <sup>b</sup>	1,632	
	P valor	0,0354	0,0604	

Medias com diferentes letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha diferem significativamente ( $P < 0,05$ ).

TABELA 6 - Desempenho produtivo cumulativo de frangos de corte recebendo dietas comerciais formuladas com carboidrases

Tratamentos		PV (kg)	GP (kg)	CR (kg)	CA
1 a 18 dias	Dieta A	0,779	0,728	0,851a	1,170a
	Comercial B	0,784	0,733	0,839b	1,145b
	Complexo Sem	0,775b	0,724	0,838b	1,159
	Enzimático Com	0,789a	0,737	0,852a	1,157
	CV (%)	1,70	2,51	1,74	2,49
	Dieta comercial (DC)	0,3378	0,4657	0,0431	0,0327
	Complexo enzimático (CE)	0,0170	0,0613	0,0229	0,7827
DC x CE	0,2616	0,9340	0,2663	0,4750	
1 a 26 dias	Dieta A	1,587	1,372	1,918a	1,399 <sup>a</sup>
	Comercial B	1,599	1,378	1,888b	1,371b
	Complexo Sem	1,587	1,372	1,884b	1,374
	Enzimático Com	1,599	1,377	1,922a	1,396
	CV (%)	1,95	2,63	1,64	2,41
	Dieta comercial (DC)	0,3437	0,6668	0,0188	0,0386
	Complexo enzimático (CE)	0,3118	0,7309	0,0040	0,0968
DC x CE	0,1613	0,5178	0,3673	0,9304	
1 a 35 dias	Dieta A	2,577	2,368	3,524a	1,489
	Comercial B	2,556	2,343	3,439b	1,468
	Complexo Sem	2,572	2,359	3,492	1,480
	Enzimático Com	2,562	2,351	3,471	1,477
	CV (%)	3,79	3,62	2,78	2,11
	Dieta comercial (DC)	0,5697	0,4513	0,0310	0,0981
	Complexo enzimático (CE)	0,7927	0,8087	0,5866	0,7789
DC x CE	0,8629	0,8948	0,0814	0,0152	

TABELA 7 - Desdobramento das interações entre dietas comerciais e suplementação de complexo enzimático sobre a conversão alimentar de 1 a 35 dias

		Sem Enzima	Com Enzima	P valor
Dieta comercial	A	1,506aA	1,472B	0,0574
	B	1,454b	1,482	0,1033
P valor		0,0064	0,5224	

Medias com diferentes letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha diferem significativamente ( $P < 0,05$ ).

A avaliação da morfometria da mucosa intestinal dos frangos de corte recebendo dietas comerciais com carboidrases (TABELA 8) mostrou alteração apenas da relação vilo:cripta do duodeno pela inclusão de carboidrases e do jejuno, pela variação do tipo de dieta. Aves que receberam o complexo enzimático na dieta, independentemente do tipo de dieta comercial, apresentaram maior ( $p < 0,05$ ) relação vilo:cripta, da mesma forma que as aves que foram suplementadas com a dieta com redução nutricional ( $p = 0,0572$ ).

TABELA 8 - Morfometria da mucosa intestinal de frangos de corte recebendo dietas formuladas com carboidrases e redução de nutrientes

Tratamentos	Comprimento do viló, $\mu\text{m}$	Largura do viló, $\mu\text{m}$	Profundidade da cripta, $\mu\text{m}$	Largura da cripta, $\mu\text{m}$	Relação Vilo:cripta	Área de absorção, $\mu\text{m}^2$	Camada muscular, $\mu\text{m}$
Dieta Comercial	1232,37	115,46	73,86	35,06	17,10	25,59	127,73
Complexo Enzimático	1296,08	108,84	77,53	36,03	17,09	28,12	130,93
CV (%)	1194,57	112,93	78,20	36,22	15,68 <sup>b</sup>	25,91	131,99
Dieta comercial (DC)	1314,36	111,39	73,21	34,88	18,24 <sup>a</sup>	27,76	126,70
Complexo enzimático (CE)	13,79	22,25	17,25	14,64	21,14	20,10	15,90
DC x CE	0,0831	0,9082	0,4831	0,8819	0,8916	0,2188	0,2323
	0,0957	0,9258	0,2640	0,8803	0,0180	0,3450	0,4485
	0,5856	0,9812	0,3096	0,3353	0,6237	0,1947	0,0765
JEJUNO							
Dieta Comercial	661,78	81,61	73,65	29,09	9,22 <sup>a</sup>	18,83	139,98
Complexo Enzimático	631,01	86,69	76,36	29,75	8,54 <sup>b</sup>	17,85	147,55
CV (%)	630,97	85,91	78,02	30,08	8,47	17,76	144,89
Dieta comercial (DC)	660,94	82,07	72,03	28,78	9,26	18,95	142,56
Complexo enzimático (CE)	23,40	16,33	22,80	18,70	20,34	24,08	19,36
DC x CE	0,2335	0,8539	0,4853	0,6003	0,0572	0,4153	0,2518
	0,6809	0,6155	0,1398	0,3155	0,1820	0,3294	0,7098
	0,6216	0,3390	0,2964	0,5563	0,2568	0,4903	0,7468
ILEO							
Dieta Comercial	381,92	107,00	76,92	40,09	5,04	8,64	196,76
Complexo Enzimático	387,19	110,87	77,91	37,33	5,11	8,42	178,70
CV (%)	385,07	110,66	80,36	36,68	4,92	8,41	187,28
Dieta comercial (DC)	383,89	107,08	74,37	40,83	5,23	8,66	188,45
Complexo enzimático (CE)	23,73	13,71	18,39	16,37	22,27	23,91	22,80
DC x CE	0,7364	0,8243	0,8022	0,2843	0,6128	0,3486	0,0791
	0,5224	0,0725	0,0795	0,8617	0,6923	0,9812	0,9352
	0,4141	0,8780	0,3286	0,9704	0,5535	0,4971	0,5658

Não foi observado efeito significativo ( $p > 0,05$ ) para os coeficientes de digestibilidade da matéria seca (CDMS) e da proteína bruta (CDPB) em relação ao tipo de dieta comercial e à adição do complexo enzimático (TABELA 9). Entretanto, houve efeito significativo ( $p < 0,05$ ) da dieta comercial utilizada sobre o coeficiente de digestibilidade do extrato etéreo (CDEE). Houve aumento do CDEE para a dieta B em relação à dieta A.

Houve interação significativa ( $p < 0,05$ ) para os valores de energia metabolizável aparente (EMA, Kcal/kg) e aparente corrigida (EMAn, Kcal/kg). No desdobramento da interação, observou-se que o consumo de dieta comercial B com níveis nutricionais mais elevados independentemente da inclusão de enzima resultou em maiores valores de EMA e EMAn do que o consumo da dieta comercial A.

O conteúdo de amido e de gordura das dietas tem uma relação direta com a energia metabolizável. Assim, dietas mais densas nutricionalmente contribuem diretamente com o aumento da energia disponível para as aves. Por outro lado, quando os ensaios envolvem enzimas, há muitos resultados conflitantes devido as formas de mensuração, tendo mais resultados positivos com o uso de enzimas, quando o método utilizado é o de digestibilidade ileal, ao invés da avaliação nas excretas. Isso sugere que a fermentação microbiana que ocorre no ceco pode mascarar os efeitos das enzimas sobre a digestibilidade dos nutrientes.

Complexos enzimáticos a base de carboidrases têm potencial para liberação de nutrientes retidos na matriz dos grãos disponibilizando substrato adicional para hidrólise (BEDFORD, 1996; COWIESON et al., 2010; WEALLEANS et al., 2017).



TABELA 9 - Coeficientes de digestibilidade da matéria seca (CDMS), da proteína bruta (CDPB) e do extrato etéreo (CDEE) e valores de energia metabolizável aparente (EMA, kcal/kg), aparente corrigida (EMAn, kcal/kg) de frangos de corte recebendo dietas formuladas

Tratamento		CDMS	CDPB	CDEE	EMA	EMAn
Dieta Comercial	A	73,34	64,06	78,45 <sup>B</sup>	3497,4	3289,6
	B	74,04	62,85	82,02 <sup>A</sup>	3712,7	3516,0
Complexo Enzimático	Sem	73,95	64,08	79,37	3615,3	3411,7
	Com	73,43	62,82	80,50	3594,8	3393,9
CV (%)		2,97	5,39	5,12	4,23	4,43
Dieta comercial (DC)		0,2746	0,2324	0,0022	0,0001	0,0001
Complexo enzimático (CE)		0,4178	0,2122	0,691	0,5024	0,5258
DC x CE		0,2416	0,6717	0,3597	0,0235	0,0185

TABELA 10 - Desdobramento das interações entre dietas comerciais e suplementação de complexo enzimático sobre os valores de energia metabolizável aparente (EMA, kcal/kg) e aparente corrigida (EMAn, kcal/kg) o peso absoluto e relativo da gordura abdominal

		EMA		
		Sem Enzima	Com Enzima	P valor
Dieta comercial	A	3543,4 <sup>Ba</sup>	3451,5 <sup>Ba</sup>	0,0652
	B	3687,3 <sup>Aa</sup>	3738,1 <sup>Aa</sup>	
	P valor	0,0020	0,0001	0,1898
		EMAn		
Dieta comercial	A	3332,6 <sup>Ba</sup>	3246,7 <sup>Ba</sup>	0,0600
	B	3490,8 <sup>Aa</sup>	3541,1 <sup>Aa</sup>	
	P valor	0,0003	0,0001	0,1586

Medias com diferentes letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna diferem significativamente ( $P < 0,05$ ).

Na determinação da concentração dos ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) do conteúdo cecal de frangos de corte (TABELA 10), observou-se aumento da concentração de ácido acético, isobutírico e butírico para a dieta comercial A em relação à dieta comercial B com níveis nutricionais mais elevados. A suplementação enzimática não alterou ( $P > 0,05$ ) a concentração dos AGCC.

Os AGCC são metabólitos microbianos produzidos como resultado da fermentação de carboidratos e proteínas no intestino. Um dos papéis principais desses metabólitos é reduzir o pH intestinal, e, conseqüentemente, inibir o crescimento e a colonização de bactérias patogênicas. Além disso, outras funções desses metabólitos incluem proliferação e diferenciação dos enterócitos e produção de mucina (SUIRYANRAYNA e RAMANA, 2015).

Existem alguns membros da comunidade microbiana associada à mucosa que são considerados especialmente cruciais para um estado saudável do intestino. Essas bactérias produzem ácidos graxos de cadeia curta, como ácido acético, propiônico e

butírico, durante o processo de fermentação dos carboidratos da dieta. A produção de butirato próximo às células epiteliais e em estreita associação com patógenos invasores promove o desenvolvimento e a recuperação das vilosidades, estimulando a expressão das proteínas das *tigh junctions*, além de limitar a invasão de patógenos como *E. coli* e *Salmonella* e promover efeitos benéficos sobre o ecossistema microbiano, o que contribui positivamente com a saúde intestinal. Pelo contrário, bactérias dessulfatadoras de mucina e redutores de sulfato produzem sulfeto de hidrogênio, o que aumenta alguns patógenos e causa danos aos tecidos intestinais.

A manipulação dietética da composição da microbiota do trato gastrointestinal representa uma ferramenta atraente para melhorias na saúde intestinal e promover o desempenho dos animais (YEOMAN e WHITE, 2014).

As intervenções nos níveis nutricionais das dietas devem ser projetadas para também promover condições no trato gastrointestinal que criem e mantenham um equilíbrio entre o hospedeiro e a microbiota, além de otimizar o desempenho produtivo e a redução de custos de produção. Portanto, uma questão crítica que precisa ser respondida para avançar a compreensão da ecologia intestinal é “quais são os componentes dietéticos e seus níveis que influenciam a composição da microbiota, seus metabólitos e a relação com a mucosa intestinal?” (YEOMAN e WHITE, 2014; CELI et al., 2017).

Embora esteja claro que o fornecimento de uma dieta que não forneça quantidades adequadas de nutrientes essenciais pode influenciar a competência imune do trato gastrointestinal e a homeostase imune (VAN DER MEER et al., 2016). Assim, estudos visando a modificação da composição e o metabolismo da microbiota (YEOMAN e WHITE, 2014) devem incluir a influência do excesso de nutrientes. Essa é uma questão crucial que precisa ser abordada para aprimorar o conhecimento em imunomodulação dietética.

TABELA 11 - Determinação da concentração de Ácidos Graxos de Cadeia Curta (mmol/kg) do conteúdo cecal de frangos de corte recebendo dietas formuladas com carboidrases

Tratamentos		Acético	Propanóico	Isobutírico	Butírico
Dieta	A	52,409a	5,401	1,037a	10,376 <sup>a</sup>
Comercial	B	44,492b	4,745	0,780b	7,755b
Complexo	Sem	49,256	4,856	0,863	9,165
Enzimático	Com	47,645	5,290	0,955	8,967
CV (%)		26,08	23,32	42,52	21,74
Dieta comercial (DC)		0,0198	0,2483	0,0129	0,0057
Complexo enzimático (CE)		0,6271	0,5967	0,3645	0,8204
DC x CE		0,9492	0,0330	0,0938	0,6787

A avaliação do rendimento absoluto e relativo da carcaça e cortes comerciais (TABELA 12) mostrou diferença ( $p > 0,05$ ) significativa apenas para o rendimento de pernas. A suplementação das dietas com complexo enzimático independentemente do tipo de dieta comercial utilizada resultou em maior rendimento de pernas. Observou-se também interação significativa entre as dietas comerciais e a inclusão do complexo enzimático às dietas. No desdobramento da interação (TABELA 13) pode ser observado que a dieta comercial A e acrescida do complexo enzimático resultou em uma menor deposição de gordura, tanto para o peso absoluto quanto para o peso relativo. Por outro lado, dietas sem a inclusão de enzimas, mostram menor deposição de gordura, quando utilizada dieta comercial B com níveis nutricionais mais elevados. Já dietas elaboradas com níveis nutricionais recomendados e acrescidas de complexo enzimático, resultaram em aumento do peso relativo da gordura.

Esse resultado está em consonância com o observado para os valores de EMA e AMAn (TABELA 10). O aumento observado na deposição de gordura pode ser atribuído ao aumento de disponibilidade de nutrientes pelas carboidrases suplementadas na dieta e às características de crescimento das atuais linhagens de frangos de corte. As aves vem sendo constantemente melhoradas geneticamente para aumentar o ganho de peso corporal, a eficiência alimentar, a taxa de crescimento e o peso do peito para atender aos requisitos dos consumidores (WANG et al., 2012), entretanto, essas características são acompanhadas pela maior deposição de gordura corporal em comparação com as linhas não selecionadas (BAÉZA e LE BIHAN-DUVAL, 2013).

A deposição excessiva de gordura é uma característica desfavorável para produtores e consumidores, pois é considerada desperdício de energia e proteína na dieta e um resíduo com baixo valor econômico, o que também reduz o rendimento da carcaça e afeta a aceitação do consumidor. Além disso, os frangos de corte contêm 15% a 20% de gordura e mais de 85% dessa gordura não é fisiologicamente necessária para as funções metabólicas orgânicas (FOUAD e EL-SENOUSEY, 2014).

A exemplo desse trabalho, outros autores também não observaram melhorias no rendimento de carcaça e de cortes comerciais em dietas suplementadas com complexos enzimáticos (WEST et al., 2007; IWAHASHI et al., 2011).

Tabela 12 - Peso absoluto (kg) e relativo (%) da carcaça e dos cortes comerciais de frangos de corte recebendo dietas formuladas com carboidrases

Tratamento		Carcaça	Peito	Pernas	Asas	Gordura		
Absoluto (kg)	Dieta Comercial	A	2,950	1,140	0,930	0,280	0,075	
		B	2,974	1,149	0,941	0,282	0,068	
	Complexo Enzimático	Sem	2,982	1,157	0,932	0,284	0,072	
		Com	2,942	1,132	0,940	0,278	0,071	
	CV (%)		7,76	9,57	8,40	8,06	21,64	
	Dieta comercial (DC)		0,5225	0,6089	0,3913	0,7251	0,0089	
	Complexo enzimático (CE)		0,2872	0,1558	0,5195	0,1120	0,5676	
	DC x CE		0,3147	0,1000	0,6666	0,8026	0,0064	
	Relativo (%)	Dieta Comercial	A	81,70	38,62	31,55	9,51	2,54
			B	81,96	38,62	31,66	9,47	2,30
Complexo Enzimático		Sem	81,77	38,78	31,26b	9,53	2,43	
		Com	81,88	38,46	31,95a	9,46	2,41	
CV (%)			1,69	4,74	4,16	4,55	20,30	
Dieta comercial (DC)			0,2514	0,9907	0,5831	0,6107	0,0033	
Complexo enzimático (CE)			0,6230	0,2811	0,0016	0,3346	0,7742	
DC x CE			0,2588	0,0702	0,3160	0,1485	0,0016	

Tabela 13 - Peso absoluto (kg) e relativo (%) da carcaça e dos cortes comerciais de frangos de corte recebendo dietas formuladas com carboidrases

		Gordura (kg)		
		Sem Enzima	Com Enzima	P valor
Dieta comercial	A	0,079aA	0,071B	0,0192
	B	0,065b	0,071	
	P valor	0,0002	0,9363	
		Gordura (%)		
Dieta comercial	A	2,68aA	2,40B	0,0141
	B	2,18bB	2,42 <sup>a</sup>	
	P valor	0,0001	0,8726	

Medias com diferentes letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha diferem significativamente ( $P < 0,05$ ).

A suplementação das dietas de frangos de corte com complexos enzimáticos compostos por carboidrases e fitases de nova geração, com um amplo espectro de atuação e estabilidade, possibilita aumentar a taxa de digestibilidade dos alimentos, reduzir a necessidade de utilização de ingredientes não renováveis, como fontes minerais tais como fosfato e calcário e a utilização de maiores quantidades de ingredientes antes restritos devido à baixa digestibilidade ou presença de fatores antinutricionais. Todos esses aspectos positivos, contribuem com a redução do impacto ambiental gerado pela produção animal, considerando que o aumento do volume de produção de carne e ovos para um mesmo sistema/período gerado seja

dividido por um volume maior de alimento produzido, além da redução do custo unitário por kg de alimento (CELI et al., 2017).

Atualmente, a utilização do termo “sustentabilidade” tem se tornado cada vez mais frequente. Isso se deve à uma preocupação cada vez maior dos consumidores com o meio ambiente e a preocupação de que forma seu consumo acaba impactando o planeta. Como consequência dessa pressão exercida por consumidores, entidades organizadas e governos; as empresas de nutrição animal e as agroindústrias passaram a buscar alternativas e programas específicos de responsabilidade socioambiental para melhor entender seu sistema de produção e adequá-lo à demanda dos clientes. Nesse cenário, as enzimas, podem ser consideradas importantes ferramentas de atendimento dessas demandas.

## **CONCLUSÃO**

A suplementação de carboidrases em dietas comerciais com níveis nutricionais mais elevados proporcionou uma melhora nos parâmetros zootécnicos das aves ao final da primeira semana.

A suplementação de carboidrases em dietas comerciais melhorou a conversão alimentar de 1 – 35 dias de idade melhorou os valores de energia metabolizável das dietas e diminuiu a deposição de gordura na carcaça das aves. A suplementação de carboidrases em dietas comerciais não alterou a morfometria e a concentração de ácidos graxos de cadeia curta intestinal.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A suplementação enzimática para aves evoluiu nos últimos anos para uma ciência mais precisa, com base no aumento do conhecimento dos componentes antinutricionais dos alimentos utilizados. Os fatores antinutricionais contidos nas dietas à base de milho e farelo de soja parecem ser reduzidos pelas enzimas exógenas adicionadas às dietas, tornando os nutrientes que não seriam utilizados acessíveis a absorção intestinal das aves. As carboidrases incluídas na alimentação tem demonstrado melhorar o desempenho zootécnico e aumentar a digestibilidade dessas dietas pelas aves. Vale ressaltar que as enzimas exógenas podem atuar melhorando o aproveitamento de nutrientes, desde que estes estejam presentes nos ingredientes que compõem as dietas para aves. As metodologias utilizadas para avaliar a digestibilidade de nutrientes e a utilização da energia também podem influenciar os resultados quando enzimas são suplementadas em dietas. Portanto, deve-se buscar um maior conhecimento sobre outros fatores que também exercem influência nas respostas, como atividade enzimática e a presença de substrato ou composição dos ingredientes utilizados nas formulações.

Embora os benefícios econômicos e sociais das enzimas tenham sido estabelecidos e o futuro das enzimas seja contribuinte, são necessárias mais pesquisas para que as enzimas atinjam todo o seu potencial para determinar a concentração ideal de cada enzima ao seu substrato.

## 6. REFERÊNCIAS

ADEOLA O. & COWIESON A.J. **Opportunities and challenges in using exogenous enzymes to improve non-ruminant animal production.** J Anim Sci c. 89, p. 3189–3218, 2011.

ADEOLA, O.; JENDZA, J. A.; SOUTHERN, L. L.; POWELL, S; & OWUSU-ASIEDU, A. **Contribution of exogenous dietary carbohydrases to the metabolizable energy value of corn distillers grains for broiler chickens.** Poultry Science, c. 89, p.1947-1954, 2010.

BAÉZA, E. AND E. LE BIHAN-DUVAL **Chicken lines divergent for low or high abdominal fat deposition: A relevant model to study the regulation of energy metabolism.** Animal 7:965-973, 2013

BARBOSA, N.A.A. **Avaliação de aditivos em dietas de frangos de corte.** Tese. Universidade Estadual Julio de Mesquita Filho – UNESP, Jaboticabal – SP, p. 190, 2009.

BEDFORD, M.R. **Mechanisms of action and potential nutritional benefits from feed enzymes.** In: PFIZER. **Feed enzymes- realizing their potential in corn/soya based poultry diets,** Atlanta, GA: Pfizer, p.12-26, 1998.

BOEKHOLT, H.; P.H. VAN DER GRINTEN, VVAM.; SCHREURS, M.; LOS, J.N.; LEFFERING, C.P. **Effect of dietary energy restriction on retention of protein, fat and energy in broiler chickens.** British Poultry Science. 35:603–614, 1994.

CAMPESTRINI E., SILVA V.T.M. & APPELT M.D. **Utilização de enzimas na alimentação animal.** Rev. Eletrônica Nutritime v. 2, c. 6, p. 254-267, 2005.

CARDOSO, D.M.; MACIEL, M.P.; PASSOS, D.P.; SILVA, F.V.; REIS, S.T.; AIURA, F.S. **Efeito do uso de complexo enzimático em rações para frangos de corte.** Arch. Zootec. 60 (232): p. 1053-1064, 2011.

CARVALHO, J.C.C.; BERTECHINI, A.G.; FASSANI, E.J.; RODRIGUES, P.B.; PEREIRA, R.A.N. **Desempenho e características de carcaça de frangos de corte alimentados com dietas à base de milho e farelo de soja suplementadas com complexos enzimáticos.** R. Bras. Zootec., v.38, n.2, p. 292-298, 2009.

CELI P, A.J.; COWIESONB, F.; FRU-NJIB, R.E.; STEINERTC, A.; KLUENTERB, M.; VERLHACD V. **Gastrointestinal functionality in animal nutrition and health: New opportunities for sustainable animal production.** Animal Feed Science and Technology 234, p .88–100, 2017.



CHEN, H. H.; CHEN, Y. K.; CHANG, H. C.; and LIN, S.Y. **Immunomodulatory effects of xylooligosaccharides**. Food Sci. Technol. Res. v.18, p.195–199, 2012.

FOUAD, A.M, EL-SENOUSEY, , H. K. .**Nutritional Factors Affecting Abdominal Fat Deposition in Poultry: A Review**. Asian Australas. J. Anim. Sci. Vol. 27, No. 7 : 1057-1068 July 2014.

GARCIA, E.M. et al. **Efeito da suplementação enzimática em rações com farelo de soja e soja integral extrusada sobre a digestibilidade de nutrientes, o fluxo de nutrientes na digesta ileal e o desempenho de frangos**. Revista Brasileira de Zootecnia, v.29 n.5. p.1414-1426, 2000.

GARCIA M.I.; ARANÍBAR M.J.; LÁZARO R.; MEDEL P. & MATEOS G.G. 2003.  **$\alpha$ -Amilase supplementation of broiler diets based on corn**. Poultry Sci, c. 82, p. 36-442, 2003.

IWAHASHI, A.S.; FURLAN, A.C.; SCHERER, C.; et al. **Utilização de complexo enzimático em rações para codornas de corte**. Acta Scientiarum. Animal Sciences. Maringá, v. 33, n. 3, p. 273-279, 2011.

KISIELINSKI, K.; WILLIS, S.; PRESCHER, A.; KLOSTERHALFEN, B.; SCHUMPELICK, V. **A simple new method to calculate small intestine absorptive surface in the rat**. Clinical and Experimental Medicine, v. 2, n. 3, p. 131-135, 2002.

LEDUR, V.S. **Desempenho e metabolizabilidade em frangos de corte alimentados com dietas contendo farelo de arroz e complexo enzimático**. Dissertação de Mestrado em Zootecnia- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, p. 73, 2011.

LESKE, K. L.; JEVNE, C. J.; & COON, C. N; **Effect of oligosaccharide additions on nitrogen-corrected true metabolizable energy of soy protein concentrate**. *Poult. Sci.*, c. 72, p. 664-668, 1993.

LI, Q.; GABLER, N.C.; LOVING, C.L.; GOULD, S.A.; PATIENCE, J.F. **A dietary carbohydrase blend improved intestinal barrier function and growth rate in weaned pigs fed higher fiber diets**. J. Anim. Sci. 96:5233–5243, 2018.

LIMA, F. R. **Aditivos zootécnicos: enzimas**. In: PALERMO NETO, J.; SPINOSA, H. S.; GÓRNIAC, S. I. **Farmacologia aplicada à avicultura**. São Paulo: ROCA, p. 239-248, 2005.

RAZA, A; BASHIR, S.; TABASSUM, R. An update on carbohydrases: **growth performance and intestinal health of poultry**. Heliyon, Volume 5, Issue 4,01437, 2019.

SAKOMURA, N. K.; BARBOSA, N. A. A.; DOURADO, L. R. B. **Enzimas na Nutrição de Monogástricos**. In: SAKOMURA, N. K., SILVA, J. H. V., COSTA, F.

SUIRYANRAYNA; M.V.A.N., RAMANA, J.V. **A review of the effects of dietary organic acids fed to swine**. J. Anim. Sci. Biotechnol. P. 6, 45, 2015. DOI 10.1186/s40104-015-0042-z

G. P., FERNANDES, J. B. K., HAUSCHILD, L. **Nutrição de Não Ruminantes**, 1ed, p. 677, 2014.

SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal: Funep, 1. ed, 2007.

SAS INSTITUTE INC. **SAS System for Microsoft Windows**, Release 6.12. Cary. NC,. USA, 2002

SORBARA, J.O.B.; MURAKAMI, A.E.; NAKAGE, E.S.; PIRACÉS, F.; POTENÇA, A.; LACHINSKI, R.; GUERRA, H. **Enzymatic programs for broilers**. Braz. Arch. Biol. Technol. v.52 n. special: p.233-240, 2009.

TORRES, M.D.; et al. **Dietas a base de milho e farelo de soja suplementadas com enzimas na alimentação de frangos de corte**. Revista Ciência Agrotecnológica, v.27, n.1 p.199-205, 2003

VARASTEGANI A.; and DAHLAN I. **Influence of Dietary Fiber Levels on Feed Utilization and Growth Performance in Poultry**. Journal of Animal Production Advances, v. 4, c. 6, p. 422-429, 2014.

WANG, S. Z., X. X. HU, Z. P. WANG, X. C. LI, Q. G. WANG, Y. X. WANG, Z. Q. TANG, AND H. LI. **Quantitative trait loci associated with body weight and abdominal fat traits on chicken chromosomes 3, 5 and 7**. Genet. Mol. Res. 11, p. 956-965, 2012

WEST, M. L.; CORZO, A.; DOZIER, W. A. III; BLAIR, M. E.; KIDD, M. T. **Assessment of dietary rovbio excel in practical United States broiler diets**. Journal of Applied Poultry Research, v. 16, n. 3, p. 313-321, 2007.

WEALLEANS, A.L.; WALSH, M.C.; ROMERO, L.F.; RAVINDRAN, V. **Comparative effects of two multi-enzyme combinations and a Bacillus probiotic on growth performance, digestibility of energy and nutrients, disappearance of non-starch polysaccharides, and gut microflora in broiler chickens**. Poultry Science 0:1–11, 2017.

YEOMAN, C.J.; WHITE, B.A. **Gastrointestinal tract microbiota and probiotics in production animals**. Annu. Rev. Anim. Biosci. v. 2, p. 469–486, 2014.

ZANELLA, I.; SAKAMURA, N. K.; SILVERSIDES, F. G.; FIGUEIREDO, A.; PACK, M.  
**Effect of enzyme supplementation of broiler diets based on corn and soybean.**  
Poultry Science, Champaign, v. 78, p.561-568, 1999.