

**USO DE COMPLEXO ENZIMÁTICO EM
RAÇÕES FARELADAS E PELETIZADAS
PARA FRANGOS DE CORTE**

RENATA MARA DE SOUZA

2005

RENATA MARA DE SOUZA

**USO DE COMPLEXO ENZIMÁTICO EM RAÇÕES FARELADAS E
PELETIZADAS PARA FRANGOS DE CORTE**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte da exigência do Programa de Pós-graduação em Zootecnia, área de concentração em Nutrição de Monogástricos, para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientador

Prof. Antônio Gilberto Bertechini

**LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2005**

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Souza, Renata Mara de

Uso de complexo enzimático em rações fareladas e peletizadas para frangos de corte / Renata Mara de Souza. -- Lavras : UFLA, 2005.
59 p. : il.

Orientador: Antônio Gilberto Bertechini.
Dissertação (Mestrado) – UFLA.
Bibliografia.

1. Frango. 2. Ração. 3. Complexo enzimático. 4. Peletização. 5. Morfometria. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD - 636.50855
- 636.513

RENATA MARA DE SOUZA

**USO DE COMPLEXO ENZIMÁTICO EM RAÇÕES FARELADAS E
PELETIZADAS PARA FRANGOS DE CORTE**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte da exigência do Programa de Pós-graduação em Zootecnia, área de concentração em Nutrição de Monogástricos, para a obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 01 de Agosto de 2005

Prof. Édison José Fassani - UNIFENAS

Prof. José Cleto da Silva Filho - DZO/UFLA

Prof. Paulo Borges Rodrigues - DZO/UFLA

**Prof. Antônio Gilberto Bertechini
UFLA
(Orientador)**

**LAVRAS
MINAS GERAIS-BRASIL**

Aos meus pais Tarcísia e Mizael
pelo exemplo que são de família e humildade

DEDICO

Aos meus queridos sobrinhos Narjara, Érica, Débora,
Ana Luíza, Cecília, Laura,
Pedro e Júlia,
por fazerem meus dias mais felizes

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A Deus e a Nossa Senhora pela luz e proteção.

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Zootecnia pela oportunidade de realização do curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Professor Antônio Gilberto Bertechini pela orientação, amizade, paciência e ensinamentos.

Aos Professores Raimundo Vicente de Sousa, Paulo Borges Rodrigues e Elias Tadeu Fialho pelas sugestões e incentivo durante o curso.

À Indústria e Comércio Uniquímica Ltda pela doação do complexo enzimático e pela viabilização deste trabalho.

À minha mãe pelo amor, dedicação, compreensão, incentivo e orações.

Ao meu irmão Raimundo pela presença segura e amiga em todas as etapas da minha vida.

Aos meus irmãos Regina, Renato, Rui e Ricardo pelo carinho e confiança.

A toda minha família pelo apoio e compreensão nos vários momentos de ausência.

Aos amigos da pós-graduação Adriano Geraldo, Reinaldo Kato, Jerônimo Brito, Júlio Carvalho e Rodrigo Vieira pela ajuda incansável no experimento, acolhida e amizade que permanecerá.

Aos estudantes Gislene, Lívy, Pedro, Henrique, Juliana, Fabrício, Hélsio, Augusta e Ana Luíza pelos saudáveis mutirões cooperativos, sem os quais nada teria sido possível.

Ao Jorge Pereira pela amizade e dedicação durante a condução do experimento.

Aos amigos que a distância não separou Maurício, Sandra, Marta, Tatiana, Elayna, Rafaela, Regina, Marcelle, Felipe, Michelle, Apolliane, Alessandra, Antonieta e Maju pela força.

A todos os colegas da Pós-graduação pela agradável convivência e pelos momentos de alegria.

Às colegas de república Luciana, Camila, Paula e Larissa pela amizade.

À amiga Maria Emília Godoy pela companhia, paciência e amizade.

Aos funcionários do Departamento de Zootecnia Keila, Márcio, José Virgílio, Suelba, Pedro e Carlos pelo apoio.

Aos funcionários do DMV, Marcos Antônio Machado e Willian César Cortez, pelo apoio e amizade.

Ao Professor do Setor de Patologia do Departamento de Medicina Veterinária Pedro Soares Bezerra Júnior e ao funcionário José Rodrigues Alves Almeida Silva pela orientação e auxílio na confecção das lâminas histológicas.

À Professora do Departamento de Biologia Giovana Augusta Torres pelo microscópio gentilmente cedido para leitura das lâminas histológicas.

A todos que os que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO	i
ABSTRACT	iii
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 Características das enzimas	3
2.2 Obtenção das enzimas utilizadas na alimentação animal.....	4
2.3 Efeito das temperaturas de peletização	5
2.4 Utilização de enzimas exógenas nas rações avícolas.....	8
2.5 Polissacarídeos não amiláceos	11
2.6 Fatores que influenciam a digestibilidade dos nutrientes em aves	15
2.6.1 Efeitos das enzimas exógenas sobre a digestibilidade dos nutrientes.....	17
2.6.2 Efeitos das enzimas exógenas sobre o desempenho de frangos de corte...	19
3 MATERIAL E MÉTODOS	22
3.1 Época de realização dos experimentos	22
3.2 Complexo multienzimático.....	22
3.3 Experimento I	22
3.3.1 Tratamentos e rações experimentais	22
3.3.2 Aves, instalações e manejo	24
3.3.3 Delineamento experimental e análise estatística.....	25
3.4 Experimento II	27
3.4.1 Tratamentos e rações experimentais	27
3.4.2 Aves, instalações e manejo	27
3.4.3 Delineamento experimental e análise estatística.....	28
3.5 Peletização	28
3.6 Desempenho.....	29
3.7 Características de carcaça	29
3.8 Morfometria intestinal	30
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
4.1 Ensaio de desempenho	31
4.1.1 Consumo de ração.....	32
4.1.2 Ganho de peso.....	36
4.1.3 Conversão alimentar	38
4.2 Características de carcaça	40

4.3 Morfometria intestinal	43
4.4 Energia metabolizável verdadeira (EMV)	46
5 CONCLUSÕES	49
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	50
ANEXO	57

RESUMO

SOUZA, Renata Mara de. **Uso de complexo enzimático em rações fareladas e peletizadas para frangos de corte.** 2005. 59 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.¹

Dois experimentos foram conduzidos para avaliar os efeitos da suplementação enzimática em rações de frangos de corte à base de milho e farelo de soja sob duas formas físicas (farelada e peletizada) sobre desempenho, características de carcaça, morfometria intestinal e digestibilidade dos nutrientes. Os tratamentos constituíram-se de rações à base de milho e farelo de soja sem adição de enzimas ou com 200 ou 400 g de enzimas por tonelada de ração e em duas formas físicas (farelada e peletizada). Dois tratamentos adicionais foram constituídos da ração basal com energias do milho e farelo de soja valorados em 2 e 9%, respectivamente, e digestibilidade de aminoácidos em 4% para ambos ingredientes. Foram avaliados dois períodos, um de 1 a 21 dias e outro de 1 a 42 dias de idade das aves. O consumo de ração diminuiu de maneira linear ($P < 0,05$) com o aumento dos níveis de suplementação nos dois períodos avaliados. A ração peletizada proporcionou melhor ganho de peso no período de 1 a 21 dias ($P < 0,05$). Houve interação significativa ($P < 0,05$) entre suplementação e forma física para o ganho de peso no período de 1 a 42 dias. A ração peletizada sem enzima foi a que proporcionou melhor ganho de peso ($P < 0,05$). Houve aumento linear ($P < 0,05$) no ganho de peso no período de 1 a 42 dias nas aves alimentadas com os diferentes níveis de enzimas. A suplementação enzimática proporcionou melhoria na conversão alimentar no período de 1 a 21 dias ($P < 0,05$). De 1 a 42 dias houve interação significativa ($P < 0,01$) entre nível de suplementação e forma física, sendo a ração peletizada sem adição de enzimas a que proporcionou melhor conversão alimentar ($P < 0,05$). Ocorreu melhoria linear ($P < 0,05$) na conversão alimentar nos dois períodos avaliados com o aumento dos níveis de suplementação. A forma física da ração influenciou o rendimento de carcaça, o qual foi maior nas aves alimentadas com ração peletizada. O teor de gordura abdominal aumentou linearmente com o aumento dos níveis de suplementação ($P < 0,05$). Ocorreram efeitos lineares para altura de vilosidade e profundidade de cripta ($P < 0,05$) com o aumento dos níveis de suplementação. A altura de vilosidade aumentou linearmente ($P < 0,05$) e a profundidade de cripta diminuiu ($P < 0,05$) de forma linear. Ocorreu um aumento linear na energia metabolizável

¹ Comitê Orientador: Antônio Gilberto Bertechini - UFLA (Orientador); Raimundo Vicente de Sousa - UFLA; Paulo Borges Rodrigues - UFLA.

verdadeira (EMV) das rações à medida que se aumentou o nível de suplementação enzimática ($P < 0,05$). Os contrastes feitos entre os tratamentos com rações basais normais versus as valoradas não apresentaram diferenças significativas ($P > 0,05$). Conclui-se que a suplementação enzimática, em ração a base de milho e farelo de soja melhorou o desempenho dos frangos de corte e a energia metabolizável verdadeira das rações. A estabilidade do complexo enzimático em rações peletizadas é influenciada pelo processo de peletização. O aumento das vilosidades e a diminuição da profundidade de cripta no jejuno das aves favoreceram a melhoria da digestibilidade dos nutrientes. As energias metabolizáveis do milho e do farelo de soja podem ser valoradas em 2 e 9%, respectivamente, e a digestibilidade de aminoácidos, em 4%, sem afetar o desempenho.

ABSTRACT

SOUZA, Renata Mara de. **Use of enzyme complex in mash and pelleted diets for broiler chickens.** 2005. 59 p. Dissertation (Master in Animal Science) - Federal University of Lavras, Lavras, Minas Gerais, Brazil.¹

Two experiments were conducted to evaluate the effects of enzyme supplementation in broilers chicken diets based on corn and soybeans in two physical forms (mash and pelleted) on performance, carcass characteristics, intestinal morphometry and nutrient digestibility. The treatments consisted of corn-and soybean-based diets without addition of enzymes or with 200 or 400 g of enzymes per ton of diet in two physical forms (mash and pelleted). Two additional treatments were constituted of the basal diet with energies of corn and soybean improved by 2 and 9 % respectively and digestibility of amino acids by 4% for both ingredients. Two periods were evaluated, one of 1 to 21 days and the other of 22 to 42 of age of the birds. Feed intake decreased in a linear manner ($P < 0.05$) with increasing levels of supplementation in the two periods evaluated. The pelleted diet provided best weight gain in the periods of 1 to 21 days ($P < 0.05$). There was a significant interaction ($P < 0.05$) between supplementation and physical form for weight gain in the period of 1 to 42 days. The pelleted diet without any enzyme was the one which provided better weight gain ($P < 0.05$). There was a linear effect ($P < 0.05$) in weight gain in the 1 to 42 in the fed different levels of enzymes. Enzyme supplementation provided improvement in feed conversion in the period of 1-21 days ($P < 0.05$). From 1 to 42 days, there was a significant interaction ($P < 0.01$) between level of supplementation and physical form, the mash diet without the addition of enzymes being the one which provided best feed conversion ($P < 0.05$). Linear improvement ($P < 0.05$) in feed conversion in the two periods evaluated with increase of the levels of supplementation. The content of animal fat increased linearly with the increase of the levels of supplementation. Linear effects occurred for villus height and crypt depth ($P < 0.05$) with the increase of the levels of supplementation. Villus height increased ($P < 0.05$) and crypt depth decreased ($P < 0.05$) in a linear form. A linear increase occurred in true metabolizable energy (TME) of the diets as the level of enzyme supplementation ($P < 0.05$) was increased. The contrasts done among the treatments with normal basal versus the improved diets showed no significant differences ($P > 0.05$). It follows that enzyme supplementation in diets based on corn and soybean meal

¹ Guidance committee: Antônio Gilberto Bertechini - UFLA (Adviser); Raimundo Vicente de Sousa - UFLA; Paulo Borges Rodrigues - UFLA

improved broiler chickens' performance and the true metabolizable energy of the diets. The stability the enzyme complex in pelleted diets is influenced by the pelleting process. The increase of the villi and decrease of the crypt depth in the birds' jejunum favored the improved digestibility of nutrients. The true metabolizable energy of corn and soybean meal may be improved by 2 and 9 % and aminoacid digestibility by 4% without affecting performance.

1 INTRODUÇÃO

A avicultura de corte é um segmento da agropecuária que tem evoluído muito nos últimos anos. Trata-se de um setor muito importante na produção de alimentos de alto valor biológico em pouco tempo e com custos mínimos para a alimentação humana. Este fato se deve, sobretudo, aos avanços no manejo, ao melhoramento genético e à nutrição das aves. A formulação de uma ração que atenda às exigências nutricionais dos animais otimizando custos, é de fundamental importância para o êxito desta atividade, uma vez que a alimentação representa a maior parte dos custos na produção avícola.

As rações para frangos de corte no Brasil são basicamente compostas por milho e farelo de soja como principais ingredientes, sendo aproximadamente 60% constituídas por milho, o qual contribui com 65 % da energia metabolizável e 22% da proteína. O farelo de soja complementa nutricionalmente essas rações.

A utilização dos nutrientes contidos no milho, por frangos de corte, é considerada alta. Entretanto, o farelo de soja contém substâncias antinutricionais importantes, como os polissacarídeos não amiláceos (PNAs).

Os efeitos benéficos de enzimas exógenas derivadas de microorganismos, melhorando a digestibilidade dos nutrientes para aves, são bem estabelecidos. Porém, a maioria das pesquisas é feita com base no uso destas enzimas em rações contendo nutrientes com altas quantidades de polissacarídeos não amiláceos, como cevada, farelo de trigo e farelo de arroz.

Pesquisas utilizando enzimas exógenas em rações à base de milho e farelo de soja são direcionadas para um melhor aproveitamento dos ingredientes contidos nestes ingredientes, principalmente os PNAs.

Existem, todavia, alguns fatores limitantes na adição de enzimas para aves. As condições de processamento dos alimentos, como a peletização,

armazenamento, temperatura, umidade, tempo e pressão, podem comprometer a utilização de enzimas na dieta.

Desse modo, o presente trabalho foi conduzido para determinar o efeito do complexo enzimático Endopower β^{\circledR} , composto de α -galactosidase, galactomanase, xilanase e β -glucanase sobre desempenho, características de carcaça, morfometria do trato digestório e energia metabolizável verdadeira de frangos de corte alimentados com rações à base de milho e farelo de soja sob duas formas físicas (peletizada e farelada).

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Características das enzimas

As enzimas são as proteínas mais notáveis e altamente especializadas. Elas têm eficiência catalítica extraordinária e um alto grau de especificidade por seus substratos. Aceleram reações químicas específicas e funcionam em soluções aquosas e em condições específicas de temperatura e pH. Classificam-se com base nas reações que catalisam. Algumas enzimas são proteínas simples, outras conjugadas, e contêm grupos prostéticos constituídos por íons metálicos, por coenzimas ou por ambos (Lehninger, 1995).

Além da atividade catalítica, as enzimas podem ser caracterizadas por propriedades físicas e químicas como solubilidade, mobilidade eletroforética, número de cadeias polipeptídicas, coeficiente de sedimentação, massa molecular, composição de aminoácidos, seqüência peptídica, estrutura secundária, ternária e, eventualmente quaternária.

A estrutura molecular das enzimas é bastante frágil e pode ser desnaturada pelo calor, pelos ácidos, pelas vitaminas, pelos minerais, pelos metais pesados e por outros agentes oxidantes - a maioria usualmente encontrada nos suplementos das rações. Por essa razão, existe a preocupação de que as enzimas utilizadas na alimentação animal possam manter nível de atividade suficiente para se obter resposta significativa (Classen et al., 1991).

Segundo o FEENNFEDS INTERNATIONAL (1991) citado por Tejedor (2000), as enzimas industriais devem ser estáveis durante o armazenamento; compatíveis com minerais, vitaminas e outros microingredientes encontrados no premix; termoestáveis a todas as temperaturas

encontradas durante o processo de produção do alimento; e resistentes a variações de pH e atividade proteolítica no trato digestivo do animal.

2.2 Obtenção das enzimas utilizadas na alimentação animal

Nos últimos anos, a biotecnologia tem avançado muito no sentido de produzir moléculas importantes para serem utilizadas nos diversos segmentos da produção animal. Neste contexto, as enzimas têm sido importantes na melhoria do aproveitamento dos nutrientes presentes nos ingredientes que constituem as rações.

As enzimas microbianas utilizadas na alimentação animal podem ser produzidas industrialmente por laboratórios especializados, por meio de culturas de microorganismos, sendo derivadas da fermentação fúngica, bacteriana e de leveduras.

A produção das enzimas exógenas digestivas consiste em um processo de fermentação, que é consequência da aplicação do inócuo (levedura) previamente preparado em laboratório sobre um substrato, sob condições ideais de ambiente que permitam o processo fermentativo. Ao final deste processo é realizada uma separação da biomassa com um posterior resfriamento, centrifugação e concentração. Por fim, são realizadas as etapas de filtração, padronização e controle de qualidade conforme a apresentação do produto: comercial, líquido ou sólido (Cowan, 1993).

As indústrias produtoras de enzimas comercializam enzimas específicas ou complexos multienzimáticos para serem adicionados em matérias-primas ou suplementados nas dietas, buscando melhorar o valor nutritivo.

As β -glucanases são produzidas a partir de *Bacillus circulans*, *Bacillus subtilis* e *Penicillium emersonii*. As galactosidases são obtidas a partir da

fermentação de *Aspergillus niger*, *Aspergillus oryzae* e *Trichoderma reesei* (Vanbelle, 1992, citado por Borges, 1997).

As manases e galactomanases derivam da fermentação do *Bacillus lentus* e têm como principal função minimizar os efeitos negativos de dietas contendo galactomananos, como o farelo de soja (Daskiran, 2004).

A enzima xilanase é sintetizada a partir do *Trichoderma longibrachiatum* e atua rompendo as paredes celulares da fibra para liberar os xilo-oligômeros. A degradação das paredes celulares dos cereais permite uma maximização da ação enzimática endógena do animal sobre a degradação do amido, gordura e proteína, aumentando sua digestibilidade. Uma das características principais desta enzima é seu perfil amplo de atuação (pH 3,5-6,5), o que permite a ela agir do início do trato gastrointestinal até a digestão no final do íleo (Zanella, 1998).

2.3 Efeito das temperaturas de peletização

Existem alguns fatores limitantes à adição de enzimas para aves. As condições de processamento dos alimentos como peletização, armazenamento, temperatura, umidade, tempo e pressão, as condições de acidez no proventrículo, a proteólise intestinal e a consistência de resultados podem comprometer a utilização de enzimas na dieta dos animais (Tejedor, 2000).

Entre os fatores que mais podem interferir na ação das enzimas exógenas está a temperatura. Quando o alimento é submetido à temperatura elevada, esta promove uma desnaturação irreversível das enzimas, parcial ou total, e faz com que os animais não respondam à sua inclusão na dieta. Entre os tratamentos térmicos mais comumente empregados está a peletização (Penz Jr, 1998).

Segundo Moran (1987), o processo de peletização das dietas melhora a digestibilidade dos nutrientes pela ação mecânica, temperatura e umidade

utilizada no processo. Em relação aos carboidratos, a digestibilidade é aumentada, pois tal processo provoca um desagregamento dos grânulos de amilose e amilopectina, facilitando a ação enzimática.

Com relação ao desempenho de frangos de corte alimentados com ração peletizada, há uma série de trabalhos que demonstram um melhor desempenho através do emprego da peletização (Vargas et al., 2001).

No entanto, pesquisas têm mostrado que o aumento das temperaturas de peletização aumenta a viscosidade das dietas (Bustany, 1995; Graham & Indoor, 1993; Samarasinghe et al., 2000), piorando o ganho de peso e a conversão alimentar.

Segundo Graham et al. (1989), este efeito pode estar relacionado a um aumento da solubilidade do componente fibra das dietas.

O aumento da viscosidade das dietas pode ser minimizado pela adição de enzimas às rações. Porém, a suplementação enzimática deve levar em consideração a temperatura adequada para manter a estabilidade das enzimas, as quais agem numa faixa de temperatura específica. Temperaturas superiores às adequadas podem levar à inativação enzimática e, conseqüentemente, a resultados contrários aos esperados no desempenho dos animais quando se faz uso destes aditivos.

Uma alternativa seria a adição das enzimas após o processamento térmico. Este processo, todavia, demanda um custo operacional maior e sua eficiência não é bem estabelecida.

Simmons et al. (1990) verificaram que a atividade da fitase nas rações não foi afetada pelo condicionamento a 50°C e pela peletização a 78°C. No entanto, aumentos da temperatura de condicionamento e de peletização para 60° e 87°C, respectivamente, provocaram redução significativa na atividade da fitase.

Graham & Indorr (1993) realizaram experimento empregando diferentes temperaturas de peletização (75, 85 e 95°C) em dietas suplementadas ou não com enzima e verificaram aumento da viscosidade das dietas com aumento da temperatura concomitante à diminuição do ganho de peso e à piora da conversão alimentar. Os autores concluíram que temperaturas de peletização acima de 75°C podem prejudicar o desempenho das aves.

Bustany (1995) verificou interação significativa entre a suplementação enzimática e a forma física da dieta de frangos de corte. O efeito da suplementação enzimática foi efetivo nas dietas fareladas, o mesmo não ocorrendo nas rações de forma física peletizada. O autor sugere uma destruição da atividade enzimática no processo de peletização, indicando uma possível interação entre o efeito da suplementação enzimática e as temperaturas de peletização.

Samarasinghe et al. (2000) avaliaram a atividade de enzimas suplementadas a dietas à base de milho, farelo de soja e cevada submetidas à temperaturas de peletização de 60, 75 e 90°C. Verificaram que o aumento da temperatura de peletização aumentou a viscosidade da dieta das aves, entretanto a suplementação enzimática reverteu este efeito. A atividade da enzima celulase não teve sua atividade afetada à 60 e 75 °C , mas foi reduzida a 73%, à temperatura de 90°C. O consumo de ração e o ganho de peso não foram afetados pela peletização a 60 e 75°C. Portanto, a temperatura de peletização de 90°C afetou o desempenho das aves. A peletização reduziu a energia metabolizável em 3,2 % e a utilização de nitrogênio, em 4%, efeito compensado suplementação pela enzimática em 3,3% e 2,6 %, respectivamente.

Verifica-se, portanto, que temperaturas de peletização acima de 75°C podem resultar em uma resposta não satisfatória de frangos de corte alimentados

com rações suplementadas com enzimas, seja por uma possível destruição da atividade enzimática ou pelo aumento da viscosidade das dietas.

2.4 Utilização de enzimas exógenas nas dietas avícolas

O estudo das enzimas com o objetivo de melhorar o valor nutricional dos alimentos para aves teve início na década de 50, quando um grupo de pesquisadores da Universidade de Washington-USA passaram a investigar as razões do baixo desempenho e cama úmida, quando utilizavam determinados cereais, como cevada, centeio e trigo, nas dietas de frangos de corte. Os pesquisadores verificaram que quando os cereais eram umedecidos antes de serem fornecidos às aves, melhoravam o desempenho dos frangos o que poderia ser devido à liberação de enzimas dos cereais em decorrência do umedecimento e desencadearia uma pré-germinação da semente. Posteriormente, a equipe de pesquisadores verificou que o pré-umedecimento podia ser substituído pela adição de uma amilase microbiana. Na época, o alto custo para a produção e a baixa estabilidade desta enzima ao calor e às condições adversas no trato digestório, até atingir o substrato alvo, impediram a aplicação comercial desta descoberta (Grahm & Inborr, 1993 citado por Zanella, 1998).

As pesquisas foram se desenvolvendo concentradas principalmente no desenvolvimento de enzimas que pudessem melhorar o baixo desempenho e cama úmida de aves alimentadas com dietas contendo ingredientes com altos teores de polissacarídeos não amiláceos, como cevada, trigo e centeio, alimentos bastante utilizados na formulação de dietas na Europa e Estados Unidos.

O fato de as enzimas serem muito específicas na sua reação catalítica determina que os produtos que contenham só uma enzima sejam insuficientes para produzir máximo benefício como suplemento em dietas avícolas. Isto sugere que misturas de enzimas ou sistemas multienzimáticos sejam mais

efetivos, atuando sobre uma série de polissacarídeos da parede celular dos grãos, levando o melhor aproveitamento da dieta. Esses complexos seriam mais efetivos em frangos jovens (0 a 15 dias de idade) porque estes ainda não apresentam um desenvolvimento completo do sistema enzimático (Vanbelle, 1992, citado por Borges, 1997).

Segundo Bedford & Morgan (1996), a utilização de complexos enzimáticos em dietas com matérias-primas de alta viscosidade, como cevada, centeio, trigo e triticale, seria uma rotina na indústria avícola européia desde a década de 80, apresentando vantagens técnicas e econômicas.

Zanella (1998) relatou o desafio de se desenvolverem enzimas para dietas de baixa viscosidade (<10 centipoises), constituídas por milho, sorgo ou farelo de soja, que representariam as principais matérias-primas utilizadas nas dietas avícolas no Brasil.

Portanto, a utilização de enzimas carboidrases vem se acentuando, visando à utilização de alimentos que possuem altas quantidades de polissacarídeos não amídicos. A função destas enzimas seria de melhorar a energia metabolizável e diminuir a viscosidade da digesta, fator antinutritivo porque reduz a disponibilidade de todos os nutrientes.

Atualmente, já é realidade, no Brasil, a utilização de vários complexos enzimáticos derivados de fermentação microbiana para dietas de baixa viscosidade, à base de milho e farelo de soja. Com esses aditivos, objetiva-se a complementação das enzimas endógenas produzidas pelas aves, aumentando a digestibilidade dos componentes da fibra e melhorando também a digestibilidade dos demais nutrientes, resultando em melhoria do desempenho.

Nas dietas à base de milho e farelo de soja, os suplementos enzimáticos contêm geralmente amilases, proteases, xilanases, galactosidases e, em alguns casos, galactomanases.

Glicosidases específicas são usadas largamente em dietas de animais monogástricos contendo polissacarídeos não amiláceos. Estas enzimas ajudam na ruptura das paredes celulares dos grãos de cereais, facilitando a ação das enzimas endógenas digestivas. Estas enzimas agem também hidrolizando oligossacarídeos solúveis a compostos monoméricos (Chesson, 1993).

Nos cereais, o amido representa cerca de 55 a 70% de seu peso. Este se encontra sob a forma de grânulos de endosperma e se mantém estável graças a uma matriz proteica, constituída por glutamina e prolamina. O endosperma encontra-se envolvido por uma camada de células de paredes grossas, conhecida como aleurona, e é constituído por várias camadas de células dispostas de forma a proteger o grão. Em razão de as paredes celulares do pericarpo, aleurona e endosperma conterem celulose e polissacarídeos não amiláceos, as aves não possuem capacidade para digerir estes carboidratos (Bedford et al., 1991).

Coon (1996) citado por Bedford (2000) verificou que a eficiência do amido fermentado no intestino grosso é cerca de 50% em relação à absorção sob a forma de monossacarídeo (glicose) no intestino delgado.

A protease é sintetizada a partir do *Bacillus subtilis* (Borges, 1997). Segundo Garcia (2000), esta protease degrada proteínas da soja, especificamente as proteínas de armazenamento, como a conglicina e β -conglicina, e os fatores antinutricionais, inibidores de tripsina, lectinas e proteínas antigênicas.

Segundo Douglas et al. (2003), as enzimas galactosidases têm sido utilizadas em dietas para aves para melhorar a energia metabolizável do farelo de soja, hidrolizando os oligossacarídeos rafinose e estaquiase.

Segundo os mesmos autores, as aves não possuem a enzima endógena α -galactosidase.

A utilização de enzimas exógenas (carboidrases) vem aumentando, visando melhorar a energia metabolizável e diminuir a viscosidade da digesta de

aves alimentadas com dietas à base de alimentos contendo altas quantidades de polissacarídeos não amiláceos (PNAs) (Bedford, 2000).

A energia metabolizável do farelo de soja para aves é considerada baixa quando comparada à energia bruta. Esta baixa energia é devida somente à baixa digestibilidade da fração de carboidratos, como os oligossacarídeos estaquiose e rafinose. Estes oligossacarídeos não podem ser bem digeridos no intestino das aves porque as mesmas não possuem enzimas endógenas α -1,6 galactosidases (Parsons et al., 2000).

Segundo Coon et al. (1990), a remoção da estaquiose e rafinose do farelo de soja aumenta a energia metabolizável do farelo de soja, além de reduzir a taxa de passagem da digesta em 50%.

2.5 Polissacarídeos não amiláceos

Polissacarídeo é o nome dado às macromoléculas constituídas de um grande número de resíduos de monossacarídeos (unidade simples de açúcar) ligados por ligações glicosídicas. Os polissacarídeos constituídos de somente monossacarídeos são chamados de homopolissacarídeos. Similarmente, os polissacarídeos compostos de diferentes unidades monoméricas são ditos heteropolissacarídeos (IUPAC, 2005).

O amido apresenta dois polissacarídeos de comportamento físico-químico distinto, a amilose e a amilopectina. É o carboidrato de reserva dos vegetais e está presente, portanto, em grandes quantidades nos grãos de cereais utilizados na alimentação de aves e suínos.

As moléculas de glicose no amido estão unidas pelas ligações glicosídicas α -1,4 e α -1,6. Essas ligações e outras, como α -1,2, entre glicose e frutose na sacarose; β -1,4, entre glicose e galactose na lactose; e α -1,1 entre

unidades da glicose da trealose, são rompidas pelas enzimas endógenas das aves (Torres, 2003).

Os polissacarídeos não amiláceos (PNAs) são macromoléculas de polímeros de açúcares simples (monossacarídeos) resistentes à hidrólise no trato gastrointestinal de animais monogástricos devido ao tipo de ligações das unidades de açúcar.

Estes nutrientes têm sido recentemente foco de discussão em nutrição de monogástricos, o que se deve ao fato de que alguns polissacarídeos solúveis têm mostrado propriedades antinutritivas em rações para aves (Bedford & Classen, 1992; Choct & Annison, 1992; Choct et al., 1999).

Os polissacarídeos não amídicos solúveis (arabinoxilanos, D-xilanos, β -glucanos, D-mananos, galactomananos, xiloglucanos, raminogalacturonas e substâncias pécticas, entre outras) presentes nas dietas não são digeridos por suas ligações β não serem degradadas pelas enzimas endógenas das aves e ainda interferem na utilização de todos os nutrientes pela formação de gel e viscosidade da digesta. Eles também aprisionam sais biliares, reduzindo a emulsificação das gorduras (Torres, 2003).

Alguns polissacarídeos, quando dissolvidos em água, dão soluções viscosas. O processo que pode causar aumento da viscosidade é dependente da formação de junções entre as moléculas de polissacarídeos. A formação de gel pode ocorrer quando da interação de moléculas de polissacarídeos. Em função desta capacidade de interação com água, a capacidade de provocar viscosidade é maior nos polissacarídeos solúveis em água se comparados aos insolúveis. Polissacarídeos insolúveis são a xilose e os xilanos (Bedford, 2000).

De modo geral, a viscosidade da digesta reduz o contato entre os nutrientes e as secreções digestivas, a difusão e o transporte da digesta, das enzimas endógenas, e dos sais biliares e dos movimentos peristálticos; e

aumenta o tempo de retenção da digesta, favorecendo a proliferação de bactérias no trato digestório.

As ligações β presentes nos polissacarídeos da parede celular vegetal, como os β (1 \rightarrow 4)D glucanos, são resistentes às enzimas de degradação do amido, sendo as ligações α de mais fácil degradação. O centeio contém grande quantidade de arabinoxilanos, seguido pelo triticale. A cevada tem um conteúdo maior em β -D glucanos, fator responsável pela sua baixa digestibilidade para frangos.

Os principais PNAs encontrados no farelo de soja são os galactosídeos, que são oligossacarídeos constituídos de unidades de glicose, frutose e galactose, cujos principais representantes são a estaquiose, a rafinose e a verbascose, moléculas de sacarose unidas a uma, duas e três unidades de galactose respectivamente.

Os galactosídeos agem aumentando a viscosidade intestinal e diminuindo a ação de enzimas endógenas, resultando numa diminuição da digestibilidade dos nutrientes.

Já o milho contém aproximadamente 8,0% de PNAs (Schute, 1990), sendo a maior parte (4,2%) constituída de arabinoxilanos (Annison, 1991).

Os arabinoxilanos são polissacarídeos complexos compostos dos açúcares arabinose e xilose em uma estrutura ramificada. Causam inibição da digestão de nutrientes, afetando a digestão do amido, gordura e proteína (Choct & Annison, 1992).

Segundo Camiruaga et al. (2001), existe suficiente evidência para concluir que a solubilidade e a viscosidade dos PNAs podem influenciar na digestão de gordura, proteína e amido em frangos de corte. Seus efeitos parecem estar mediados pela microbiota.

As pentosanas e os β -glucanos a nível intestinal aumentam a viscosidade da digesta, afetando o valor nutricional dos cereais, seja por falta de enzimas endógenas para sua digestão ou criando barreiras de ação das enzimas digestivas.

Chesson (2001) cita alguns mecanismos que podem teoricamente aumentar a viscosidade da digesta pela ingestão dos PNAs:

1. Conexão cruzada e oxidativa e irreversível formação de gel;
2. Interações não covalentes entre regiões adjacentes de polímeros de arabinosilanos livres de unidades ramificadas, mais característica da porção farelo de polímeros;
3. Alto peso molecular destes polissacarídeos, arabinosilanos altamente ramificados libertos do endosperma e camada de aleurona.

Os efeitos adversos dos PNAs são diminuídos quando estes polímeros são parcialmente hidrolizados. As enzimas glucanases causam uma despolimerização parcial dos PNAs, reduzindo a viscosidade do conteúdo intestinal e resultando em melhora da absorção de nutrientes (Choct et al., 1999).

Segundo Choct (1992), os efeitos antinutritivos dos PNAs são provavelmente multifatoriais. Dessa maneira, atuam alterando a fisiologia e morfologia do trato gastrointestinal, causando efeitos indiretos e implicações na eficiência de utilização dos nutrientes pelas aves, podendo alterar também a microbiota intestinal.

A composição em PNAs do milho e do farelo de soja pode ser observada na Tabela 1.

TABELA 1. Composição em PNAs de alguns ingredientes utilizados em rações de frangos de corte¹.

Ingredientes	Tipo de PNA	%	Autor
Milho	PNA total	8,0	Schute (1991)
	Arabinosilanos	4,2	Annison (1991)
	β -glucanos	0,1	Annison (1991)
Farelo de Soja	PNA totais	27,0	Schutte (1991)
	Polímeros complexos	13,9	Carré (1992)

¹ Adaptado de Smits & Annison (1996).

2.6 Fatores que influenciam a digestibilidade dos nutrientes em aves

Os nutrientes presentes nos alimentos, determinados por meio da análise química, não são totalmente disponíveis para os animais. O desempenho destes animais é dependente da disponibilidade dos nutrientes e da intensidade com que podem ser absorvidos e utilizados (Torres, 2003). Um dado nutriente é disponível quando é absorvido pelo animal e pode ser usado nas suas funções fisiológicas.

Com exceção do caso de aminoácidos sintéticos, que são considerados substâncias totalmente absorvidas pelo trato digestivo dos animais, os demais nutrientes não são totalmente absorvidos e digeridos, e as diferenças podem ocorrer mesmo entre diferentes amostras de um mesmo ingrediente. Estas diferenças podem ser devidas ao conteúdo em fibras de substâncias antinutricionais como antitripsinas e lectinas, de polissacarídeos não amídicos e de ácido fítico, bem como ao tratamento térmico dado ao ingrediente ou à presença de um nutriente em forma menos digestível (amilose x amilopectina) (Bedford, 1996).

Segundo Albino (1991), alguns alimentos apresentam maior ou menor digestibilidade de nutrientes, podendo haver variação considerável na digestibilidade entre diferentes amostras do mesmo alimento. A disponibilidade deveria ser uma característica do alimento no qual está contida, independentemente do animal que irá consumi-lo. Porém, há algumas interações animal/alimento que não podem ser ignoradas, pois influenciam a disponibilidade dos nutrientes.

A velocidade de passagem do alimento no trato gastrointestinal pode influenciar a utilização da dieta por afetar a população microbiana do intestino, alterar a capacidade de ingestão do alimento e por último, determinar o tempo que os nutrientes estarão expostos à ação das enzimas digestivas e a superfície absorptiva do intestino (Macari, 2002).

O processamento do alimento também pode afetar a disponibilidade dos nutrientes no mesmo, o qual dependerá do tipo de alimento, tipo de processamento, temperatura, umidade do alimento, tamanho de partícula e nível de inclusão do alimento processado.

O aproveitamento da energia metabolizável do farelo de soja pelas aves é cerca de 30% menor em relação aos suínos. Esta diferença na capacidade de utilizar a energia pode ser atribuída à capacidade para aproveitar os PNAs.

Coon et al. (1990) relatam que a remoção dos oligossacarídeos estaquiose e rafinose do farelo de soja por extração com etanol melhorou a energia metabolizável deste alimento devido a um aumento da digestão deste conteúdo em fibras, de pouca digestibilidade para aves devido à ausência de enzimas endógenas α - (1,6) galactosidases.

Bedford & Morgan (1996) afirmam que as aves não possuem capacidade de produzir enzimas digestivas necessárias à digestão da fibra, presente na

maioria dos alimentos. A fibra atuaria dificultando a digestão, impedindo a atuação das enzimas endógenas sobre os alimentos para digeri-los.

2.6.1 Efeitos das enzimas exógenas sobre a digestibilidade dos nutrientes

Pesquisas têm evidenciado efeitos benéficos da utilização de enzimas ou complexos enzimáticos exógenos nas dietas de frangos de corte sobre a digestibilidade dos nutrientes.

Choct et al. (1999) trabalharam com PNAs isolados e verificaram que a adição de 40 g de PNAs solúveis por kg de ração para frangos de corte piorava o ganho de peso, a conversão alimentar e a energia metabolizável aparente. A suplementação da dieta enriquecida com os PNAs de uma glucanase comercial eliminou os efeitos adversos provocados pelos PNAs, recuperando o desempenho das aves. A digestibilidade ileal do amido, proteína e lipídeo foi significativamente piorada pela adição dos PNAs em relação à dieta controle. A suplementação enzimática eliminou esses efeitos adversos. A redução dos valores de energia metabolizável, causada pela adição de PNAs resultou numa diminuição da digestão do amido, proteína e lipídeo.

Marshmann et al. (1997), realizaram um experimento com frangos de corte, fêmeas da linhagem Ross de 7 a 25 dias de idade, alimentados com dietas à base de milho e farelo de soja (não-tostado, tostado e extrusado) adicionadas de complexo multienzimático (protease e carboidrase), separadas ou combinadas, observaram que adição da enzima melhorou a digestibilidade ileal aparente da proteína bruta e dos PNAs, em comparação com os grupos que não receberam a enzima.

Zanella et al. (1999) estudaram o efeito da adição das enzimas protease, amilase e xilanase na forma de complexo multienzimático sobre a

digestibilidade de nutrientes e o desempenho de frangos, utilizando dietas à base de milho e farelo de soja, soja extrusada e soja tostada.

A adição das enzimas melhorou significativamente a digestibilidade da proteína bruta, aminoácidos, amido, gordura e energia metabolizável. A digestibilidade da proteína bruta foi melhorada em 2,9% e dos aminoácidos valina e treonina, em 2,3 e 3,0%, respectivamente. Entretanto, não foi observada melhora significativa na digestibilidade dos aminoácidos lisina, metionina e arginina.

Tejedor (2000), em experimento com pintos de corte, avaliou o efeito da adição de um complexo multienzimático contendo protease, amilase e celulase e da enzima fitase sobre os coeficientes de digestibilidade ileal aparente da matéria seca, proteína bruta, energia bruta, fósforo e cálcio e os valores de energia digestível aparente das rações. O autor observou-se interação entre a adição de enzimas e os níveis de cálcio e fósforo. Houve melhora na digestibilidade ileal da matéria seca no nível normal de Ca e P, enquanto o efeito na energia bruta ocorreu nos dois níveis de Ca e P avaliados. Já a adição do complexo enzimático + fitase melhorou a digestibilidade ileal da matéria seca independentemente do nível de cálcio e a da energia bruta somente nas rações com baixos níveis de cálcio e fósforo.

Mathlouthi et al. (2002) avaliaram o efeito da adição de xilanase e β -gucanase sobre o desempenho, a digestibilidade dos nutrientes, as condições físico-químicas do intestino e a microbiota cecal de frangos de corte alimentados com dietas à base de milho, arroz e cevada. Os autores observaram melhora na digestibilidade dos nutrientes através da melhoria da energia metabolizável aparente.

Rodrigues et al. (2003) observaram melhora na digestibilidade ileal da proteína bruta, amido e energia ileal digestível pela suplementação enzimática em dietas à base de milho e farelo de soja para frangos de corte.

Wu et al. (2004) avaliaram o efeito da suplementação enzimática (fitase e glucanase) em dietas à base de milho, sorgo e cevada em frangos de corte de 1 a 28 dias de idade e verificaram melhoras na energia metabolizável e na digestibilidade ileal da proteína e amido.

Juanpere et al. (2005) trabalhando com glicosidases em dietas à base de milho e farelo de soja, verificaram melhora na digestibilidade dos nutrientes. Os coeficientes de digestibilidade da matéria seca, lipídeos e amido melhoraram em 1,54; 6,58 e 1,03% respectivamente.

2.6.2 Efeitos das enzimas exógenas sobre o desempenho de frangos de corte

Segundo Zanella (1998), existem duas alternativas quando se considera a incorporação de suplementos enzimáticos nas dietas avícolas. A primeira consiste em suplementar as dietas "por cima", a uma formulação existente, sem alterar os níveis nutricionais, buscando melhora do desempenho. Uma segunda alternativa consiste em alterar a formulação das dietas, através da adição das enzimas para restaurar o valor nutricional da dieta padrão. Neste caso, as dietas teriam os níveis de energia, proteína e/ou aminoácidos reduzidos, buscando o mesmo desempenho de uma ração sem enzimas.

Pack & Bedford (1997) suplementaram dietas à base de milho e farelo de soja com Avizyme 1500[®] para frangos de corte e verificaram aumento significativo no ganho de peso e melhora na conversão alimentar na idade de abate. Foi avaliada também a suplementação deste complexo multienzimático em dietas com redução de 4% na energia metabolizável, proteína, metionina e

lisina. Com a redução dos níveis nutricionais da dieta, houve redução do desempenho, sendo o mesmo recuperado com a suplementação enzimática.

Garcia et al. (2000) avaliaram o desempenho de frangos de corte submetidos a dietas à base de milho e farelo de soja, suplementadas com o complexo enzimático Allzyme Vegpro[®]. Não foram observadas diferenças no consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar nos períodos de 1 a 21, 22 a 42 e 1 a 42 dias de idade.

Estes autores concluíram, com base nos resultados de desempenho deste experimento, de 1 a 42 dias, que os valores de energia metabolizável, proteína bruta e aminoácidos (metionina, metionina + cistina e lisina) do farelo de soja podem ser superestimados em 9, 7 e 5%, respectivamente, na presença dos complexos enzimáticos.

Torres et al. (2001), em experimento para avaliar os efeitos da adição de um complexo enzimático composto de protease, amilase e xilanase sobre o desempenho de frangos de corte, observou melhora no desempenho pela influência exercida no aumento do ganho de peso e na melhora na conversão alimentar em dietas com níveis protéicos e energéticos reduzidos.

Fischer et al. (2002) avaliaram o efeito da inclusão de um complexo enzimático à base de proteases, amilases e celulasas no desempenho frangos de corte alimentados com dietas à base de milho e farelo de soja. Os autores verificaram diferença estatística na conversão alimentar na fase de 1 a 28 dias, não observando, portanto, diferenças no ganho de peso e consumo de ração. No período de 28 a 42 dias, não foram observadas diferenças no consumo de ração e conversão alimentar, embora o ganho de peso tenha sido melhorado nesta fase.

Os mesmos autores superestimaram os níveis energético, protéico e aminoácido do farelo de soja em 5% e não verificou diferença estatística no desempenho das aves em relação às alimentadas com as dietas normais.

Os trabalhos de pesquisa até agora desenvolvidos sobre o uso de enzimas exógenas têm indicado benefícios no aproveitamento dos nutrientes presentes nos ingredientes. Apesar de as rações à base de milho e farelo de soja apresentarem alta digestibilidade, ainda é possível a melhoria da utilização de alguns componentes não aproveitados pelas aves. Neste contexto, os PNAs são os mais significativos, havendo a necessidade de mais pesquisas sobre estes componentes.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Época de realização dos experimentos

Foram realizados dois experimentos, o primeiro no período de novembro a dezembro de 2004, com avaliação do desempenho de frangos de corte, e o segundo para determinação dos valores de energia metabolizável verdadeira das rações experimentais, em abril de 2005.

3.2 Complexo multienzimático

Foi avaliado o complexo multienzimático Endopower β^{\circledR} (Ind. e Comércio Uniquímica Ltda) produzido a partir da fermentação de *Aspergillus niger* e *Aspergillus oryzae* e composto de α -galactosidase (35000 U/kg), galactomanase (110000 U/kg), xilanase (1500000 U/kg) e β -glucanase (1100000 U/kg). Este complexo é recomendado para dietas avícolas de baixa viscosidade, à base de milho e farelo de soja.

3.3 Experimento I

3.3.1 Tratamentos e rações experimentais

Foram utilizadas dois tipos de ração basal experimental isonutrientes, uma normal e outra valorada, à base de milho e farelo de soja, formuladas à base de aminoácidos digestíveis para as fases de 1 a 21 e 22 a 42 dias de idade, de acordo com as recomendações nutricionais sugeridas por Rostagno et al. (2000). A composição centesimal das rações encontra-se na Tabela 2.

TABELA 2. Composição percentual das rações, basal normal (DBN) e valorada (DBV) nas fases de 1 a 21 e 22 a 42 dias.

Ingredientes	Fases			
	1 a 21 dias		22 a 42 dias	
	DBN	DBV	DBN	DBV
Milho	58,161	60,951	63,07	69,945
Farelo de soja	35,204	34,684	30,00	29,572
Óleo de soja	2,734	0,532	3,308	1,860
Calcário calcítico	0,795	0,804	0,877	0,882
Fosfato bicálcico	1,837	1,829	1,599	1,593
L-Lisina HCl	0,172	0,130	0,173	0,181
DL-Metionina	0,228	0,201	0,184	0,173
Sal comum iodado	0,503	0,503	0,380	0,379
Mistura vitamínica ¹	0,100	0,100	0,150	0,150
Mistura mineral ²	0,100	0,100	0,100	0,100
Bacitracina de zinco 10%	0,025	0,025	0,025	0,025
Salinomicina sódica 15%	0,050	0,050	0,050	0,050
Cloreto de colina 60%	0,04	0,04	0,04	0,04
Inerte (caulim)	0,05	0,05	0,05	0,05
Total (Kg)	100,000		100,000	
Composição Calculada				
Energia Met. (kcal/kg)	3000		3114	
Proteína Bruta (%)	21,00		19,3	
Cálcio (%)	0,900		0,860	
Fósforo disponível (%)	0,450		0,400	

¹ Composição por kg do produto: vit. A, 12.000.000 UI; vit. D3, 2.200.000 UI; vit. E 30.000 UI; vit. B1, 2.200mg; vit B2, 6.000 mg; vit. B6, 3.300mg; ác. pantotênico, 13.000mg; biotina, 110mg; vit. K3, 2.500 mg; ácido fólico, 1.000mg; ácido nicotínico 53.0000 mg; niacina, 25.000 mg;vit. B12, 16.000 µg; selênio, 0,25 g; antioxidante 120.000 mg; e veículo QSP., 1.000g.

² Composição por kg do produto: manganês, 75.000 mg; ferro, 20000 mg; zinco, 50.000 mg; cobre, 4.000 mg; cobalto, 200 mg; iodo 1.500 mg e veículo QSP, 1.000 g

A partir da ração basal, foram constituídos os tratamentos, avaliando-se duas formas físicas, farelada ou peletizada, suplementadas ou não com 200 e 400 g do complexo enzimático por tonelada de ração, dois tratamentos adicionais constituídos de dietas basais com energia metabolizável do milho e da soja valorados em 2,0 e 9,0%, respectivamente, e a digestibilidade de aminoácidos valorada em 4% para ambos os ingredientes. Esta valoração foi indicada pelo fabricante com base em outros estudos com o complexo enzimático utilizado. Dessa forma, foram obtidos os oito tratamentos discriminados a seguir:

- 1- Dieta basal normal; farelada; 0 de enzima;
- 2- Dieta basal normal; farelada; 200 g de enzima por tonelada de ração;
- 3- Dieta basal normal; farelada; 400 g de enzima por tonelada de ração;
- 4- Dieta basal normal; peletizada; 0 de enzima;
- 5- Dieta basal normal; peletizada; 200 g de enzima por tonelada de ração;
- 6- Dieta basal normal; peletizada; 400 g de enzima por tonelada de ração;
- 7- Dieta basal valorada; farelada; 0 de enzima;
- 8- Dieta basal valorada; farelada; 200 g de enzima por tonelada de ração.

3.3.2 Aves, instalações e manejo

Foram utilizados 1488 pintos de corte machos da linhagem Cobb 500, adquiridos com um dia de idade, vacinados contra as doenças de Marek e Bouba Aviária. As aves foram alojadas em galpão de alvenaria com piso cimentado e telhas de amianto, construído na orientação leste-oeste e divididos em 48 unidades experimentais (2,0 m x 1,5 m) no sistema cama. Em cada box, em que foram alojadas 31 aves, foi colocado um bebedouro pendular e um comedouro tubular. Durante as duas primeiras semanas as cortinas do galpão permaneceram

fechadas e as aves, aquecidas por lâmpadas incandescentes de 150 watts. Após esse período houve manejo das cortinas e monitoramento das lâmpadas, buscando-se propiciar conforto térmico às aves, as quais foram criadas até os 42 dias de idade.

Houve controle de temperatura e umidade no galpão através da utilização de um termo-higrômetro. As médias das temperaturas (°C) máximas e mínimas após o período de aquecimento foram, respectivamente, de 37,1 e 21,4, e a umidade relativa média registrada foi de 72%.

3.3.3 Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado com oito tratamentos e seis repetições. Os tratamentos foram arrançados em esquema fatorial 3x2+2 tratamentos adicionais, sendo utilizados 0, 200 e 400 g de complexo enzimático por tonelada de ração e duas formas físicas (farelada e peletizada).

As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software estatístico SISVAR descrito por Ferreira (2000), testando-se os efeitos dos tratamentos por meio da análise de regressão. Os contrastes foram testados pelo teste de Scheffé, comparando-se os tratamentos adicionais com os demais tratamentos correspondentes no mesmo nível de enzima.

O modelo estatístico do experimento para todas as características avaliadas foi o seguinte:

$$Y_{ijk} = \mu + E_i + FF_j + EFF_{(ij)} + e_{ij}$$

Em que:

Y_{ijk} = Observação referente à enzima **i**, submetida à forma física **j**, na repetição **k**;

μ = Média geral;

E_i = Efeito da enzima **i**, com **i**= 1, 2 e 3;

FF_j = Efeito da forma física **j**, com **j**= 1 e 2;

EFF = Efeito da interação enzima e forma física;

e_{ijk} = erro experimental associado aos valores observados(Y_{ijk}), que por hipótese tem distribuição normal com média zero e variância σ^2 .

Para comparação dos tratamentos 7 e 8, a análise estatística seguiu o modelo:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$$

Y_{ij} = Observação referente ao tratamento **i**, na repetição **k**;

μ = Média geral;

T_i = Efeito do Tratamento **i**, com **i**= 1 e 2;

e_{ijk} = erro experimental associado aos valores observados(Y_{ij}), que por hipótese tem distribuição normal com média zero e variância σ^2 .

3.4 Experimento II

3.4.1 Tratamentos e rações experimentais

Foram utilizadas as mesmas rações experimentais e os mesmos tratamentos do primeiro experimento.

3.4.2 Aves, instalações e manejo

Utilizou-se neste experimento, o método da alimentação forçada de Sibbald (1976) com algumas adaptações, para determinação da energia metabolizável verdadeira (EMV), com 36 frangos de corte machos da linhagem Cobb 500 com aproximadamente 70 dias de idade. As rações-teste foram fornecidas a quatro aves e, simultaneamente ao período de coleta, quatro aves foram mantidas em jejum para determinação das perdas endógenas e metabólicas. Após jejum de 24 horas, para esvaziar o trato digestório, as aves foram obrigadas a ingerir 30 g da ração, uma vez ao dia, por meio de um funil sonda introduzido via esôfago até o papo. As bandejas sob o piso das gaiolas foram revestidas com plástico e a coleta das excretas, realizada uma vez ao dia.

As excretas foram coletadas e acondicionadas em freezer, quando foram descongeladas, devidamente quantificadas, homogeneizadas e secas em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 horas. Posteriormente, as amostras das rações e das excretas foram analisadas em matéria seca e energia bruta segundo as metodologias descritas por Silva (1990). O valor da EMV foi calculado pela seguinte fórmula:

$$EMV \text{ (kcal / kg de MS)} = \frac{EB \text{ ingerida} - (EB \text{ excretada} - EB \text{ endógeno})}{MS \text{ ingerida}},$$

em que EB = energia bruta; MS = matéria seca e EMV = energia metabolizável verdadeira.

3.4.3 Delineamento experimental e análise estatística

Os modelos estatísticos utilizados neste experimento foram os mesmos utilizados no experimento I.

O delineamento estatístico foi o inteiramente casualizado com 8 tratamentos, 4 repetições e 1 ave por unidade experimental. Os tratamentos utilizados foram os mesmos do experimento I, porém testando apenas as rações do período de 1 a 21 dias. As análises estatísticas foram semelhantes às descritas para o experimento I.

3.5 Peletização

A ração foi peletizada usando-se peletizadora industrial. As temperaturas de saída da peletizadora foram registradas através de um termômetro a laser "Raytec". As temperaturas médias de peletização na saída da peletizadora no processamento das rações das fases de 1 a 21 e 1 a 42 dias podem ser observadas na Tabela 3. As informações sobre o equipamento indicam que a temperatura durante a prensagem é de aproximadamente 12°C acima da temperatura do pélete na sua saída pela prensa. Não foi possível medir a temperatura no condicionador e na prensa devido ao sistema ser fechado.

TABELA 3. Temperaturas médias (°C) de peletização, medidas na saída da peletizadora, das rações experimentais utilizadas nas fases de 1 a 21 e 22 a 42 dias de idade dos frangos de corte.

Tratamentos	Temperatura (°C)	
	1 - 21 dias	22 - 42 dias
4	44,6	40,8
5	47,2	41,2
6	44,4	41,0

3.6 Desempenho

Usou-se um programa alimentar com duas rações (1 a 21 e 22 a 42 dias), segundo as recomendações nutricionais preconizadas por Rostagno et al. (2000). O desempenho foi avaliado através do consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar nos períodos de 1 a 21 e 1 a 42 dias de idade das aves.

3.7 Características de carcaça

Ao término do experimento, foram selecionadas duas aves de cada unidade experimental, de forma a representar o peso médio da unidade, as quais foram abatidas após jejum de 6 horas. A carcaça foi eviscerada, retirando-se também cabeça e pés. Foram avaliados o rendimento da carcaça sem cabeça e pés em relação ao peso vivo no momento do abate, o rendimento de coxa mais sobrecoxa e peito em relação à carcaça eviscerada e teor de gordura abdominal através da pesagem da gordura presente na região abdominal da ave.

3.8 Morfometria intestinal

As vilosidades intestinais e as criptas do jejuno foram avaliadas ao microscópio após o abate de seis aves por tratamento no 42º dia do experimento. Após a coleta criteriosa dos segmentos do intestino, os mesmos foram lavados em água destilada, devidamente identificados e armazenados em solução Bouin (150 mL de solução concentrada de ácido pícrico, 50 mL de formol 40% e 10 mL de ácido acético glacial). Ao final de 24 horas, as amostras foram transferidas para solução de álcool 70%, na qual foram conservadas para a posterior confecção das lâminas histológicas segundo técnica descrita por Junqueira & Junqueira (1983) com algumas adaptações (Anexo 1). O procedimento foi realizado no Laboratório de Patologia do Departamento de Medicina Veterinária da UFLA.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Ensaio de desempenho

Nas Tabelas 4 e 5, respectivamente, encontram-se consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar dos tratamentos recebendo dietas basais valoradas nutricionalmente e os contrastes ortogonais realizados para comparação do desempenho das aves recebendo os tratamentos contendo ingredientes valorados nutricionalmente versus os tratamentos correspondentes com o mesmo nível de suplementação.

TABELA 4. Consumo de ração (kg), ganho de peso (kg) e conversão alimentar (kg/kg) de frangos de corte recebendo dietas basais com energia metabolizável do milho e farelo de soja valoradas em 2 e 9% e digestibilidade de aminoácidos em 4%, com ou sem suplementação de complexo enzimático.

Tratamento	Consumo de ração (kg)	Ganho de peso (kg)	Conversão alimentar (kg/kg)
1 - 21 dias			
7	1,257	0,847	1,486
8	1,141	0,877	1,301
1 - 42 dias			
7	4,579	2,592	1,888
8	4,364	2,675	1,793

TABELA 5. Contrastes ortogonais realizados para comparação do desempenho de frangos de corte nos períodos de 1 a 21 e 1 a 42 dias recebendo dietas basais normais versus dietas com energia metabolizável e digestibilidade do milho e do farelo de soja valorados.

Variável de desempenho	Tratamento	Tratamentos adicionais	
		7	8
Consumo de ração (kg)	1	NS	
	2		NS
Ganho de peso (kg)	1	NS	
	2		NS
Conversão alimentar (kg/kg)	1	NS	
	2		NS

4.1.1 Consumo de ração

Na Tabela 6, estão os resultados de consumo de ração (kg) dos frangos de corte suplementados com complexo enzimático nas duas fases experimentais (1 a 21 e 1 a 42 dias de idade).

TABELA 6. Consumo de ração (kg) de frangos de corte alimentados com rações fareladas ou peletizadas suplementadas com complexo enzimático.

Níveis de enzima (g/T)	Forma física		Média ¹
	Farelada	Peletizada	
1 a 21 dias			
0	1,202	1,226	1,214
200	1,179	1,223	1,201
400	1,179	1,154	1,117
Média	1,187	1,201	
CV (%)	6,34		
Níveis de enzima (g/T)	1 a 42 dias		Média ¹
0	4,481	4,408	4,444
200	4,478	4,478	4,478
400	4,394	4,385	4,389
Média	4,451	4,424	
CV (%)	4,00		

¹ Efeito linear significativo (P<0,05).

O consumo de ração nos dois períodos avaliados reduziu linearmente (P<0,05) à medida que houve aumento dos níveis do complexo enzimático nas rações (Figuras 1 e 2).

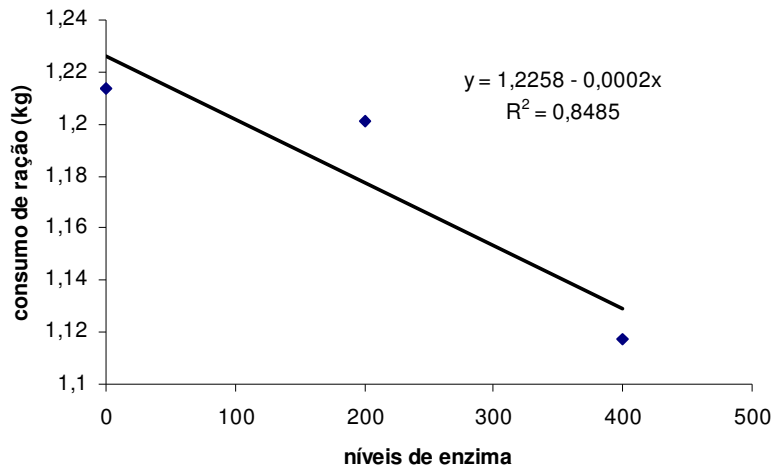


FIGURA 1. Efeito dos níveis de enzima sobre o consumo de ração das aves no período de 1 a 21 dias.

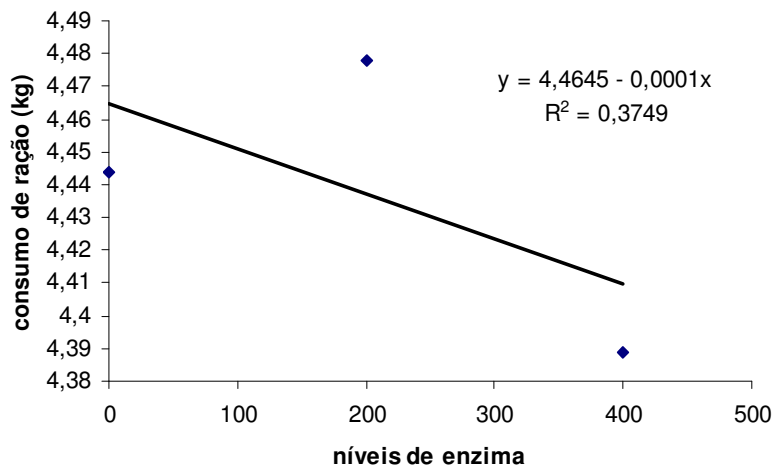


FIGURA 2. Efeito dos níveis de enzima sobre o consumo de ração das aves no período de 1 a 42 dias.

Sabendo-se que o principal efeito da adição de enzimas às dietas à base de milho e farelo de soja é a melhoria da digestibilidade dos nutrientes, e ainda que as aves regulam o seu consumo de alimento pela ingestão de energia, os resultados deste experimento indicam um possível aumento no valor energético das rações em razão da suplementação enzimática, resultando na redução linear do consumo.

Entretanto, analisando os dados de consumo de ração para o período de 1 a 42 dias, observa-se redução linear no consumo de ração, mas com uma equação apresentando coeficiente de determinação baixo em relação à do período de 1 a 21 dias.

Vários autores (Camiruaga et al., 2001; Conte et al., 2002; Garcia et al., 2000; Juanpere et al., 2005), suplementado dietas enzimaticamente, não verificaram diferenças estatísticas no consumo de ração.

Brum et al. (1998) afirmaram que, apesar de as aves consumirem alimentos para satisfazerem suas necessidades energéticas, o mecanismo não é linearmente perfeito, e ao se aumentar o nível energético das rações, o declínio esperado no consumo raramente ocorre.

A valoração dos ingredientes das rações não alterou o consumo de ração em nenhuma das fases estudadas, o que foi verificado através de contrastes feitos entre os tratamentos constituídos de rações normais e os em que as rações foram valoradas nutricionalmente. Estes dados confirmam a valoração dos ingredientes pela suplementação enzimática.

Alguns autores (Fischer et al., 2002; Garcia et al., 2000; Pack & Bedford, 1997; Pereira, 1999; Schang et al., 1997) já verificaram, através da ausência de diferença no consumo de ração entre tratamentos normais e valorados, na presença de complexos enzimáticos, a ação das enzimas em suprir a deficiência nutricional das rações.

4.1.2 Ganho de peso

O ganho de peso (kg) das aves nos períodos de 1 a 21 e 1 a 42 dias pode ser observados na Tabela 7.

TABELA 7. Ganho de peso de frangos de corte alimentados com rações sob duas formas físicas suplementadas ou não por complexo enzimático.

Níveis de enzima (g/T)	Forma física		Média
	Farelada	Peletizada	
1 a 21 dias			
0	0,879	0,881	0,877
200	0,907	0,947	0,927
400	0,902	0,919	0,911
Média	0,894 b	0,916 a	
CV (%)	3,34		
Níveis de enzima (g/T)	1 a 42 dias		Média
0	2,575 b	2,815 a	2,695
200	2,754 a	2,667 b	2,710
400	2,779 a	2,779 a	2,779
Média	2,703	2,754	
CV (%)	5,06		

^{a,b} letras diferentes nas linhas diferem estatisticamente entre si (P<0,05).

No período de 1 a 21 dias, houve diferença no ganho de peso proporcionada pela forma física independente da suplementação enzimática (P<0,05). Neste período, as aves que receberam ração peletizada apresentaram

melhor ganho de peso em relação àquelas que receberam ração farelada. Estes resultados são semelhantes aos encontrados por Brum et al. (1998); Roll (1998) e Vargas et al. (2001). A melhoria observada no ganho de peso pode ser resultado do aumento da densidade de nutrientes proporcionada pelo processo de peletização e conseqüente redução do gasto energético com consumo de ração pelas aves.

Houve interação significativa ($P < 0,05$) entre a forma física da ração e os níveis de suplementação do complexo enzimático no ganho de peso no período de 1 a 42 dias de idade das aves. O ganho de peso foi superior para a ração peletizada sem a suplementação do complexo enzimático e no nível mais alto de suplementação. Este fato sugere uma influência na estabilidade enzimática exercida pelo processo de peletização.

Para as rações fareladas, a adição do complexo enzimático resultou em maior ganho de peso ($P < 0,05$), independentemente do nível usado.

De acordo com os contrastes ortogonais realizados, o ganho de peso não foi alterado, nas duas fases analisadas, em virtude da valoração dos ingredientes que constituíram as rações experimentais, o que confirma a hipótese da valoração dos ingredientes pela suplementação enzimática.

Esta valoração dos ingredientes pela suplementação enzimática já foi verificada por alguns autores (Fisher et al., 2002; Garcia et al., 2000; Pack & Bedford, 1997; Pereira, 1998), os quais não verificaram diferenças no ganho de peso de frangos de corte alimentados com rações normais em relação aos que receberam rações com ingredientes valorados nutricionalmente em energia metabolizável, proteína bruta e alguns aminoácidos na presença de complexos enzimáticos.

4.1.3 Conversão alimentar

Os resultados de conversão alimentar (kg/kg) dos frangos de corte nas fases de 1 a 21 e 1 a 42 dias de idade podem ser vistos na Tabela 8.

TABELA 8. Conversão alimentar de frangos de corte alimentados com rações sob duas formas físicas suplementadas por complexo enzimático.

Níveis de enzima(g/T)	Forma física		Média ¹
	Farelada	Peletizada	
1 a 21 dias			
0	1,368	1,393	1,381
200	1,300	1,292	1,296
400	1,306	1,256	1,281
Média	1,325	1,314	
CV (%)	5,98		
Níveis de enzima(g/T)	1 a 42 dias		Média
0	1,742 b	1,555 a	1,649
200	1,626 a	1,663 b	1,645
400	1,582 a	1,579 a	1,581
Média	1,650	1,599	
CV (%)	5,12		

¹ Efeito linear significativo (P<0,05).

^{a,b} letras diferentes nas linhas diferem estatisticamente entre si (P<0,01).

Houve melhoria linear (P<0,05) na conversão alimentar no período de 1 a 21 dias de idade dos frangos de corte, atribuída à redução do consumo de

ração, sem afetar o ganho de peso das aves à medida que se elevaram os níveis de suplementação do complexo enzimático (Figura 3).

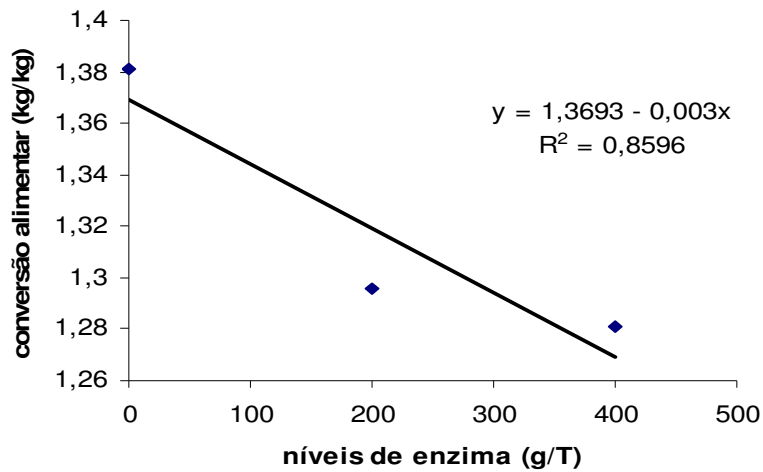


FIGURA 3. Efeito dos níveis de suplementação enzimática na conversão alimentar das aves no período de 1 a 21 dias.

Estes dados estão de acordo com Fischer et al. (2002), Pack & Bedford (1997) e Torres et al. (2001), os quais avaliaram o desempenho de frangos de corte alimentados com dietas formuladas com milho e farelo de soja como principais ingredientes, suplementados com complexo enzimático, e verificaram melhoria na conversão alimentar nos períodos avaliados.

No período de 1 a 42 dias de idade das aves, houve interação significativa ($P < 0,01$) entre nível de enzima e forma física da ração. A forma física peletizada sem adição do complexo enzimático e o nível mais alto de suplementação, apresentaram melhor conversão alimentar ($P < 0,05$). Para as rações fareladas, verificou-se melhor conversão alimentar nos tratamentos com enzimas, sendo semelhantes os valores entre os níveis utilizados.

A valoração dos ingredientes das rações não alterou a conversão alimentar das aves nos períodos de 1 a 21 e 1 a 42 dias de idade, o que foi verificado através de contrastes feitos entre as rações normais e as valoradas nutricionalmente. Este resultado reflete o efeito da suplementação enzimática em suprir a deficiência nutricional das rações valoradas, o que já foi anteriormente verificado para as variáveis consumo de ração e ganho de peso nas duas fases analisadas.

Os resultados encontrados estão de acordo com Garcia et al. (2000), Fischer et al. (2002); Pack & Bedford (1997), os quais suplementaram dietas à base de milho e farelo de soja com complexo enzimático com deficiência nutricional em energia metabolizável, proteína e alguns aminoácidos e não encontraram diferenças na conversão alimentar em relação aos tratamentos que receberam rações normais.

4.2 Características de carcaça

Os resultados das características de carcaça podem ser observados nas Tabelas 9 e 10.

TABELA 9. Rendimento de carcaça e teor de gordura abdominal de frangos de corte alimentados com rações de diferentes formas físicas e níveis de enzimas aos 42 dias de idade.

Níveis de enzima(g/T)	Forma física		Média ¹
	Farelada	Peletizada	
	Rendimento de carcaça (%)		
0	74,07	75,06	74,57
200	74,77	76,38	75,57
400	74,06	75,23	74,65
Média	74,30 a	75,56 b	
CV (%)	2,87		
Níveis de enzima (g/T)	Gordura abdominal (%)		Média ¹
	Farelada	Peletizada	
	0	1,57	
200	1,50	1,62	1,56
400	1,65	1,73	1,69
Média	1,57	1,61	
CV (%)	33,81		

¹ Efeito linear significativo (P<0,05).

^{a,b} letras diferentes nas linhas diferem estatisticamente entre si (P<0,05).

Houve diferença significativa (P<0,05) no rendimento de carcaça com a variação da forma física da dieta independentemente do nível de suplementação enzimática, observando-se melhor rendimento de carcaça nas aves que receberam a ração peletizada.

Houve um aumento linear (P<0,05) do teor de gordura abdominal na medida em que se aumentou o nível de suplementação enzimática (Figura 5). O

aumento dos níveis de enzima resultou numa maior percentagem de gordura na carcaça das aves. Supõe-se uma maior liberação de energia dos nutrientes, provocada pela suplementação enzimática. O excesso de energia ingerida além das necessidades é acumulado na forma de gordura na carcaça do frango, e a maior deposição ocorre no abdômen.

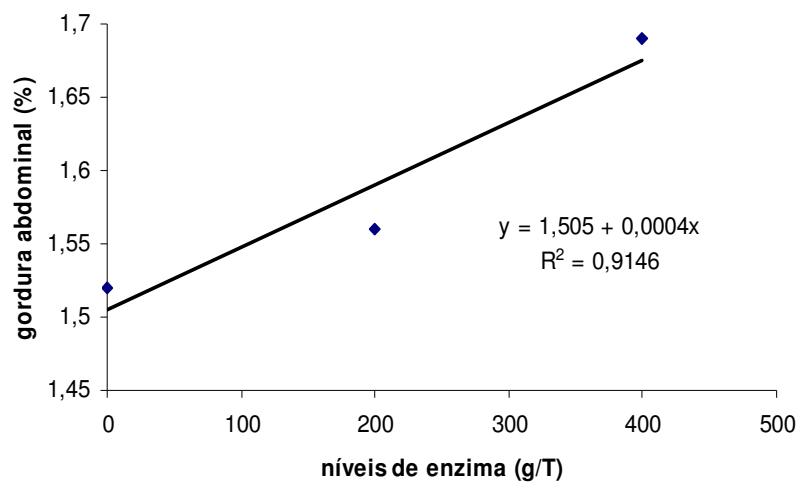


FIGURA 5. Efeito dos níveis de enzima sobre a % de gordura abdominal aos 42 dias.

TABELA 10. Rendimento de peito (%) e de coxa e sobrecoxa (%) de frangos de corte em função dos níveis de enzimas e diferentes formas físicas da ração aos 42 dias de idade.

Níveis de enzima (g/T)	Forma física		Média
	Farelada	Peletizada	
	Rendimento de peito (%)		
0	29,67	30,78	30,22
200	31,69	31,15	31,42
400	31,84	30,67	31,25
Média	31,07	30,86	
CV (%)	7,01		
Níveis de enzima (g/T)	Rendimento de coxa e sobrecoxa (%)		Média
	Farelada	Peletizada	
0	30,58	29,60	30,09
200	30,27	30,56	30,41
400	30,87	29,71	30,30
Média	30,57	29,95	
CV (%)	6,10		

4.3 Morfometria intestinal

Os resultados de altura de vilosidades e profundidade de cripta no jejuno encontram-se na Tabela 11.

TABELA 11. Altura de vilosidade (μm) e profundidade de cripta (μm) no jejuno de frangos de corte alimentados com rações suplementadas com complexo enzimático sob duas formas físicas aos 42 dias de idade.

Níveis de enzima (g/T)	Forma física		Média ¹
	Farelada	Peletizada	
Altura de vilosidade (μm)			
0	1138	1318	1228
200	1307	1137	1222
400	1451	1261	1356
Média	1298	1238	
CV (%)	13,45		
Níveis de enzima (g/T)	Profundidade de cripta (μm)		Média ¹
	Farelada	Peletizada	
0	301	306	303
200	233	238	235
400	269	225	247
Média	268	268	
CV (%)	7,55		

¹ Efeito linear significativo ($P < 0,05$).

Ocorreu um efeito linear ($P < 0,05$) na altura de vilosidade e profundidade de cripta do jejuno dos frangos de corte aos 42 dias com os níveis de suplementação enzimática utilizados, como pode ser observado nas Figuras 6 e 7. A altura das vilosidades do jejuno aumentou linearmente, ao contrário, a profundidade de cripta diminuiu de maneira linear à medida que se aumentaram os níveis de suplementação.

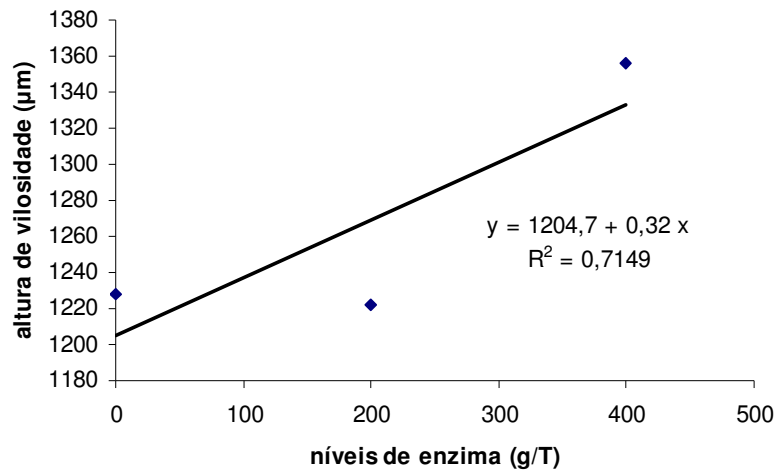


FIGURA 6. Efeito dos níveis de enzima sobre a altura de vilosidade dos frangos aos 42 dias.

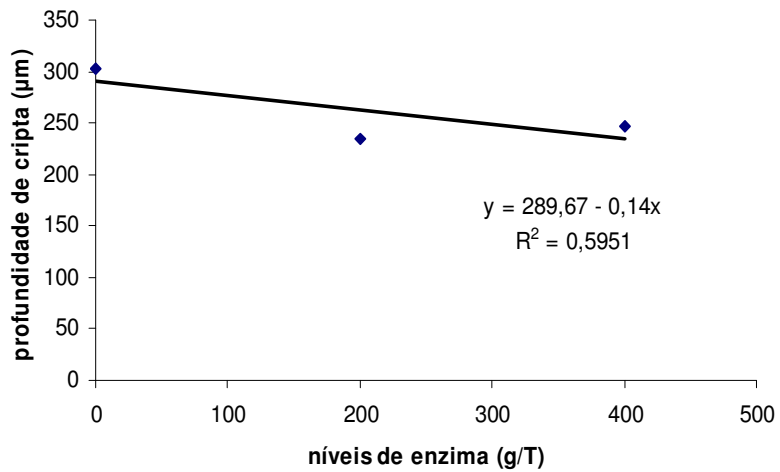


FIGURA 7. Efeito dos níveis de enzima sobre a profundidade de cripta dos frangos de corte aos 42 dias.

Estes resultados encontrados estão de acordo com Mathoulthi et al. (2002) e Wu et al. (2004), os quais, trabalhando com suplementação enzimática em dietas à base de milho e farelo de soja, também verificaram aumento na altura de vilosidade e diminuição da profundidade de cripta de frangos de corte recebendo rações suplementadas com complexo enzimático.

O aumento na altura das vilosidades intestinais observado quando se aumentaram os níveis de suplementação enzimática pode ter favorecido a melhoria na absorção dos nutrientes no intestino das aves.

A diminuição da profundidade de cripta observada implica em redução da demanda de energia e proteína necessárias à renovação de tecido, diminuindo a energia de manutenção e aumentando a eficiência do animal.

4.4 Energia metabolizável verdadeira (EMV)

Os resultados de energia metabolizável verdadeira (kcal/kg de MS) podem ser observados na Tabela 12.

TABELA 12. Energia metabolizável verdadeira (EMV) em kcal/kg de MS determinada a partir das rações utilizadas no período de 1-21 dias para frangos de corte suplementados com complexo enzimático sob duas formas físicas.

Nível de enzima (g/T)	Forma física		Média ¹
	Farelada	Peletizada	
0	3248	3164	3206
200	3381	3305	3343
400	3429	3353	3391
Média	3352	3274	
CV (%)	4,32		

¹ Efeito linear significativo (P<0,05).

Ocorreu um aumento linear ($P < 0,05$) na energia metabolizável verdadeira (EMV) das rações à medida que se aumentou o nível de suplementação enzimática ($P < 0,05$), conforme pode ser observado na Figura 8.

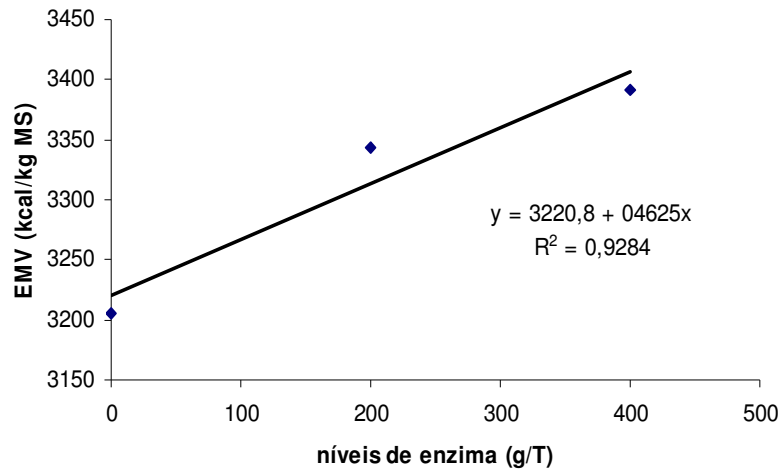


FIGURA 8. Efeito dos níveis de enzima sobre a energia metabolizável verdadeira (EMV) das rações experimentais do período de 1 a 21 dias.

De acordo com os resultados, pode-se concluir que a cada 200 g de complexo enzimático adicionado por tonelada de ração houve um incremento de 92,58 kcal na energia metabolizável verdadeira por kg de ração. Este dado indica melhoria na EMV da ordem de 2,89%, quando comparada com a ração sem suplementação.

Estes dados sugerem uma melhoria na digestibilidade dos nutrientes como amido, proteína e lipídeo pela adição do complexo enzimático, o qual provavelmente reduziu os efeitos negativos do aumento da viscosidade intestinal provocado pelo conteúdo em PNAs das rações.

A melhoria no aproveitamento dos nutrientes em dietas à base de milho e farelo de soja já foram observadas por vários autores (Mathlouthi et al., 2002; Zanella, 1998; Tejedor, 2000; Wu et al., 2004), os quais constataram a melhoria da energia metabolizável da dieta através da adição de complexos enzimáticos às rações de frangos de corte.

5 CONCLUSÕES

A adição do complexo enzimático em ração farelada à base de milho e farelo de soja melhora o desempenho das aves. A forma física peletizada proporciona melhor no ganho de peso, melhor rendimento de carcaça e maior teor de gordura abdominal das aves. A utilização do complexo enzimático em rações peletizadas é influenciada pela desnaturação enzimática decorrente das temperaturas utilizadas no processo. O uso do complexo enzimático proporciona melhorias na energia metabolizável verdadeira das rações. A altura das vilosidades é aumentada e a profundidade de cripta é diminuída no jejuno das aves recebendo rações suplementadas enzimaticamente. A energia metabolizável do milho e do farelo de soja podem ser valoradas em 2 e 9 %, respectivamente, e a digestibilidade de aminoácidos, em 4 %, para ambos os ingredientes, sem afetar o desempenho das aves na presença do complexo enzimático avaliado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBINO, L. F. T. **Sistemas de Avaliação Nutricional de Alimento - suas aplicações na formulação de rações para frangos de corte**. 1991. 141 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

ANNISON, G.; CHOCT, M. Antinutritive activities of cereal non-starch polysaccharides in broiler diets and strategies for minimizing their effects. **World's Poultry Science Journal**, Oxford, v. 47, n. 3, p. 232-242, Nov. 1991.

BEDFORD, M. Removal of antibiotic growth promoters from poultry diets: implications and strategies to minimize subsequent problems. **World's Poultry Science Journal**, Oxford, v. 56, n. 4, p. 347-365, Dec. 2000.

BEDFORD, M. R.; CLASSEN, H. L. Reduction of intestinal viscosity through manipulation of dietary rye and pentosanase concentration is effected through changes in the carbohydrate composition of the intestinal aqueous phase and results in improved growth rate and food conversion efficiency of broiler chicks. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 122, n. 3, p. 560-569, Mar. 1992.

BEDFORD, M. R.; CLASSEN, H. L.; CAMPBELL, G. L. The effect of pelleting, salt and pentosanase on the viscosity of intestinal contents and performance of broilers fed rye-based diets. **Poultry Science**, Champaign, v. 70, n. 7, p. 1571, July 1991.

BEDFORD, M. R.; MORGAN, A. J. The use of enzymes in poultry diets. **World's Poultry Science Journal**, Oxford, v. 52, n. 1, p. 61-67, Mar. 1996.

BORGES, F. M. Utilização de enzimas em dietas avícolas. **Cadernos Tecnicos da Escola de Veterinária da UFMG**, Belo Horizonte, n. 20, p. 5-30, jun. 1997.

BRUM, P. A. R.; LIMA, G. J. M.; MAZUCO, H.; FIALHO, F. B.; GUARENT, E. M. Efeito do nível de trigo na dieta, percentual de grãos germinados e forma física da ração sobre o desempenho de frangos de corte. In: **CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS**, 1998, São Paulo. **Anais...** São Paulo: FACTA, 198. p. 10.

BUSTANY, Z. A. The effect of pelleting an enzyme-supplemented barley-based broiler diet. **Animal Feed Science Technology**, Amsterdam, v 58, n. 3/4, p. 283-288, May 1995.

CAMIRUAGA, M.; GARCIA, F.; ELERA, R.; SIMONETTI, C. Respuesta productiva de pollos broilers a la adición de enzimas exógenas a dietas basadas en maíz o titalca. **Revista de Ciencia e Investigación Agrícola**, Madrid, v. 28, n 1, p 23-26, 2001.

CHESSON, A. Feed Enzymes. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v 45, n. 1, p. 65-79, Dec. 1993.

CHESSON, A. Non starch polysaccharide degrading enzymes in poultry diets: influence of ingredients on the selection of activities. **World's Poultry Science Journal**, Oxford, v. 57, n. 3, p. 251-263, Sept. 2001.

CHESSON, A. Non-Starch polysaccharide degrading enzymes in poultry diets: influence of ingredients on the selection of activities. **World's Poultry Science Journal**, Oxford, v 57, n. 3, p. 250-262, Sept. 2001.

CHOCT, M.; ANNISON, G. Anti-nutritive effect of wheat pentosans in broiler chickens: roles of viscosity and gut microflora. **British Poultry Science**, Cambridge, v. 33, n. 4, p. 821-834, Sept. 1992.

CHOCT, H.; HUGHES, R. J.; BEDFORD, M. R.; MORGAN, A. J.; ANNISON, G. Increased small intestinal fermentation is partly responsible for the nutritive activity of non-starch polysaccharides in chickens. **British Poultry Science**, Cambridge, v. 37, n. 3, p. 609-621, July 1996.

CLASSEN, H. L.; GRAHAM, H.; INBORR, J.; BEDFORD, M. R. Growing interest in feed enzymes to lead to new products. **Feedstuffs**, Minneapolis, v. 63, n. 4, 1991.

CONTE, A. J.; TEIXEIRA, A. S.; BERTECHINI, A. G.; FIALHO, E. T.; MUNIZ, J. A. Efeito da fitase e xilanase sobre a energia metabolizável do farelo de arroz integral em frangos de corte. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 6, p. 1289-1296, nov./dez. 2002.

COON, C. N.; LESKE, K. L.; AKAVANICHAN, O.; CHENG, T. K. Effect of oligosaccharide-free soyabean meal on true metabolizable energy and fiber digestion in adult roosters. **Poultry Science**, Champaign, v 69, n. 12, p 787-793, Dec. 1990.

COWAN, W. D. Understanding the manufacturing distribution, application, and overall quality of enzymes in poultry feeds. **Journal of Applied Poultry Research**, Athens, v. 1, n. 1, p. 93-99, 1993.

COWAN, W.; JORGENSEN, P.; RASMUSSEN et al. Role of single activity xylanase components in improving feed performance in wheat based poultry diets. **Agro Food Industry**, Milano, v. 4, p. 11-14, 1993.

DASKIRAN, M.; TEEETER, R. G.; FODGE, D.; HSIAO, H. Y. An Evaluation of Endo β -D-mannanase (Hemicell) Effects on Broiler performance and Energy Use in diets Varying in β -mannan Content. **Poultry Science**, Champaign, v 83, n. 4, p. 662-668, Apr. 2004.

DOUGLAS, M. W.; PERSIA, M.; PARSONS, C. M. Impact of Galactose, Lactose and Grobiotic- B70 on Growth Performance and Energy Utilization When Fed to Broiler Chicks. **Poultry Science**, Champaign, v 82, n. 10, p 1596-1601, Oct. 2003.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do SISVAR para Windows versão 4. 0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERANCIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos, SP: UFSCar, 2000. p. 255-258.

FISHER, G.; MAIER, J. C.; RUTZ, F.; BERNNARDEZ, V. L. Desempenho de frangos de corte alimentados com dietas á base de milho e farelo de soja, com ou sem a adição de enzimas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, p. 402-410, 2002.

GARCIA, E. R. M.; MURAKAMI, A. E.; BRANCO, A. F.; FURLAN, A. C.; MOREIRA, I. Suplementação enzimática em dietas contendo farelo de soja e soja integral extrusada e efeitos na digestibilidade dos nutrientes, fluxo ileal da digesta e performance de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 5, p. 1414-1426, set./out. 2000.

GRAHAM, H.; FADEL, J. G.; NEWMAN, C. W.; NEWMAN, R. K. Effect of pelleting and beta-glucanase supplementation on the ileal and fecal digestibility of a barley-based diet in the pig. **Journal of Animal Science**, Champaign, v 67, n. 5, p 1293-1298, May 1989.

GRAHAM, H.; INDOOR, J. Stability of enzymes during processing. **Feed Mix**, Doetinchen, v. 1, n. 3, p. 18, 1993.

INTERNATION UNION OF PURE AND APPLIED CHEMISTRY - IUPAC. **Recomendations on organic & biochemical nomenclature, symbols & terminology, etc.** Disponível em: < <http://www.chem.qmul.ac.uk/iupac/>>. Acesso em: 11 jul. 2005.

JUANPERE, J.; PÉREZ- VENDRELL, A. M.; ANGULO, E.; BRUFAU, J. Assessment of Potential Interactions Between Phytase and Glycosidase Enzyme Supplementation on Nutrient Digestibility in Broilers. **Poultry Science**, Champaign, v. 84, n. 4, p. 571-580, Apr. 2005.

JUNQUEIRA, L. C. U.; JUNQUEIRA, L. M. M. S. **Técnicas básicas de citologia e histologia**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1983. 123 p.

LEHNINGER, A. L.; NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de bioquímica**. 2. ed. Editora Sarvier, 1995. 839 p.

MACARI, M. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 2002. 375 p.

MARSHMANN, G. J.; GRUPPEN, H.; VAN DER POEL, F. A.; KWAKKEL, P. R.; VERSTEGEN, M. W.; VORAGEN, A. G. The effect of thermal processing and enzyme treatments of soybean meal on growth performance, ileal nutrient digestibility, and chyme characteristics in broiler chicks. **Poultry Science**, Champaign, v. 76, n. 6, p. 864-872, June 1997.

MATHLOUTHI, N.; MALLET, S.; SAULNIER, L.; QUEMENER, B.; LARBIER, M. Effects of xylanase and β -glucanase addition on performance, nutrient digestibility, and physico-chemical conditions in the small intestine contents and caecal microflora of broiler chickens fed a wheat and barley-based diet. **Animal Research**, Les Ulis Cedexa, v 51, n. 5, p. 395-406, Sept./Oct. 2002.

MORAM, E. T. Pelleting: affects feed and its consumption. **Poultry Science**, Champaign, v. 66, n. 1, p. 30-31, Jan. 1987.

PACK, M.; BERFORD, M. Feed enzymes for corn-soybean broiler diets. A new concept to improve nutritional value and economics. **World's Poultry Science Journal**, Oxford, v. 13, n. 1, p. 87-93, Mar. 1997.

PARSONS, C. M.; ZHANG, Y.; ARABA, M. Nutritional Evaluation of Soyabean Meals Varying in Oligosaccharide Content. **Poultry Science**, Champaign, v. 79, n. 8, p. 1127-1131, Aug. 2000.

PENZ JR. Enzimas em rações para aves e suínos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998, Botucatu, SP. **Anais palestras...** Botucatu, São Paulo, 1998.

PEREIRA, A. S. Response to Allzyme Vegpro in a broiler diet with soy energy, protein and amino acids adjusted by 7% or added on top at a standart diet. In: BIOTECHNOLOGY IN THE FEED INDUSTRY ALLTECH'S ANNUAL SYMPOSIUM, 1999, Nottingham. **Poster...** Nicholasville: Corporate Media Services, 1999. p. 14.

SCHANG, M. J.; AZCONA, J. O.; ARIAS, J. E. The performance of broilers fed with diets containing Allzyme Vegpro. In: BIOTECHONOLGY IN THE FEED INDUSTRY ALLTECHS ANNUAL SYMPOSIUM, 1997, Nicholasville. **Proceedings...** Nicholasville : Corporate Media Services, 1997.

RODRIGUES, P. B.; ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T. Desempenho de frangos de corte, digestibilidade dos nutrientes e valores de energia de dietas formuladas com diferentes milhos, suplementadas com enzimas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 1, p. 171-182, jan./fev. 2003.

ROLL, V. F. B. **Efeito da forma física da ração sobre o desempenho e características de carca de frangos de corte machos criados no verão.** 1998. 68 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L. et al. **Tabelas Brasileiras para aves e suínos. Composição de alimentos e exigências nutricionais.** Viçosa, MG. Universidade Federal de Viçosa, 2000. 141 p.

SAMARASINGHE, K.; MESSIKOMMER, R.; WENK, C. activity of supplemental enzymes and their effect on nutrient utilization and growth performance of growing chickens as affected by pelleting temperature. **Archives of animal Nutrition- Archiv fur Tierernahrung**, Reading, v. 53, n. 1, p. 45-58, Jan. 2000.

SCHUTTE, J. B.; VAN KEMPEM, G. J. M.; HAMER, R. J. Possibilities to improve the utilization of feed ingredients rich in non-starch for poultry. In: CONFERÊNCIA EUROPEA DE AVICULTURA, 8., 1990, Barcelona. **Anais...** Barcelona, 1990. p. 128-133.

SIBBALD, I. R. A bioassay for true metabolizable energy in feedingstuffs. **Poultry Science**, Champaign, v 55, n. 1, p. 303-308, Jan. 1976.

SILVA, D. J. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos.** 2. ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1990. 165 p

SIMMONS, P. C. M.; VERSTEEGH, H. A. Improvement of phosphorus availability by microbial phytase. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 64, n. 2, p. 525-540, Sept. 1990.

SMITS, C. H. M.; ANNISON, G. Non-starch polysaccharides in broiler nutrition- towards a physiologically valid approach to their determination. **World's Poultry Science Journal**, Oxford, v. 52, n. 2, p. 203-221, July 1996.

TEJEDOR, A. A. **Uso de enzimas em dietas à base de milho e farelo de soja para frangos de corte.** 2000. 67 p. Tese (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

TORRES, D. M. **Valor nutricional de farelos de arroz suplementados com fitase, determinado por diferentes metodologias com aves.** 2003. 172 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

TORRES, D. M.; COTTA, J. T. B.; TEIXEIRA, A. S.; SANTOS, E. C.; FONSECA, R. A.; MUNIZ, J. A.; ALVEZ, E. L.; CAMARGO, M. S. Efeitos da suplementação enzimática em dietas à base de milho e soja sobre o desempenho de frangos de corte. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Recife. **Anais...** Recife, 2001.

VARGAS, G. D.; BRUM, P. A. R.; FIALHO, F. B.; RUTZ, F.; BORDIM. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 7, n. 1, p. 42-45, 2001.

WU, Y. B.; RAVINDRAN, V.; THOMAS, D. G.; BIRTLES, M. J.; HENDRIKS, W. H. Influence of phytase and xylanase, individually or in combination, on performance, apparent metabolisable energy, digestive tract measurements and gut morphology in broilers fed wheat-based diets containing adequate level of phosphorus. **British Poultry Science**, London, v. 45, n. 1, p. 76-84, Feb. 2004.

ZANELLA, I. **Efeito da suplementação de enzimas em dietas à base de milho e soja sobre a digestibilidade e desempenho em frangos de corte.** 1998. 179 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, São Paulo.

ZANELLA, I.; SAKOMURA, N. K. Effect of enzyme supplementation of broiler diets based on corn and soybeans. **Poultry Science**, Champaign, v 78, n. 4, p. 561-568, Apr. 1999.

ANEXO

Técnica utilizada na confecção de lâminas histológicas, descrita por Junqueira e Junqueira (1983), com algumas adaptações, para avaliação da morfoemtria intestinal do jejuno das aves.

1 Corte do Material

O material foi cortado utilizando navalhas para ser, posteriormente, desidratado, diafanizado, incluído em parafina, seccionado em micrótomo, corado e montado em lâminas para ser analisado ao microscópio.

2 Desidratação

Constitui-se na retirada da água dos tecidos e sua substituição por álcool. O material é submetido a uma sequência de álcoois de concentrações crescentes, 70, 80 e 90 %, e duas baterias de álcool etílico absoluto (100%) pelo período de 1 hora cada.

3 Diafanização

Nesta etapa ocorre a substituição do álcool dos tecidos por xilol. As amostras são mantidas em álcool e xilol (1:1) por 1 hora e posteriormente colocadas em duas baterias de xilol por 30 minutos cada.

4 Inclusão em parafina

Na impregnação, o xilol é substituído por parafina, o que é feito através de banho em parafina fundida em estufa por temperatura entre 56°C-58°C. Os

tecidos impregnados foram colocados em formas metálicas e armazenados em geladeira por 24 horas.

5 Microtomia

Os blocos de parafina contendo as amostras foram cortados em micrótomo (ANCAP 781), sendo realizadas secções de aproximadamente cinco micrômetros de espessura. As fitas obtidas foram transferidas para o banho-maria e depois transferidos cuidadosamente para uma lâmina, deixando-as secar por 24 horas até estarem bem fixas às lâminas.

6 Derretimento da parafina

As lâminas já secas foram colocadas por 5 a 10 minutos na estufa a 200°C para derreter a parafina.

7 Coloração

Nesta etapa, as lâminas foram colocadas em barreira de xilol por 20 minutos. Posteriormente foram mergulhadas em soluções decrescentes de álcool a 100%, 90%, 80% e 70% por um período de 5 minutos, depois permanecendo em água corrente por mais 15 minutos.

Os cortes foram corados por solução de hematoxilina por 1 minuto e lavados em água corrente, em seguida corados em solução de eosina por mais 1 minuto e lavados em água potável para retirar o excesso do corante.

Após esta etapa iniciou-se a desidratação com soluções de concentrações crescentes de álcool, 70%, 80%, 90%, e duas baterias de álcool etílico absoluto (100%) por cinco minutos cada, e a diafanização com duas etapas de xilol.

Posteriormente, as lâminas foram montadas com uma gota de bálsamo do Canadá com a finalidade de aderir a lâmina à lamínula.

8 Análises morfométricas

As análises morfométricas dos cortes histológicos do intestino delgado das aves foram realizadas no Laboratório de Biologia Molecular do Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras (DBI/UFLA), utilizando um microscópio óptico (OLYMPUS BX50) com aumento de 40 vezes.

Foram selecionados e medidos os comprimentos em linha reta, de acordo com a unidade adotada (μm), de 10 vilosidades e 10 criptas, bem orientadas, de cada região intestinal por animal. As medidas de altura de vilosidades foram tomadas a partir da base superior da cripta até o ápice da vilosidade e as criptas foram medidas entre as vilosidades da base inferior até a base superior da cripta.