

JAQUELINE DE CÁSSIA RAMOS DA SILVA

**EFEITO DO COMPLEXO ENZIMÁTICO SOBRE O
VALOR NUTRICIONAL E ENERGÉTICO DE DIETAS
PARA POEDEIRAS COMERCIAIS**

Recife – PE
Fevereiro de 2014

JAQUELINE DE CÁSSIA RAMOS DA SILVA

**EFEITO DO COMPLEXO ENZIMÁTICO SOBRE O
VALOR NUTRICIONAL E ENERGÉTICO DE DIETAS
PARA POEDEIRAS COMERCIAIS**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal Rural de
Pernambuco, como parte das
exigências do Programa de Pós-
Graduação em Zootecnia, para a
obtenção do título de *Magister
Scientiae*, área de produção de não
ruminantes.

Orientador: Carlos Bôa-Viagem Rabello, PhD.

Co-orientadores: Prof. Wilson Moreira Dutra Junior, PhD.

Prof. Maria do Carmo Mohaupt Marques Ludke, D.Sc.

Recife – PE
Fevereiro de 2014

JAQUELINE DE CÁSSIA RAMOS DA SILVA

**EFEITO DO COMPLEXO ENZIMÁTICO SOBRE O
VALOR NUTRICIONAL E ENERGÉTICO DE DIETAS
PARA POEDEIRAS COMERCIAIS**

Dissertação defendida e aprovada pela Comissão Examinadora em 20 de fevereiro de 2014.

Orientador:

Prof. Dr. Carlos Bôa-Viagem Rabello
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Departamento de Zootecnia

Comissão Examinadora:

Dr. Claudio José Parro
Bolsista PNPB
Departamento de Zootecnia

Profa. Dra. Maria do Carmo Mohaupt Marques Ludke
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Departamento de Zootecnia

Profa. Rosa Cavalcante Lira
Universidade Federal Rural de Alagoas
Departamento de Zootecnia

RECIFE – PE
2014

BIOGRAFIA DO AUTOR

Jaqueline de Cássia Ramos da Silva, filha de Juarez Maximiano da Silva e Ceci de Cássia Ramos da Silva, nasceu em Recife – PE, no dia 17 de abril de 1986. Coursou o ensino fundamental e médio na Escola Nossa Senhora de Rosário, concluindo este último em dezembro de 2003. Em fevereiro 2004 iniciou o curso técnico em agropecuária no Colégio Agrícola Dom Agostinho Ikas, finalizando-o em dezembro de 2006. Iniciou a graduação em Zootecnia na Universidade Federal Rural de Pernambuco em março de 2007, onde em 2008 tornou-se bolsista do Programa de Extensão Universitária na área de caprinocultura. No ano seguinte foi selecionada para participar do Programa de Educação Tutorial, no qual permaneceu até dezembro de 2011, quando recebeu o título de zootecnista. A partir de janeiro de 2012 iniciou as atividades no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco na área de Produção de Não Ruminantes. Em 20 de fevereiro de 2014 submeteu-se à defesa de dissertação para obtenção do título de “*Magister Scientiae*”.

DEDICO

Aos meus pais Ceci e Juarez, que dedicaram a vida a suas filhas e sempre me apoiaram e incentivaram a lutar pelos meus sonhos; a minha irmã Joselma Ramos e ao meu avô Severino Ramos(*in memoriam*).

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, que sempre me guiou nos momentos difíceis da minha vida e por colocar no meu caminho pessoas especiais.

Aos meus pais, Juarez e Ceci, pelo exemplo de dignidade, perseverança e amor e por tudo que fizeram por mim.

Ao meu noivo Euclides Moura e à minha irmã Joselma Ramos, pela ajuda, estímulo, dedicação e compreensão.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) e ao programa de Pós-graduação em Zootecnia, pelos conhecimentos.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudo durante o curso e à empresa Bioenzima, pelo financiamento do projeto

A meu orientador, Dr. Carlos Bôa-Viagem Rabello, pela orientação e apoio durante estes dois anos de trabalho.

Aos meus co-orientadores, Prof. Wilson Moreira Dutra Junior e Prof. Maria do Carmo Mohaupt Marques Ludke, pela contribuição.

Ao Grupo de avicultura pela ajuda nas pesquisas, em especial à Cláudia Lopes, Claudio Parro e Emmanuele Arruda.

Aos meus amigos da graduação: Ralph Pires, Daniel Dias, Jaesca Araújo, Waleska Medeiros, Rogério Junior, Lidiane Custódio, Eriberto Serafim, Elaine Soares, João Carneiro, José Gomes, Kesia Fernanda e Lucicleitom Melo.

Aos amigos da Pós-Graduação, que me acompanharam e contribuíram de alguma forma com meu aprendizado: Emanuela Nataly, Tayara Soares, Rafael Acioly, Izaura Lorena, Wanessa Noadya, Alexandra Andrade, Aline Lucena, Marina Almeida e Sabrina Felix.

A todos os funcionários do Departamento de Zootecnia. Enfim, a todas as pessoas que contribuíram direta ou indiretamente para o desenvolvimento desta dissertação de Mestrado.

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| Lista de Tabelas..... | ix |
| Resumo | x |
| Abstract..... | xi |
| Capítulo 1 - Referencial Teórico..... | 12 |
| Referências Bibliográficas..... | 24 |
| Capítulo 2 - Digestibilidade de dietas contendo complexo enzimático para galinhas poedeiras | 29 |
| Resumo..... | 30 |
| Abstract..... | 31 |
| Introdução..... | 32 |
| Material e Métodos..... | 33 |
| Resultados e Discussão..... | 38 |
| Conclusões..... | 45 |
| Referências Bibliográficas..... | 46 |
| Capítulo 3 Uso de complexo enzimático com diferentes dosagens em dietas com ingredientes valorizados para poedeiras comerciais..... | 50 |
| Resumo..... | 51 |
| Abstract..... | 52 |
| Introdução..... | 53 |
| Material e Métodos..... | 54 |
| Resultados e Discussão..... | 59 |
| Conclusões..... | 67 |
| Referências Bibliográficas..... | 68 |
| Considerações Finais..... | 73 |

LISTA DE TABELAS

Digestibilidade de dietas contendo complexo enzimático para galinhas poedeiras

| | |
|---|----|
| Tabela 1. Composição percentual e valores nutricionais das dietas experimentais..... | 35 |
| Tabela 2. Médias dos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS), proteína bruta (CDAPB) e energia bruta (CDAEB), valores de energia metabolizável (EMA), energia metabolizável corrigida para balanço de nitrogênio (EMAn) e parâmetros estatísticos..... | 39 |
| Tabelas 3. Médias dos coeficientes de digestibilidade ileal da matéria seca (CDIMS) e proteína bruta (CDIPB) e valores de matéria seca (MSD) e proteína digestível (PBD) e parâmetros estatísticos..... | 43 |
| Tabela 4. Médias dos valores de fósforo ingerido (P ing), fósforo excretado (P exc), fósforo retido (P ret) e coeficiente de digestibilidade aparente do fósforo (CDAP) e parâmetros estatísticos..... | 45 |

Uso de complexo enzimático com diferentes dosagens em dietas com ingredientes valorizados para poedeiras comerciais

| | |
|---|----|
| Tabela 1. Composição percentual e valores nutricionais das dietas experimentais..... | 53 |
| Tabela 2. Médias dos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS), proteína bruta (CDAPB) e energia bruta (CDAEB), valores de energia metabolizável (EMA), energia metabolizável corrigida para balanço de nitrogênio (EMAn) e parâmetros estatísticos..... | 60 |
| Tabela 3. Médias dos coeficientes de digestibilidade ileal da matéria seca (CDIMS) e proteína bruta (CDIPB) e valores de matéria seca (MSD) e proteína digestível (PBD) e parâmetros estatísticos..... | 63 |
| Tabela 4. Médias dos valores de fósforo ingerido (P ing), fósforo excretado (P exc), fósforo retido (P ret) e coeficiente de digestibilidade aparente do fósforo (CDAP) e parâmetros estatísticos..... | 65 |

RESUMO

Com o objetivo de avaliar o efeito da inclusão do complexo enzimático da Bioenzima® sobre a digestibilidade dos nutrientes de dietas de galinhas de postura comercial, foram realizados dois experimentos no Laboratório de Digestibilidade de Não-Ruminantes do Departamento de Zootecnia da UFRPE, com duração de 10 dias. Foram selecionadas 180 galinhas de postura, sendo 90 da linhagem *Dekalb White* e 90 da linhagem *Dekalb Brown* em um delineamento inteiramente casualizado. Foram submetidas ao ensaio de coleta total e ileal. Para o experimento I o primeiro tratamento foi denominado referência (sem o complexo enzimático), o segundo tratamento foi o controle positivo (Ração referência + complexo enzimático) e os demais foram denominados testes, pois além do complexo enzimático, apresentou uma valorização na composição química do milho e farelo de soja em 2%, 4% e 6%, respectivamente. Assim, teremos cinco tratamentos e seis repetições, com três aves por parcela. No segundo experimento, os tratamentos foram todos com o mesmo controle negativo, com 3% de valorização e aumento na dosagem do complexo enzimático de 0 ppm, 150 ppm, 200 ppm, 250 ppm, 300 ppm, sendo cinco tratamentos e cinco repetições, com três aves por parcela. As análises estatísticas foram realizadas no programa SISVAR. No primeiro experimento pode-se concluir com esse estudo que o uso do complexo enzimático pode ser utilizado em rações com valorização de até 2% com resultados semelhantes à ração referência. E o melhor aproveitamento do fósforo foi observado em dietas sem valorização. Para o segundo experimento, para os coeficientes de digestibilidade aparente, os resultados não foram significativos. Já para a digestibilidade ileal de proteína bruta, na dosagem de 200ppm, apresentou melhor resultado e para o coeficiente de digestibilidade do fósforo até a dosagem 200ppm se mantém semelhante.

ABSTRACT

In order to evaluate the effect of enzymatic complex Bioenzima® inclusion in laying hens' diets on nutrients digestibility were accomplished two experiment at non-ruminant digestibility's Lab in the Animal Science building of UFRPE, during 10 days. 180 laying hens were selected, 90 of them were *Dekalb white* strain and 90 were *Dekalb Brown* strain. All birds were distributed in the completely randomized design, five treatment and six replication with three bird/replication. The total and ileal collected were made. In the experiment I the first treatment was called reference diet (without enzymatic complex), the second treatment was called positive control (with enzymatic complex), and three another treatments were called test, besides the enzymatic complex inclusion, they had corn and soybean meal's chemical composition overestimated. In the experiment II, all treatments were the negative control of the prior experiment, they had 3% of overestimated and increasing enzymatic levels (0 ppm, 150 ppm, 200 ppm, 250 ppm, 300 ppm). The statistical analyses were made by Sisvar program. According to first experiment, the Bioenzima's enzymatic complex may be used in laying hens' diets with 2% of overestimated. The best phosphorus utilization was noted in diets without overestimated. According to second experiment, the results of apparent digestibility coefficients no differ among treatments. The treatment with 200 ppm of enzymatic complex showed highest value of ileal digestibility of crude protein and until this dosage, the results of digestibility coefficient of phosphorus were similar.

CAPÍTULO I

Referencial Teórico

Enzimas e Seu Uso na Alimentação de Aves

As enzimas são proteínas 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 contém grupos protéticos constituídos por íons metálicos, por coenzimas ou por ambos (LEHNINGER, 1995).

Deste modo, as indústrias produtoras de enzimas comercializam enzimas específicos ou complexos enzimáticos, produzidos industrialmente por laboratórios especializados, por meio de culturas aeróbicas, derivados da fermentação fúngica, bacteriana e de leveduras (BORGES, 1997). A atualização dos conhecimentos sobre utilização das enzimas em rações à base de milho e farelo de soja também é um fator que é foco de estudos, assim como a utilização de enzimas exógenas. O objetivo do uso de enzimas nessas dietas é melhorar a digestibilidade de frações pouco digestíveis ou indigestíveis destes dois ingredientes que são de fundamental importância para produção avícola nacional.

As aves são animais que não estão aptos a digerirem carboidratos não amídicos, como os presentes na fibra solúvel e insolúvel. Assim, muitos ingredientes vegetais usualmente utilizados nas dietas das aves apresentam valores de digestibilidade muito inferiores, quando administrados às aves em comparação com animais com capacidade fermentativa superior, no caso dos suínos. A melhora da capacidade digestiva das aves, através do uso de enzimas suplementares, apresenta-se como uma alternativa séria para não só melhorar o desempenho animal, através da melhora da digestibilidade, mas

também como forma de reduzir a quantidade de excretas produzidas, o que reduz o potencial contaminante do ambiente (VIEIRA, 2003).

As enzimas são proteínas globulares, de estrutura terciária ou quaternária, que agem como catalisadores biológicos, aumentando a velocidade das reações no organismo, sem serem, elas próprias, alteradas neste processo (FIREMAN; FIREMAN, 1998). São eficientes catalisadores em sistemas biológicos (STRYER, 1995) e sua atividade auxiliam o melhor aproveitamento dos nutrientes do alimento pelo animal.

De acordo com Acamovic e McCleary (1996), a ação de uma enzima é influenciada por fatores como pré-tratamento do alimento, pH e comprimento do trato gastrointestinal, grau de hidratação e temperatura do corpo do animal, susceptibilidade da enzima exógena ao ataque da enzima endógena, concentração do produto em razão da hidrólise da enzima, atividade e concentração da enzima endógena e tipo de ingrediente utilizado na dieta. Esses fatores interferem também na velocidade da reação, que é aumentada devido ao abaixamento da energia de ativação necessária para converter o substrato no produto.

De acordo com Lecznieski (2006), enzimas são compostos proteicos que atuam em substratos específicos, conforme condições de temperatura, umidade e pH, em um tempo definido. Todas as reações bioquímicas que acontecem nos organismos vivos são catalisadas por alguma enzima. Já Classen et al. (1991) relatam que a estrutura molecular das enzimas é bastante frágil e pode ser desnaturada pelo calor, pelos ácidos, pelas vitaminas, pelos minerais, metais pesados e 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.

As enzimas podem ser adicionadas nas rações na forma de complexos enzimáticos (CE), podendo estes conter fitase, protease, xilanase, β -glucanase, amilase, pectinase e celulase, que aumentam a disponibilidade de fósforo, energia, proteína e aminoácidos dos ingredientes, resultando em melhor aproveitamento das dietas. Segundo Henn (2002), as moléculas de enzimas contêm uma fenda especial denominada sítio ativo, que contém 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. Qualquer que seja o mecanismo catalítico de uma reação, uma vez que as moléculas de substrato tenham reagido, a enzima separa-se dos produtos, liberando a molécula de enzima para novas reações. Portanto, as enzimas não são consumidas nas reações que catalisam.

O amido é o principal carboidrato de reserva do grão de milho, sendo também a principal fonte de energia do cereal. Apesar de o amido ser considerado um composto homogêneo, pode variar consideravelmente em sua composição em amilose e amilopectina. O conteúdo de amilose aumenta com a idade e tamanho do grânulo de amido. Normalmente os milhos com maiores teores de amilopectina possuem a fração amido mais hidrossolúvel e com melhor facilidade de digestão. Além do amido, outros carboidratos como os PNAs (polissacarídeos não amiláceos solúveis) e oligossacarídeos estão presentes no milho e normalmente não são utilizados (BERTECHINI; BRITO, 2007). Da mesma forma que ocorre com o milho, a soja advinda de diferentes regiões ou colheitas também apresenta variações em sua composição.

Os polissacarídeos não amiláceos ou simplesmente fibras, principais constituintes da parede celular dos alimentos de origem vegetal, não são digeridos pelas aves, devido à natureza de suas ligações, sendo resistentes à hidrólise no trato digestivo.

SILVA, J.C.R. Efeito do complexo enzimático sobre o valor nutricional...

A dificuldade na digestão da fibra, além de reduzir a energia do alimento, pode prejudicar a utilização de todos os outros nutrientes, levando a um aumento do volume e conteúdo das excreções. Isso ocorre principalmente quando o tipo de fibra do alimento é solúvel, ou seja, tem grande capacidade de absorver água e formar substância gelatinosa no trato intestinal (CONTE et al., 2003).

Alimentos utilizados nas rações das aves apresentam em sua composição química os PNAs e o uso de enzimas exógenas favorece a hidrólise desse composto. Outra consequência importante desta utilização é a redução do impacto negativo destes resíduos não digestivos sobre a viscosidade da digesta (BUCHANAN et al., 2007), o aumento da viscosidade da digesta vai interferir diretamente na absorção de nutrientes, já que ocorre retenção de água, formando uma matéria viscosa e os nutrientes não entram em contato com as vilosidades. Os PNAs têm um alto poder de retenção de água o que dificulta a ação enzimática, formando uma substância de característica gelatinosa no trato intestinal (LIMA et al., 2007).

Segundo Soto-Salanova et al. (1996), as enzimas rompem as paredes celulares das fibras, diminuindo a viscosidade do bolo intestinal e disponibilizando os nutrientes para o animal, por agirem fazendo a hidrólise dos componentes da digesta. Logo, as enzimas exógenas aumentam a digestibilidade do alimento por diminuírem o conteúdo de polissacarídeos não amídicos (PNAs), ou seja, de componentes estruturais das paredes celulares dos cereais, diminuindo, conseqüentemente, a carga bacteriana cecal.

As enzimas capazes de hidrolisar ligações glicosídicas são as β -glucanases, que são sintetizadas por fungos e bactérias (CHESTERS, 1963), esta atuação se relaciona a uma maior liberação na quantidade de açúcares disponível (BELLAVAR, 2005).

Os benefícios do uso das glucanases em aves alimentadas com cereais viscosos incluem a redução da quantidade de excretas eliminadas para o meio, bem como a

diminuição dos problemas associados às fezes úmidas, como ovos sujos, produção de gases elevada (amônia) e presença de moscas e roedores nas instalações (CHOCT, 2004).

As carboidrases, de acordo com Daskiran (2004), são as manases e galactomanases, que têm como principal função minimizar os efeitos negativos de dietas contendo galactomananos, como o farelo de soja. Ainda em relação ao farelo de soja, de acordo com Douglas et al. (2003), as enzimas galactosidases têm sido utilizadas em dietas para aves para disponibilizar a energia metabolizável desse alimento, hidrolisando os oligossacarídeos rafinose e estaquiose.

As proteases hidrolisam as ligações peptídicas das proteínas levando à formação de grupos amina (NH₂) e carboxila (COOH), originando polipeptídios de menor peso molecular ou aminoácidos livres. Ainda exibem preferências de acordo com os grupos presentes nas proximidades das ligações peptídicas nas quais irão agir. São denominadas exopeptidases aquelas que exibem preferência pelas extremidades C- ou N- terminais da cadeia peptídica, especificamente pelos grupos carboxila ou amino livres; e endopeptidases, as que atuam dentro da cadeia peptídica e cuja especificidade depende das cadeias laterais de aminoácidos encontradas na proximidade do sítio de hidrólise (MERHEB, 2007). Ainda, segundo Garcia et al. (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.

As pectinases formam um grupo de enzimas que degradam substâncias pécicas, hidrolisando ligações glicosídicas ao longo da cadeia carbônica são produzidas por fungos filamentosos, bactérias e leveduras (UENOJO; PASTORE, 2000).

A utilização da β -mananase degrada os β -mananos e, com isso, reduz seu peso molecular e sua forte carga sobre o sistema imunológico, tendo como consequência de grande quantidade de energia metabolizável (JACKSON et al., 2003).

As xilanases são glicosídeos responsáveis principalmente pela hidrólise das ligações β -1,4 presentes na xilana vegetal (componentes da hemicelulose). Tendo em vista que as hemiceluloses são constituídas de vários polímeros (principalmente xilana), formados por diferentes resíduos de açúcares, a sua degradação completa necessita da ação cooperativa de um consórcio de enzimas específicas. A enzima principal na despolimerização da xilana é a endo β -1,4 xilanase (COUGHLAN; HAZLEWOOD, 1993).

Nos últimos anos a comunidade científica vem discutindo os efeitos negativos que o fitato pode causar para a digestibilidade de microminerais (Harland e Morris, 1995), proteína (Cowieson e Cowieson, 2011), aminoácidos (Cowieson e Ravindran 2007, Cowieson *et al.*, 2004), sódio (Cowieson *et al.*, 2004) e utilização da energia. Essa é uma área de estudo relativamente nova, onde doses mais altas de fitato tem sido empregadas para determinar o efeito extra-fosfórico das fitases, ou seja, a resposta à adição de altas doses de fitase que não estejam meramente associadas à liberação de fósforo do fitato, mas sim por evitar os danos causados pelo fitato na digestibilidade dos nutrientes supracitados.

Santos (2012) ainda cita que a afinidade do fitato a cátions no trato gastrointestinal varia de acordo com o pH, fato este que está relacionado com a constante de dissociação da molécula (pKa), o que significa que o fitato pode estar levemente carregado negativamente (em pH ácido) ou fortemente carregado negativamente (em pH neutro/alcalino).

Segundo Roland et al., (2006), a fitase catalisa o fitato disponibilizando fósforo e outros elementos outrora indisponíveis como cálcio, magnésio, zinco, ferro e moléculas orgânicas, como aminoácidos. A fitase exógena inibe a formação dos complexos binários entre proteína e fitato, possibilitando uma melhoria no aproveitamento dos aminoácidos (SELLE; RAVINDRAN, 2007).

Aves e outros animais monogástricos apresentam quantidades insuficientes de enzimas para degradar PNAs, dificultando o aproveitamento de alimentos que possuem alto teor destes compostos, que formam uma espécie de gel, aumentando a viscosidade da digesta e inviabilizando a absorção de nutrientes (GIACOMETTI et al., 2003).

Segundo Murakami et al., (2007), o fato de os ingredientes das rações possuírem diferenças em suas composições químicas e considerando que as enzimas são específicas em suas reações, complexos multienzimáticos compostos por várias enzimas costumam ser mais efetivos.

O potencial nutritivo dos alimentos em seu estado natural normalmente não é considerado na formulação de dietas para animais devido às limitações impostas por alguns tipos de alimentos pela presença de fatores antinutricionais, assim com a ausência (ou insuficiência) de enzimas digestivas para rompimento de ligações químicas específicas, as quais unem e impedem a liberação de nutrientes. A necessidade em utilizar os nutrientes de forma eficiente é o principal argumento para a adição de enzimas alimentares em dietas para animais não-ruminantes (WU; RAVINDRAN, 2002).

As enzimas específicas que têm mostrado benefícios para animais não-ruminantes são as xilanases para dietas à base de trigo, tritcale e arroz e b-glucanases ou celulases para dietas à base de cevada e aveia (MARQUARDT et al., 1996). Uma

SILVA, J.C.R. Efeito do complexo enzimático sobre o valor nutricional...

vez que as enzimas tendem a melhorar o desempenho dos animais alimentados com cereais de baixa energia metabolizável aparente (EMA), um benefício adicional seria a obtenção de maior uniformidade, reduzindo a variação entre lotes (MARQUARDT; BEDFORD, 2001).

Rodrigues et al. (2003), também trabalhando com dietas a base de milho e farelo soja para frangos suplementadas com enzimas (xilase, amilase e protease), apesar de não terem observado alteração no desempenho, observaram melhoria na digestibilidade ileal da proteína bruta, do amido e da energia digestível das rações em frangos de corte dos 15 aos 27 dias de idade.

Roland et al. (2006), adicionando fitase nas dietas para poedeiras deficientes em fósforo (0,11%), verificaram melhoria na digestibilidade dos aminoácidos e dos carboidratos. Estudos realizados por Strada et al. (2005), utilizando rações formuladas com valores superestimados em 9% para EM e 7% para aminoácidos, suplementadas com complexo multienzimático, demonstraram a melhoria da eficiência de utilização da EM e dos aminoácidos (Met, Met+Cis e Lis) e autores concluíram que a redução da densidade energética e aminoacídica das dietas à base de farelo de soja e milho, contendo complexo multienzimático, não comprometem o desempenho de frangos de corte, podendo ser um recurso na redução dos custos de produção.

Também utilizando complexo multienzimático à base de protease, amilase e celulase (500ml/t de ração), Brito et al. (2006) avaliaram os efeitos das enzimas e do nível de processamento da soja integral sobre os valores energéticos e os coeficientes de digestibilidade dos nutrientes em frangos de corte dos 8 aos 19 dias. Nesse caso, o uso do complexo multienzimático, independente do processo de extrusão da soja, aumentou em média 2,7% o valor de EM.

Ainda em relação à combinação das enzimas amilase, protease e

xilanase, Zanella et al (1999) avaliaram o efeito da suplementação enzimática de rações à base de milho e soja para frangos de corte de 1 a 45 dias de idade. Os autores concluíram que a suplementação enzimática melhorou a digestibilidade proteica em 2,9%,

As aves excretam mais da metade do fósforo e do nitrogênio que consomem. O uso de enzimas na ração das aves, melhora a digestibilidade e disponibilidade de certos nutrientes para os animais, principalmente o fósforo, nitrogênio, cálcio, cobre e zinco, diminuindo a sua presença nas fezes e urina, e conseqüentemente, a sua deposição no meio ambiente (CAMPESTRINI et al., 2005). Esses resultados demonstram a possibilidade de redução dos níveis de proteína da ração, reduzindo uma possível excreção de nitrogênio ao meio ambiente (OPALINSKI, 2006).

Em estudos feitos por Plumstead et al. (2007), avaliando a redução de fósforo na dieta junto com a suplementação de fitase, foram obtidos bons resultados na produção de pintos por matriz alojada com as dietas, ficando totalmente possível reduzir os níveis de fósforo inorgânico das mesmas, o que reduziria em muito os gastos, sem afetar negativamente o desempenho das aves matrizes.

A adição de enzimas exógenas em rações contendo ingredientes com alta porcentagem de polissacarídeos não amiláceos e/ou fatores antinutricionais melhora a digestibilidade dos nutrientes e, conseqüentemente, exerce um efeito positivo sobre o desempenho de aves (HANNAS; PUPA, 2007). A consideração do aporte de nutrientes adicional possibilita a otimização adequada das rações, garantindo o mesmo desempenho com menor custo de produção.

Leslie e Lyons (1996) afirmaram que o valor da energia metabolizável da soja pode ser superestimado em 7 a 9% em frangos de corte; já Costa et al., em (2004), encontraram valores de 5 a 7% nos aminoácidos, quando enzimas nas dietas.

Levando-se em conta que a soja contribui com mais de 70% da proteína em dietas avícolas, a suplementação com enzimas pode ser uma excelente ferramenta para um melhor aproveitamento desse ingrediente e, conseqüentemente, aumento de lucratividade da atividade.

Brenes et al. (1996) avaliaram o desempenho de frangos de corte consumindo dietas à base de cevada e trigo e observaram melhora no desempenho produtivo dos animais que consumiram as dietas suplementadas com xilanase e β -glucanase formuladas com ambos os cereais.

Conforme Noy e Sklan (1995), a digestibilidade do amido do milho no final do íleo terminal pode ser menor que 85%, não sendo afetado pela idade da ave. Esse amido, que não é digerido, é conhecido por amido resistente e constitui-se uma grande oportunidade para o uso de amilase exógena.

Murakami et al. (2007), estudando o efeito da suplementação enzimática no desempenho e qualidade dos ovos de poedeiras comerciais, concluíram que a adição de um complexo multienzimático ao nível de 400 ppm ou 500 ppm em rações com base de milho e farelo de soja para poedeiras comerciais (29 a 49 semanas de idade) permite uma redução na densidade nutricional do farelo de soja em até 7% em relação ao nível proteico e aminoacídico e 9% em relação ao nível energético, sem comprometer os resultados produtivos e de qualidade dos ovos.

Já no trabalho de Lázaro et al. (2003), os autores constataram que poedeiras alimentadas com dietas à base de centeio, trigo e arroz, suplementadas com uma combinação enzimática, produziram 2,1% a mais ovos por galinha alojada.

A eficácia da suplementação enzimática tem sido bem estabelecida (SILVA; SMITHARD, 2002) e o uso de xilanases e β -glucanases tem se mostrado eficiente em melhorar o desempenho de aves alimentadas com dietas contendo ingredientes como

trigo e cevada, que promovem o aumento da viscosidade.

A digestibilidade dos nutrientes pode ser melhorada com a suplementação de enzimas exógenas. De acordo com Rutherford et al. (2002), a adição de fitase melhora a retenção de minerais e segundo Nunes et al. (2001), ocorre aumento na digestibilidade de aminoácidos, lipídeos e dos carboidratos. Wu et al. (2005) concluíram que a adição de β -mananase melhora a conversão alimentar em aproximadamente 4,2% em poedeiras alimentadas com uma dieta com baixa energia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACOMOVIC, T.; MC CLEARY, B.V. Optimising the response. **Feed Mix**, v.4, n.4, p.14-19, 1996.
- BELLAVER, C. Utilização de melhoradores de desempenho na produção de suínos e de aves. Campo Grande, MS. In: **Congresso internacional de Zootecnia**, Campo Grande: ABZ . Embrapa Pantanal, p.1-29, 2005.
- BERTECHINI, A.G.; BRITO, J.A.G. **Utilização Correta de Enzima em Rações de Aves**. Acessado em 10/10/2013 Disponível em:<http://www.aveworld.com.br/index.php?documento=1337>, 2007.
- BORGES, F. M. Utilização de enzimas em dietas avícolas. **Caderno Técnico da Escola de Veterinária da UFMG**, Belo Horizonte, n.20, p.5-30,1997.
- BRENES, A. et al. Effect of enzyme supplementation on the performance and digestive tract size of broiler chickens fed wheat- and barley-based diets. **Poultry Science, Champaign**, v. 72, p. 1731-1739, 1996.
- BRITO, C.O.; ALBINO, L.F.T.; ROSTAGNO, H.S.; GOMES, P.C.; CARVALHO, D.C.O. et al. Adição de complexo multienzimático em dietas à base de soja extrusada: valores energéticos e digestibilidade do nutrientes em pintos de corte. **Revista Brasileira Zootecnia**, Viçosa, v.35, n.3, p.1047-1055, 2006.
- BUCHANAN N.P., KIMBLER L.B., PARSONS A.S. ET AL. The effects of nonstarch polysaccharide enzyme addition and dietary energy restriction on performance and carcass quality of organic broiler chickens. **J. Appl. Poultry Res.** v.16, p.1-12, 2007.
- CAMPESTRINI E., SILVA V.T.M. & APPELT M.D. Utilização de enzimas na alimentação animal. **Revista Eletrônica Nutritime** n. 6, v.2, p.254-267, 2005.
- CHESTERS, C. G. C., & BULL, A. T. The enzymic degradation of laminarin.1. The distribution of laminarinase among microorganisms. **Biochem.** v. 86, p. 28-31.1963.
- CHOCT M., KOCHER A., WATERS D.L.E., et al. A comparison of three xylanases on the nutritive value of two wheats for broiler chickens. **British Journal of Nutrition**, v.92, p.53-61, 2004.
- CLASSEN, H.L.; GRAHAM, H.; INBORN, J.; BEDFORD, M.R. Growing interest in feed enzymes to lead to new products. **Feedstuffs**, Minneapolis, n.4, v.63, 1991.
- CONTE, A.J.; TEIXEIRA, A.S; FIALHO, E.T.; SCHOULTEN, N.A.; BERTECHINI, A.G. Efeito da Fitase e Xilanase sobre o Desempenho e as Características Ósseas de Frangos de Corte Alimentados com Dietas Contendo Farelo de Arroz. **Revista Brasileira de Zootecnia**, n.5, v.32, p.1147-1156. 2003.

SILVA, J.C.R. Efeito do complexo enzimático sobre o valor nutricional...

COSTA, F.G.P.; CLEMENTINO, R.H. JÁCONE, I.M.T.D. NASCIMENTO, G.A.J. PEREIRA, W.E. Utilização de um complexo multienzimático em dietas de frangos de corte. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, n.2, v.5, p.63-71, 2004.

COUGHLAN, M.P.; HAZLEWOOD, G.P. Beta-1,4-D-xylan-degrading enzyme systems: biochemistry, molecular biology and applications. **Biotechnology and Applied Biochemistry, Great Britain**, v.17, p.259-289, 1993.

COWIESON, A.J., T. ACAMOVIC, M.R. BEDFORD. The effect of phytase and phytic acid on the endogenous loss from broiler chickens. **British Poultry Science**, 45: 101-108. 2004.

COWIESON, A.J.; Cowieson, N.P. Phytate and the thermodynamics of water. **Australian Poultry Symposium**, Page 11. 2011.

DASKIRAN, M.; TEETER, 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**, v.83, p.662-668, 2004.

DOUGLAS, M.W.; PERSIA, M.; PARSONS, C.M. Impact of galactose, lactose and probiotic -B70 on growth performance and energy utilization when fed to broiler chicks. **Poultry Science**, n.10 v.82, p.1596-1601, 2003.

FIREMAN, F. A. T.; FIREMAN, A. K. B. A. T. Enzimas na alimentação de suínos. **Ciência Rural**, n.1, v. 28, p. 173-178, 1998.

GARCIA, E.R.M.; MURAKAMI, A.E.; BRANCO, A.F.; FURLAN, A.C. 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**, Viçosa, n.5, v.29, p.1414-1426, 2000.

GIACOMETTI, R. A.; TEIXEIRA, A. S.; RODRIGUES, P. B.; FREITAS, R. T. F.; BERTECHINI, A. G.; FIALHO, E. T.; SANTOS, A. V. Valores energéticos do farelo de arroz integral suplementado com complexo enzimáticos para frango de corte. **Ciência agrotécnica**, Lavras. n.3,v.27, p.703-707, 2003.

HANNAS M.I. & PUPA J.M.R. **Enzimas: Uma alternativa viável para enfrentar a crise na suinocultura**. Acessado em 26 de abril de 2012. Disponível na internet: <http://pt.engormix.com/MA-suinocultura/nutricao/artigos/enzimas-alternativa-viavelenfrentar-t26/141-p0.htm>, 2007.

HENN, J.D. **Aditivos enzimáticos em dietas de suínos e aves**. 2002. Disponível em: www6.ufrgs.br/bioquimica/posgrad/BTA/aditiv_enzimas.pdf. Acessado dia 18/10/2011.

JACKSON, M.E.; ANDERSON, D.M.; HSIAO, H.Y.; MATHIS, G.F.; FODGE, D.W. Beneficial effect of β -mannanase feed enzyme on performance of chicks

SILVA, J.C.R. Efeito do complexo enzimático sobre o valor nutricional...

challenged with *Eimeria* sp. and *Clostridium perfringens*. **Avian Diseases**. v.47, p. 759 – 763, 2003.

LÁZARO, R. Et al. Effect of enzyme addition to wheat barley- and rye-based diets on nutrient digestibility and performance of laying hens. **Brit. Poultry Science**, Basingstoke, n.2, v. 44, p. 256- 265, 2003.

LECZNIESKI, J.L. Considerações práticas do uso de enzimas. In: V Seminário Internacional de Aves e Suínos - AveSui 2006. 2006. Florianópolis. **Anais...** Florianópolis. 2006.

LEHNINGER, A. L.NESSON, D.L.; COX, M.M. Princípios de Bioquímica. São Paulo, **Sarvie**, 2 ed., p. 839, 1995.

LESLIE, A.J. The ever increasing role of the biotechnology in the poultry industry: lessons from the past and thoughts for the future. In: NORTH AMERICAN UNIVERSITY TOUR, 1996, Nicholasville. Proceedings... Nicholasville: **Alltech**, p. 65-85. 1996.

LIMA, R. de L.; SILVA, J. H. V.; ARAUJO, J. A.; et al. Enzimas exógenas alimentação de aves. **Acta Veterinaria Brasilica**, v.1, p. 99-110, 2007.

MARQUARDT, R.R. & BEDFORD, M.R. Future horizons. In: BEDFORD M.R. & PARTRIDGE G.G. (Ed.). Enzymes in farm animal nutrition. **Oxford, CAB Publishing**, p. 389-398, 2001.

MARQUARDT, R.R.; BRENES, A.; ZHANG, Z. et al. Use of enzymes to improve nutrient availability in poultry feedstuffs. **Animal Feed Science Technology**, v.60, p.321-330, 1996.

MERHEB, C.W.; CABRAL, H.; GOMES, E.; SILVA, R. Partial characterization of protease from a thermophilic fungus, *Thermoascus aurantiacus*, and its hydrolytic activity on bovine casein. **Food Chemistry**, v.104, p.127-131, 2007.

MURAKAMI, A. E.; FERNADES, J.I.M.; SAKAMOTO, I. M.; SOUZA, L. M. G.; FURLAN, A. C. Efeito da suplementação enzimática no desempenho e qualidade dos ovos de poedeiras comerciais. **Acta Scientiarum**. Maringá, v. 29, p. 109 – 114, 2007.

NOY, Y.E.; SKLAN, D. Digestion and absorption in the young chick. **Poultry Science** Savoy, n.4, v.74, p. 366-373, 1995.

NUNES, R.V.; BUTERI, C.B.; NUNES, C.G.V. et al. Fatores Antinutricionais dos Ingredientes Destinados à Alimentação Animal. In: **Anais...** Simpósio sobre Ingredientes na Alimentação Animal. Campinas, CBNA, p.235-272.2001.

SILVA, J.C.R. Efeito do complexo enzimático sobre o valor nutricional...

OPALINSKI M. 2006. Utilização de enzima e soja integral em rações para frangos formuladas com ingredientes alternativos com base em aminoácidos digestíveis e totais. **Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Paraná**, Curitiba, 2006.

PLUMSTEAD P.W., SANCHEZ H.R., MAGUIRE R.O., GERNAT A.G. & BRAKE J. Effects of phosphorus level and phytase in broiler breeder rearing and laying diets on live performance and phosphorus excretion. **Poultry Science** v.86, p.225-231, 2007.

RODRIGUES, P.B.; ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; GOMES, P.C. et al. Desempenho de frangos de corte, digestibilidade de nutrientes e valores energéticos de rações formuladas com vários milhos, suplementadas com enzimas. **Revista Brasileira Zootecnia**, Viçosa, n.1, v.32, p.171-182, 2003.

ROLAND D.A. ET AL. Comparison of Natuphos and Phyzyme as Phytase Sources for Commercial Layers Fed Corn-Soy Diet. **Poultry Science** Assoc. 2006.

RUTHERFURD S.M., CHUNG T.K. & MOUGHAN P.J. The effect of microbial phytase on ileal phosphorus and amino acid digestibility in the broiler chicken. **Brit. Poultry Science**, v.44, p. 598-606. 2002.

SANTOS, T.T. Phytate: anti-nutrient for poultry and swine. **Feedstuffs**, v. 84, p.1-3. 2012.

SELLE P.H. & RAVIDRAN V. 2007. Microbial phytase in poultry nutrition: Review. **An. Feed Sci. Technol.** 2007.

SILVA, S.S.P.; SMITHARD, R.R. Effect of enzyme supplementation of a rye-based diet on xylanase activity in the small intestine of broilers, on intestinal crypt cell proliferation and on nutrient digestibility and growth performance of the birds. **British Poultry Science**, v.43, p.274-282, 2002.

STRYER, L. **Bioquímica**. 4.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p. 1000, 1995.

SOTO-SALANOVA, M. The use of enzymes to improve the nutritional value of corn soy diets for poultry and swine, Campinas, SP. In: SIMPÓSIO LATINO - AMERICANO DE NUTRIÇÃO DE SUÍNOS E AVES, 1996, Campinas, SP, **Anais...** Campinas: CBNA, p.1-13. 1996.

UENOJO, M.: PASTORE, G. M. Pectinases: aplicações industriais e perspectivas. **Química Nova** [online]. n.2, v..30, n.2, p. 388-394. ISSN 0100-4042, 2000.

VIEIRA, Sergio L. Oportunidade para o uso de enzimas em dietas vegetarianas. IV SIMPÓSIO BRASIL SUL DE AVICULTURA, 2003, Chapecó - SC. **Anais...**Chapecó: p91- 95. 2003.

WU, G.; BRYANT, M.M.; VOITTE, R.A.; ROLAND, D.A., Sr. Effect of β -mannanase in corn-soy diets on commercial leghorns in second-cycle hens. **Poultry Science**. v.84, p.894-897, 2005.

SILVA, J.C.R. Efeito do complexo enzimático sobre o valor nutricional...

WU, Y.B. & RAVINDRAN, V. Expanding the potential of enzymes to release nutrients: a unique microbial phytase produced by solid state fermentation. Nutritional Biotechnology in the Feed and Food Industries. **Proceedings of Alltech's 18th Annual Symposium**. p. 123-130. 2002.

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

CAPÍTULO II

DIGESTIBILIDADE DE DIETAS CONTENDO COMPLEXO

ENZIMÁTICO PARA GALINHAS POEDEIRAS

Digestibilidade de dietas contendo complexo enzimático para galinhas poedeiras

RESUMO: Com o objetivo de avaliar o efeito da inclusão do complexo enzimático da Bioenzima® sobre a digestibilidade dos nutrientes de dietas de galinhas de postura comercial, esse experimento foi realizado no Laboratório de Digestibilidade de Não-Ruminantes do Departamento de Zootecnia da UFRPE. Foram selecionadas 90 galinhas de postura da linhagem *Dekalb White* e foram distribuídas em um delineamento inteiramente casualizados e foram submetidas ao ensaio de coleta total e ileal. O primeiro tratamento foi ração referência sem complexo enzimático, o segundo tratamento ração referência com complexo enzimático os demais foram os testes, pois além do complexo enzimático, apresentaram uma valorização na composição química do milho, farelo de soja e farelo de trigo. As análises estatísticas foram realizadas pelo programa SISVAR versão 4.6. Para os coeficientes de digestibilidade aparente na matéria seca (CDAMS) e proteína bruta (CDAPB) os resultados não foram significativos. Já energia metabolizável (EMA) e energia metabolizável corrigida para nitrogênio (EMAn) até a valorização 2% o resultado foi semelhante à ração referência (RR), posteriormente apresentou um declínio linear, e o coeficiente de digestibilidade aparente da energia bruta (CDAEB), apenas a valorização 4% apresentou menor resultado. Nos coeficientes de digestibilidade ileal temos que o coeficiente de digestibilidade ileal da matéria seca (CDIMS) e a digestibilidade da matéria seca (MSD) apresentaram efeito linear positivo. Já a digestibilidade da proteína bruta (PBD) apresentou efeito quadrático. O melhor aproveitamento do fósforo foi observado em dietas sem farelo de trigo, ou seja, com menor composição fibrosa.

Palavras-chave: coeficientes de digestibilidade, enzimas, energia, fósforo, galinhas.

Digestibility of diets containing enzymatic complex for laying hens

ABSTRAT: In order to evaluate the effect of enzymatic complex Bioenzima® inclusion in laying hens' diets on nutrients digestibility were accomplished an experiment at non-ruminant digestibility's Lab in the Animal Science building of UFRPE. 90 laying hens Dekalb white strain were used and distributed completely randomized design, five treatments and six replications. The first treatment was reference diet without enzymatic complex, the second treatment was reference diet with enzymatic complex and three another treatments were called test, besides the enzymatic complex inclusion, they had corn, wheat meal and soybean meal's chemical composition overestimated. The statistical analyses were made by Sisvar program, version 4.6. The results of apparent digestibility coefficient of crude protein and dry matter (CADCP and CADDM) were similar and no differ among treatments. The apparent metabolizable energy (AME), apparent metabolizable energy corrected by nitrogen balance (AMEn) of treatment with 2% of overestimated were similar to reference diet and the following treatments showed linear decrease. According to apparent digestibility coefficients of crude energy (CADCE), all treatments showed similar values, except the diet with 4% of overestimation that showed lowest coefficient. The enzyme inclusion showed positive linear effect on results of apparent ileal digestibility coefficients of dry matter (CAIDDM) and dry matter digestible (DDM), and quadratic effect on results of apparent ileal digestibility coefficients of crude protein (CAIDCP). The best phosphorus utilization was noted in diets without wheat meal, thus, with lowest fiber content.

Keywords: digestibility, enzymes, energy, phosphorus, chickens

INTRODUÇÃO

O milho e o farelo de soja são utilizados em grandes quantidades nas dietas de animais não ruminantes no Brasil porque apresentam grande quantidade de nutrientes. Porém, esses grãos apresentam componentes de baixa digestibilidade, fato que atualmente pode ser reduzido pela inclusão de enzimas exógenas nas rações.

As enzimas exógenas apresentam funções que vão além da degradação dos polissacarídeos estruturais. Possibilitam também a diminuição dos níveis nutricionais das dietas, pela complementação das enzimas endógenas nas aves.

Outro fator importante quanto à utilização de enzimas exógenas é o potencial de redução do poder poluente dos nutrientes não digeridos, uma vez que ocorre aumento do aproveitamento dos nutrientes (GUENTER, 2002). A inclusão de aditivos enzimáticos em rações tem apresentado grande potencial para a indústria da produção animal. Atualmente, as enzimas podem ser utilizadas de várias maneiras e com diferentes objetivos, tais como redução de fatores antinutricionais e aumento de digestibilidade dos alimentos (FERNANDES; MALAGUIDO, 2004). Segundo Murakami et al., (2007), o fato de os ingredientes das rações possuírem diferenças em suas composições químicas e considerando que as enzimas são específicas em suas reações, produtos comerciais compostos por várias enzimas costumam ser mais efetivos.

Ao serem adicionadas nas rações, algumas enzimas exógenas são capazes de aumentar a digestibilidade dos nutrientes de rações à base de milho e farelo de soja, o que pode estar associado à degradação dos fatores antinutricionais presentes nestes alimentos. Assim, a adição de complexo enzimático em rações elaboradas com esses ingredientes reduz a variabilidade nutricional, resultando em maior disponibilidade de nutrientes da dieta e melhor desempenho de frangos (ODETALLAH et al., 2005)

As enzimas podem ser adicionadas nas rações na forma de complexos enzimáticos, podendo estes conter enzimas como fitase, protease, xilanase, β -glucanase, amilase, pectinase e celulase, que aumentam a disponibilidade de fósforo, energia e aminoácidos dos ingredientes, resultando em melhor aproveitamento das dietas.

Com base no exposto, essa pesquisa objetivou avaliar o efeito da inclusão do complexo enzimático da empresa Bioenzima® em dietas de galinhas de postura e seus efeitos sobre a digestibilidade dos nutrientes e valores de energia metabolizável em dietas valorizadas e não valorizadas.

MATERIAL E MÉTODOS

Aves e manejo

O experimento de metabolismo foi conduzido nas instalações do laboratório de digestibilidade de não ruminantes do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Campus de Recife. O experimento teve duração de 10 dias (5 dias de adaptação e 5 dias de coletas de excretas). Foram selecionadas 90 galinhas de postura da linhagem *Dekalb White*, com 63 semanas de idade, que foram alojados em baterias (1,00x0,50x0,50m), os comedouros foram tipo calha e os bebedouros tipo nipple. O programa de luz adotado durante o período experimental foi de 16 horas de luz.

A umidade relativa e as temperaturas máximas e mínimas foram monitoradas e registradas duas vezes ao dia para cálculo das médias no período experimental. As temperaturas máximas e mínimas registradas durante o período experimental foram 29°C e 23°C, respectivamente, e a média de 26°C. O fornecimento de água e ração foi à vontade durante todo o experimento.

Delineamento e Dietas experimentais

As aves foram distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado (DIC), com cinco tratamentos e seis repetições, cada unidade experimental foi composta por 3 aves. Os tratamentos foram: T1- Ração referência (à base de milho e farelo de soja) sem complexo enzimático; T2- Ração referência (à base de milho e farelo de soja) com 150 mg/kg complexo enzimático; T3- Ração à base de milho, farelo de soja e farelo de trigo valorizados em 2% de sua composição química suplementado com 150 mg/kg do complexo enzimático; T4- Ração à base de milho, farelo de soja e farelo de trigo valorizados em 4% de sua composição química suplementado com 150 mg/kg do complexo enzimático; T5- Ração à base de milho, farelo de soja e farelo de trigo valorizados em 6% de sua composição química suplementado com 150 mg/kg do complexo enzimático. A valorização foi feita para energia metabolizável, fósforo e os cinco primeiros aminoácidos limitantes (Lisina, metionina, cistina, treonina e triptofano).

O complexo enzimático é composto por pectinase 1259,26Ug-1, celulase 27,35UmL-1, fitase 2,06Ug-1, β – Glucanase 516,66U Kg, xilanase 77,47 Ug-1, protease 295,56UmL e amilase 15,53U mL-1. Uma unidade de atividade enzimática (U) é definida como a quantidade de enzima necessária para produzir 1mmol de glicose mL-1 min-1. As rações foram formuladas de acordo com as exigências nutricionais das aves, segundo a tabela de composição de alimentos e exigência nutricional proposta por Rostagno et al. (2011). A composição das rações experimentais e composição calculada estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1. Composição percentual e valores nutricionais das dietas experimentais

| Ingredientes | Níveis de valorização | | | | |
|---|-----------------------|--------|--------|--------|--------|
| | RR | 0% | 2,0% | 4,0% | 6,0% |
| Milho | 61,585 | 61,585 | 61,530 | 59,765 | 58,923 |
| Farelo de Trigo | 0,000 | 0,000 | 0,060 | 1,200 | 3,000 |
| Farelo de Soja | 24,359 | 24,359 | 24,352 | 24,340 | 24,022 |
| Calcário calcítico | 9,723 | 9,723 | 9,724 | 9,725 | 9,782 |
| Óleo Soja | 1,708 | 1,708 | 1,684 | 1,659 | 0,500 |
| Fosfato Bicálcico | 1,132 | 1,132 | 1,130 | 1,128 | 1,031 |
| Celite | 0,500 | 0,500 | 0,500 | 0,500 | 0,500 |
| Premix Vit.+Min. ¹ | 0,100 | 0,100 | 0,100 | 0,100 | 0,100 |
| Sal comum (NaCl) | 0,460 | 0,460 | 0,460 | 0,460 | 0,460 |
| L-Lisina HCl 78,8 | 0,076 | 0,076 | 0,075 | 0,067 | 0,019 |
| DL-Metionina 99 | 0,282 | 0,282 | 0,281 | 0,267 | 0,253 |
| L-Treonina, 98,5 | 0,062 | 0,062 | 0,062 | 0,052 | 0,030 |
| L-Triptofano 98,5 | 0,013 | 0,013 | 0,012 | 0,012 | 0,000 |
| Inerte | 0,015 | - | 0,030 | 0,725 | 1,380 |
| Complexo enzimático | - | 0,015 | 0,015 | 0,015 | 0,015 |
| Total | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| Composição calculada energética e nutricional | | | | | |
| EMAn, kcal/kg | 2800 | 2800 | 2800 | 2800 | 2800 |
| Proteína Bruta Total, % ² | 15,00 | 15,11 | 15,36 | 15,14 | 14,89 |
| Cálcio, % | 4,020 | 4,020 | 4,020 | 4,020 | 4,020 |
| Fósforo digestível, % | 0,300 | 0,300 | 0,300 | 0,300 | 0,300 |
| Fósforo Total, % ³ | 0,445 | 0,494 | 0,445 | 0,494 | 0,494 |
| Aminoácidos Digestíveis % | | | | | |
| Metionina | 0,515 | 0,515 | 0,515 | 0,515 | 0,515 |
| Metionina + Cistina | 0,730 | 0,730 | 0,730 | 0,730 | 0,730 |
| Lisina | 0,802 | 0,802 | 0,802 | 0,802 | 0,802 |
| Treonina | 0,610 | 0,610 | 0,610 | 0,610 | 0,610 |
| Triptofano | 0,190 | 0,190 | 0,190 | 0,190 | 0,190 |
| Gordura, % | 4,360 | 4,360 | 4,336 | 4,287 | 3,159 |
| Fibra Bruta, % | 2,356 | 2,356 | 2,361 | 2,438 | 2,557 |
| Sódio, % | 0,222 | 0,222 | 0,222 | 0,220 | 0,220 |
| Potássio, % | 0,624 | 0,624 | 0,624 | 0,631 | 0,644 |

¹ Quantidade/kg de Produto: vit. A 8000000 UI, vit. D3 2000000 UI, vit. E 15000 mg, vit. K3 1960 mg, vit. B2 4000 mg, vit. B6 1000 mg, vit. B12 10000 mcg, niacina 19800 mg, ác. pantotênico 5350 mg, ác. fólico 200 mg, manganês, 32500 mg, zinco 5000 mg, ferro 20000 mg, cobre 4000 mg, iodo 1500 mg, selênio 250 mg, cobalto 200 mg, antioxidante 100000 mg. ²Valores analisados, ³ Valores analisados.

Coleta de dados

Para determinação dos valores de metabolizabilidade e seus coeficientes, foi calculado o consumo da dieta, por meio da mensuração da quantidade de ração fornecida e das sobras. O óxido férrico em pó foi acrescido na proporção de 2,0% às rações experimentais como marcador fecal no início e no final da coleta de excretas das aves; assim foram desprezadas as excretas não marcadas na primeira coleta e as marcadas na última. Então, foi realizada a coleta de excreta total durante os últimos cinco dias do fim do experimento; as gaiolas de metabolismo continham bandejas revestidas com plástico para coleta total das excretas, de acordo com metodologia de Matterson et al, (1965).

As rações foram formuladas com adição de 0,5% de (Celite®), que foi utilizado com indicador de indigestibilidade. No último dia do período experimental duas horas antes do sacrifício, as aves foram estimuladas a consumir a ração dispostas no comedouro, para que assim fosse possível encontrar uma quantidade significativa de material no íleo.

Após o sacrifício das aves, foi realizada incisão abdominal e exposição do íleo, onde foi coletado o conteúdo ileal na porção intermediária, correspondente a dois centímetros após o divertículo de Merckel e dois centímetros antes da junção íleo-cecóclica. As amostras do conteúdo ileal e excretas foram acondicionadas em potes plásticos e congeladas em freezer a -20°C e posteriormente foram pré-secas com as amostras de excretas em estufa de circulação forçada a 55°C.

As amostras coletadas foram descongeladas, moídas e encaminhadas ao Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da UFRPE para determinação dos teores de matéria seca, energia bruta e proteína bruta, de acordo com

as metodologias descritas por Silva e Queiroz (2002). A concentração de Celite® foi determinada de acordo com a metodologia descrita Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal (2009).

Parâmetros Avaliados

A partir dos resultados das análises laboratoriais foram calculados os valores de energia metabolizável aparente (EMA) e energia metabolizável aparente corrigida para balanço de nitrogênio (EMAn), bem como os coeficientes de metabolizabilidade da matéria seca (CMAMS), energia bruta (CMAEB) e proteína bruta (CMAPB). Todos estes parâmetros foram descritos por segundo Sakomura e Rostagno (2007), conforme as fórmulas descritas a seguir:

EMA da ração teste (RT) e, ou, referência (RR):

$$EMA_{RT \text{ ou } RR} = \frac{\text{energia bruta (EB) ingerida} - \text{EB excretada}}{\text{MS ingerida}}$$

$$EMAn \text{ da RT ou RR} = \frac{\text{EB ingerida} - (\text{EB excretada} + 8,22 * \text{BN})}{\text{MS ingerida}}$$

onde BN (balanço de nitrogênio) = N ingerido - N excretado

Os coeficientes de metabolizabilidade da matéria seca (CMAMS), energia bruta (CMAEB) e proteína bruta (CMAPB) foram calculados pelas seguintes fórmulas:

$$CMAMS = \frac{\text{MS absorvida} \times 100}{\text{MS Ingerida}} \quad CMAPB = \frac{\text{PB absorvida} \times 100}{\text{PB ingerida}}$$

$$CMAEB = \frac{\text{EB absorvida} \times 100}{\text{EB ingerida}}$$

Assim como os coeficientes de digestibilidade ileal da matéria seca (CDIAMS), proteína bruta (CDIAPB) e energia bruta (CDIAEB), conforme as fórmulas a seguir:

$$\text{Fator de Indigestibilidade (FI)} = \frac{\text{Indicador dieta}}{\text{Indicador digesta}}$$

$$\text{CDIAMS} = \frac{(\text{MS dieta}(\%) - (\text{MS digesta}(\%) \times \text{FI}))}{\text{MS dieta}(\%)} \quad \times 100$$

$$\text{CDIAPB} = \frac{(\text{PB dieta}(\%) - (\text{PB digesta}(\%) \times \text{FI}))}{\text{PB dieta}} \quad \times 100$$

$$\text{CDIAEB} = \frac{(\text{EB dieta}(\%) - (\text{EB digesta}(\%) \times \text{FI}))}{\text{EB dieta}(\%)} \quad \times 100$$

Análises estatísticas

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e em caso de diferenças significativas as médias foram comparadas pelo Teste Dunnet a 5% de probabilidade. Para os tratamentos com inclusão do complexo enzimático, os resultados foram submetidos à análise de regressão da valorização 0% até 6%. O pacote computacional utilizado para as análises estatísticas foi o SISVAR versão 4.6 (FERREIRA, 2003). As diferenças foram consideradas significativas quando $P < 0,05$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 estão apresentadas as médias de energia metabolizável e energia metabolizável corrigida para balanço de nitrogênio, além dos coeficientes de digestibilidade da matéria seca, proteína bruta e energia bruta.

Para os coeficientes de digestibilidade da matéria seca (CDAMS) não foram encontradas diferenças significativas, o que indica que a absorção de matéria seca da dieta foi similar nas rações valorizadas e não valorizadas. Diferente do que foi encontrado nessa pesquisa, Han, (1997) reporta uma melhoria de 4,8 e 6,1% na

digestibilidade aparente da matéria seca (MS) e proteína bruta (PB), respectivamente, com a adição de 0,1% de amilase.

Tabela 2. Médias dos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS), proteína bruta (CDAPB) e energia bruta (CDAEB), valores de energia metabolizável (EMA), energia metabolizável corrigida para balanço de nitrogênio (EMAn) e parâmetros estatísticos.

| Parâmetros | Nível de valorização % | | | | | F | R ² | EQ | P | DP | CV |
|------------|------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|----------------|----|-------|------|------|
| | RR | 0 | 2 | 4 | 6 | | | | | | |
| CDAMS, % | 72,64 | 72,30 | 70,69 | 68,88 | 71,24 | 1,10 | - | - | 0,310 | 2,67 | 3,66 |
| CDAPB, % | 83,29 ^a | 82,55 ^a | 82,45 ^a | 79,27 ^b | 80,57 ^b | 2,42 | - | - | 0,600 | 3,09 | 3,94 |
| EMA, kcal | 3338 ^a | 3363 ^a | 3307 ^a | 2905 ^b | 2788 ^b | 19,86 | 0,91 | L1 | 0,000 | 154 | 8,45 |
| EMAn, kcal | 3245 ^a | 3269 ^a | 3209 ^a | 2843 ^b | 2729 ^b | 18,71 | 0,92 | L2 | 0,000 | 140 | 8,34 |
| CDAEB, % | 76,35 ^a | 76,99 ^a | 75,05 ^a | 72,88 ^b | 74,80 ^a | 11,95 | 0,88 | L3 | 0,003 | 1,94 | 1,85 |

Letras diferentes na mesma linha diferem pelo Teste de Dunnett a 5% de probabilidade; RR: ração referência; P: Probabilidade; CV: coeficiente de variação; EQ: Equação; R²: coeficiente de determinação; DP: desvio padrão. L1: Y = 3410,1030-106,261417X; L2: Y = 3310,7255-99,271417X; L3: Y = 76,247167-0,43725X;

Possivelmente, essa não diferença encontrada nas médias de digestibilidade de matéria seca pode estar relacionada à atuação da enzima no sentido solubilizar os nutrientes ingeridos, tornando-o acessível como substrato aos processos fermentativos da flora microbiana cecal, conforme relatado em ensaios in vitro desenvolvidos por Pettersson et al. (1994). Além disso, é possível que o complexo tenha sido eficiente na degradação dos oligossacarídeos contidos no farelo de soja, diminuindo os efeitos negativos destes em outras frações da dieta, ocorrendo um aproveitamento similar das rações valorizadas.

De acordo com Douglas et al. (2003), as enzimas galactosidases têm sido utilizadas em dietas para aves para melhorar a energia metabolizável desse alimento,

hidrolizando os oligossacarídeos, rafinose e estaquiose. Esses oligossacarídeos não podem ser digeridos no intestino das aves porque as mesmas não possuem enzimas endógenas para degradação.

Para os coeficientes de digestibilidade da proteína bruta (CDAPB) temos que apenas a valorização de 2% conseguiu ter médias semelhantes à ração referência. Nas valorizações maiores encontrou-se diminuição dos coeficientes. A valorização dos ingredientes em 4% e 6% interferiu no CDAPB, que pioraram em relação ao controle; esses resultados podem estar relacionados ao efeito complementar das enzimas no complexo enzimático (xilanase, protease e amilase), o que indica que a suplementação, com enzimas exógenas, melhora a digestibilidade das proteínas. No entanto, a valorização não foi eficiente para suprir a deficiência em rações valorizadas em 4% e 6%. Para o teste de regressão dos coeficientes de digestibilidade aparente da proteína bruta os resultados não foram significativos.

O benefício do aumento da digestibilidade da proteína, promovida pela suplementação enzimática, está mais relacionado à redução da produção de aminoácidos endógenos, do que à melhor digestão dos aminoácidos da dieta (WYATT; BEDFORD, (1998). O mesmo ocorreu no trabalho de Costa et al. (2004), que trabalharam com rações com níveis proteicos e energéticos reduzidos adicionados de enzimas (xilanase, amilase e protease) e constataram que a adição de enzimas promoveu igualdade destes tratamentos com aqueles cujos níveis nutricionais estavam adequados, comprovando a eficiência enzimática

Thorpe e Beal (2001), cita que em seu trabalho observou que a utilização de enzimas proteolíticas de origens fúngica e bacteriana poderia, *in vitro*, inativar os inibidores de tripsina e lectinas presentes na soja crua. Fato que pode ter ocorrido no presente trabalho.

Os valores obtidos na energia metabolizável aparente (EMA) e energia metabolizável aparente corrigida para balanço de nitrogênio (EMAn) foram semelhantes nas rações até a valorização de 2% no teste de média. Na regressão ocorreu um declínio linear quando houve aumento de valorização. A redução dos níveis nutricionais das dietas resultou em menores valores de EMA e EMAn, nas valorizações 4% e 6%, respectivamente.

No caso dos coeficientes de digestibilidade da energia bruta observou-se efeito significativo com o uso de enzima em dietas valorizadas; esse resultado que apresenta mais baixo na ração com 4% de valorização, mas na valorização de 6% apresenta comportamento semelhante à ração referência. Isso pode ter ocorrido pelo fato da presença do farelo de trigo em maior quantidade na maior valorização, assim na presença de mais substrato fibroso, o complexo enzimático atuou no sentido de liberar mais energia desse material.

Kocher et al. (2002) observaram que a utilização de enzimas à base de carboidrases (hemicelulase, pectinase, β -glucanase, galactanase) aumentou a EMAn de dietas formuladas à base de milho e farelo de soja para frangos de 34 a 38 dias de idade, e que o melhor aproveitamento da energia da dieta foi relacionado à maior produção de AGV nos cecos das aves, observada para os tratamentos que consumiram dietas suplementadas com enzimas.

Já Mathlouthi et al. (2003), em experimento com frangos de corte, observaram maior digestibilidade dos nutrientes e da energia metabolizável aparente (EMA) em dietas compostas por milho, farelo de arroz e cevada quando suplementadas com xilanase e β -glucanase. Garcia et al. (2000), trabalhando com frangos de corte de 1 a 42 dias de idade, alimentados com dietas à base de farelo de soja e de soja extrusada, ambas suplementadas com enzimas (α -galactosidade, pectinases, celulase), observaram

que estas enzimas permitiram o aumento na utilização da energia metabolizável em 9,0%, valor bem superior ao encontrado nessa pesquisa, que a valorização mais adequada para energia foi de 2%.

A adição de enzimas apropriadas são capazes de reduzir algumas das propriedades antinutricionais dos polissacarídeos não amiláceos da parede celular do trigo (YIN et al., 2000). Nessa pesquisa, esse resultado se ajusta ao fato da maior valorização se comportar de maneira similar à ração referência, em relação ao coeficiente de energia bruta, sendo que nessa ração houve inclusão de trigo em maior quantidade 3%, enquanto na ração referência não houve inclusão desse ingrediente

Na Tabela 3 estão apresentadas as médias dos coeficientes de digestibilidade ileal da matéria seca, proteína bruta e os valores da matéria seca digestível (MSD%) e proteína digestível (PBD%).

Para os coeficientes de digestibilidade ileal da matéria seca (CDIMS), pode-se observar que ocorreu um aumento linear em relação às maiores valorizações. A matéria seca digestível (MSD) apresenta resultados. Os resultados positivos em relação ao uso da enzima em rações valorizadas, encontrados na digestibilidade ileal, podem ser explicados pela não fermentação da digesta no ceco dos animais, visto que a digestibilidade ileal é a melhor estimativa do valor nutricional da dieta.

Em relação à digestibilidade ileal, os resultados obtidos nesse estudo estão de acordo com Zanella et al. (1999), que encontrou que a combinação enzimática melhorou em 1,95% a digestibilidade da matéria seca, em relação à dieta não suplementada. O CDIMS reflete a digestibilidade dos nutrientes, e o aumento na digestibilidade da MS indica maior absorção dos nutrientes de uma dieta.

Tabela 3. Médias dos coeficientes de digestibilidade ileal da matéria seca (CDIMS) e proteína bruta (CDIPB) e valores de matéria seca (MSD) e proteína digestível (PBD) e parâmetros estatísticos.

| Parâmetros | Nível de valorização % | | | | | F | R ² | EQ | P | DP | CV |
|------------|------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|------|----------------|----|-------|-------|------|
| | RR | 0 | 2 | 4 | 6 | | | | | | |
| CDIMS, % | 79,27 | 77,29 | 79,94 | 79,34 | 81,57 | 7,50 | 0,80 | L1 | 0,013 | 2,71 | 3,08 |
| MSD, g/kg | 710,65 | 694,74 | 717,68 | 713,42 | 734,78 | 8,30 | 0,82 | L2 | 0,009 | 24,63 | 3,08 |
| CDIPB, % | 83,90 | 81,80 | 84,72 | 82,66 | 85,36 | 3,24 | - | - | 0,087 | 2,59 | 3,14 |
| PBD, g/kg | 146,85 ^a | 139,97 ^b | 149,37 ^a | 144,13 ^a | 145,73 ^a | 6,15 | 0,56 | Q1 | 0,022 | 5,17 | 3,11 |

Letras diferentes na mesma linha diferem pelo Teste de Dunnett a 5% de probabilidade; RR: ração referência; P: Probabilidade; CV: coeficiente de variação; EQ: Equação; R²: coeficiente de determinação; DP: desvio padrão. . L1: $Y=77,698667+0,613083X$; L2: $Y=697,283333+5,792917X$; Q1: $Y=140,082000+4,123083X-0,569375X^2$.

Para os coeficientes de digestibilidade ileal da proteína bruta (CDIPB), os resultados encontrados não foram significativos, indicando que até a valorização de 6% não houve alteração na digestibilidade da proteína semelhante à ração referência. Porém, nos resultados referentes à proteína bruta digestível (PBD), pode-se observar que na ração referência sem valorização e com enzima apresentou a menor média; isso pode ser explicado pela ração apresentar correto balanceamento de nutrientes. Corroborando com esses resultados, Lecznieski (2006) encontrou que em dietas com níveis adequados ou ligeiramente deficientes, a adição de enzimas pode liberar nutrientes que o animal não necessita ou mesmo não conseguirá converter em maiores índices produtivos. Podendo ser atribuído como fator para determinar os resultados encontrados nessa pesquisa em relação à proteína bruta digestível. Bedford (2002) esclarece que a oferta de dietas que satisfaçam plenamente todos os nutrientes e a energia não dá oportunidade para que as enzimas demonstrem seu valor, reduzindo o tamanho da resposta esperada e, portanto, dificultando a sua detecção.

Pode-se observar que os tratamentos em que foram superestimadas as energias metabolizáveis e aminoácidos do milho e do farelo de soja, mesmo sem diferenças significativas, foram os que apresentaram as maiores margens brutas nos resultados referentes à digestibilidade ileal da proteína bruta.

Rodrigues et al. (2003), também trabalhando com dietas a base de milho e soja para frangos suplementados com enzimas (xilanase, amilase e protease), apesar de não terem observado alteração no desempenho, observaram melhoria na digestibilidade ileal da proteína bruta, do amido e da energia digestível das rações em frangos de corte dos 15 aos 27 dias de idade.

Para os valores do fósforo ingerido (Tabela 4), houve um efeito quadrático e a menor ingestão foi na valorização 4,67%. Para os valores de fósforo excretados os resultados encontrados não foram significativos. Para o fósforo retido encontrou-se uma equação quadrática, onde o menor fósforo retido foi encontrado na valorização 4%, representado pelo ponto de mínima. Esse fato se relaciona-se, também, ao coeficiente de digestibilidade do fósforo, que também foi representado por uma equação quadrática, onde se tem os menores coeficientes nas rações valorizadas, a menor coeficiente de digestibilidade foi na valorização de 4,33%.

Cowieson e Cowieson (2011) propuseram que o fitato diminui a solubilidade da proteína através da atração de moléculas de água para perto de si (interação eletrostática), o que faria que os nutrientes tivessem menos água ao seu redor, e assim diminuindo a sua solubilidade/digestibilidade. Isso pode ter ocorrido nas rações valorizadas pelo fato do farelo de trigo possuir maior quantidade de fósforo fitico do que o milho.

Tabela 4. Médias dos valores de fósforo ingerido (P ing), fósforo excretado (P exc), fósforo retido (P ret) e coeficiente de digestibilidade aparente do fósforo (CDAP) e parâmetros estatísticos.

| Parâmetros | Nível de valorização % | | | | | F | R ² | EQ | P | DP | CV% |
|------------|------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|----------------|----|-------|------|-------|
| | RR | 0 | 2 | 4 | 6 | | | | | | |
| P ing, g | 0,44 | 0,49 | 0,44 | 0,40 | 0,41 | 12,70 | 98,59 | Q1 | 0,003 | 0,04 | 7,82 |
| P exc, g | 0,27 | 0,27 | 0,31 | 0,29 | 0,30 | 1,283 | - | - | 0,316 | 0,04 | 12,56 |
| P ret, g | 0,16 ^b | 0,21 ^a | 0,12 ^b | 0,11 ^b | 0,12 ^b | 51,01 | 98,67 | Q2 | 0,001 | 0,04 | 13,13 |
| CDAP, % | 39,11 ^a | 45,19 ^a | 29,60 ^b | 26,19 ^b | 27,54 ^b | 30,01 | 98,82 | Q3 | 0,002 | 8,80 | 15,38 |

Letras diferentes na mesma linha diferem pelo Teste de Dunnett a 5% de probabilidade; R²: coeficiente de determinação; EQ: Equação; P: Probabilidade; DP: desvio padrão; CV: coeficiente de variação. Q1: $Y = 0,488702 - 0,035124X + 0,003759X^2$. Q2: $Y = 0,211737 - 0,055165X + 0,006737X^2$. Q3: $Y = 44,827155 - 9,175673X + 1,059581X^2$.

Kies *et al.* (2006), que realizando ensaios *in vitro*, demonstraram que a solubilidade de diferentes proteínas pode ser influenciada pela concentração de fitato. Então esse material mais fibroso interferiu na atuação da fitase, especificamente, tendo em vista que rações sem o farelo de trigo apresentaram maiores coeficientes de digestibilidade do fósforo.

CONCLUSÕES

Pode-se concluir com esse estudo, que uso do complexo enzimático pode ser utilizado em rações com valorização de até 2% da energia metabolizável, proteína bruta e aminoácidos essenciais, sendo que pode ter efeito na valorização de até 6% para manter o mesmo coeficiente de metabolização da energia bruta.

]

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BEDFORD, M.R. The foundation of conducting feed enzyme research and the challenge of explaining the results. **J. Appl. Poult. Res.**, Athens, 11: 464-470. 2002.

COMPÊNDIO BRASILEIRO DE ALIMENTAÇÃO ANIMAL. Guia de métodos analíticos. São Paulo: Sindirações/Anfal. 188. 2009.

COSTA, F. G., R. H. CLEMETINO, I.M.T.D. JÁCOME, G.A.J. NASCIMENTO, W.E. PEREIRA. Utilização de um complexo multienzimático em dietas de frangos de corte. **Ciência Animal Brasileira** 5: 63-71. 2004.

COWIESON, A.J., N.P. COWIESON. Phytate and the thermodynamics of water. **Australian Poultry Symposium**, Page 11, 2011.

DOUGLAS, M.W., M. PERSIA, C.M. PARSONS. Impact of galactose, lactose and grobiotic -B70 on growth performance and energy utilization when fed to broiler chicks. **Poultry Science**, 82: 1596-1601, 2003.

FERNANDES, P.C.C. E A. MALAGUIDO. Uso de enzimas em dietas de frangos de corte. **Anais da Conferência APINCO**. Campinas - SP. 1: 117-129, 2004.

FERREIRA, D. F. Programa SISVAR. Sistema de Análise de Variância. Versão 4.6 (Build 6.0). Lavras. DEX/UFLA. 2003.

GARCIA, E.R.D.M., A.E. MUKARANI, A.F. BRANCO 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 desempenho de frangos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 29: 1414- 1426, 2000.

GUENTER, W. Pratical experience with the use of enzymes. (<http://www.idrc.ca/books/focus/821/chp6.html>). 2002. Acesso: 13/08/2013.

SILVA, J.C.R. Efeito do complexo enzimático sobre o valor nutricional...

HAN, Z. Effect of enzyme supplementation of diets on the physiological function and performance of poultry. In: Marquardt R.R. & Han Z. (ed.) IDRC Enzymes in Poultry and Swine Nutrition. 1997.

KIES, A.K., L. H. JONGE, KEMME, P.A., JONGBLOED, A.W. 2006 Interaction between Protein, Phytate, and Microbial Phytase. In Vitro Studies. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 54:1753–1758.

KOCHER, A., M. CHOCT, M.D. PORTER, J. BROZ. Effects of feed enzymes on nutritive value of soybean meal fed to broilers. **British Poultry Science**, London, 43: 54-63, 2002.

LECZNIESKI, J.L. Enzimas, visão brasileira. In: Forum de Enzimas, **Anais...** Curitiba: DSM Nutritional Products. 01-13, 2006.

MATERSON, L.D., L.M. Potter. The metabolizable energy of feed ingredients for chickens. Agricultural Experimental Station Research Report. 7: 3-11, 1965.

MURAKAMI, A. E., J.I.M. FERNANDES, I.M. SAKAMOTO, L.M.G. SOUZA, A.C. FURLAN. Efeito da suplementação enzimática no desempenho e qualidade dos ovos de poedeiras comerciais. *Acta Scientiarum*. Maringá, 29: 109 – 114, 2007.

MATHLOUTHI, N., M.A. MOHAMED, M. LARBIE. Effect of enzyme preparation containing xylanase and β -gucanase on performance of laying hens fed wheat/barley or maize/soybean mealbased diets. *British Poultry Science*. 44: 60-66, 2003.

ODETALLAH, N. H., J.J. WANG., J.D. GARLICH., J.C.H. SHIH. Versazyme supplementation of broiler diets improves market growth performance. **Poultry Science**, 2005. 84: 858-864.

SILVA, J.C.R. Efeito do complexo enzimático sobre o valor nutricional...

PETTERSSON, D., T. FRIGARD, P.AMAN. In vitro e in vivo studies on digestion of dietary fibre components in a broiler chicken diet based on rye. **Journal of Science Food and Agriculture**, Amsterdam. 66: 267-272, 1994.

RODRIGUES, P. B., H.S. ROSTAGNO, L.F.T. ALBINO, P.C. GOMES, et al. 2003. Desempenho de frangos de corte, digestibilidade de nutrientes e valores energéticos de rações formuladas com vários milhos, suplementadas com enzimas. **Rev. Bras. Zootec.**, Viçosa, 32: 171-182.

ROSTAGNO, H.S.,L.F.T. ALBINO, J.L. DONZELE, J.L. et al. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 3. ed. – Viçosa, MG: UFV, DZO. 1: 46, 2011.

SAKOMURA, N.K., H.S. ROSTAGNO. Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos. Jaboticabal: Funep, p. 283, 2007.

SILVA, D.J., A.C. QUEIROZ. Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos). 3ª ed. Viçosa: UFV. 235, 2007.

THORPE, P., J.D. BEAL. Vegetable protein meals and the effects of enzymes In: Bedford, M.R.; Partridge, G.G. (Eds.) *Enzymes in farms animal nutrition*. Wallingford: CAB Internacional. 125-146, 2001.

YIN, Y.L., J.D.G. MCEVOY, H. SCHULZE, U. HENNIG, W.-B. SOUFFRANT, K.J. MCCRACKEN. Apparent digestibility (ileal and overall) of nutrients and endogenous nitrogen losses in growing pigs fed wheat (var. Soissons) or its by-products without or with xylanase supplementation. **Animal Feed Science and Technology**. 62: 119-132, 2000.

SILVA, J.C.R. Efeito do complexo enzimático sobre o valor nutricional...

WYATT, C.L., M.R. BEDFORD. O uso de enzimas nutricionais para maximizar a utilização de nutrientes pelo frango de corte em dietas à base de milho: recentes progressos no desenvolvimento e aplicações práticas. In: Seminário Técnico Finnfeeds. Curitiba. *Anais Curitiba: Finnfeeds*. 2-12, 1998.

ZANELLA, I., N.K. SAKOMURA, F.G. SILVERSIDES, A. FIQUEIREDO, M. PACKA. Effect of enzyme supplementation of broiler diets based on corn and soybeans. *Poultry Science*, 78: 561-568, 1999.

CAPÍTULO III

USO DE COMPLEXO ENZIMÁTICO COM DIFERENTES DOSAGENS EM DIETAS COM INGREDIENTES VALORIZADOS PARA POEDEIRAS COMERCIAIS

Uso de complexo enzimático com diferentes dosagens em dietas com ingredientes valorizados para poedeiras comerciais

RESUMO - Com o objetivo de avaliar o efeito da inclusão do complexo enzimático da Bioenzima® sobre a digestibilidade dos nutrientes de dietas de galinhas de postura comercial, esse experimento foi realizado no Laboratório de Digestibilidade de Não-Ruminantes do Departamento de Zootecnia da UFRPE. Foram utilizadas 90 galinhas de postura da linhagem *Dekalb Brown* distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado e foram submetidas ao ensaio de coleta total e ileal. Os tratamentos consistiram em dietas de controle negativo e aumento na dosagem da enzima. As dosagens foram 0, 150, 200, 250 e 300 ppm, respectivamente, e ainda existiu um tratamento utilizando uma enzima usada no mercado com a dosagem indicada de acordo com o fabricante da enzima escolhida. Para os coeficientes de matéria seca, proteína bruta, energia bruta, energia metabolizável e energia metabolizável corrigida para nitrogênio, os resultados encontrados não foram significativos. Para os coeficientes de digestibilidade ileal da matéria seca, proteína bruta e digestibilidade da matéria seca os resultados encontrados não foram significativos. As aves alimentadas com dietas contendo 200 ppm do complexo enzimático foram as que apresentaram uma maior digestibilidade da proteína. No entanto, para coeficiente de digestibilidade aparente do fósforo, a equação obteve um declínio linear em relação às maiores dosagens. A dosagem 200ppm promove melhor aproveitamento em dietas para galinhas poedeiras.

Palavras chave: Digestibilidade, complexo enzimático, nutriente, poedeiras

Use of enzymatic complex with different dosages in diets with ingredients valued for commercial laying hens

ABSTRAT: In order to evaluate the effect of enzymatic complex Bioenzima® inclusion in laying hens' diets on nutrients digestibility were accomplished an experiment at non-ruminant digestibility's Lab in the Animal Science building of UFRPE. 90 laying hens *Dekalb brown* strain were used and distributed completely randomized design, six treatments and five replications. The treatments were the negative control of the prior experiment with different enzymes dosage (0, 150, 200, 250 e 300 ppm, respectively), the enzymes used in the last treatment was a commercial one and the dosage applied according to manufacturer's recommendation. The results of apparent digestibility coefficient of crude protein, crude energy and dry matter, as well as, apparent metabolizable energy and apparent metabolizable energy corrected by nitrogen balance no differ among treatments. And also, the results of dry matter digestible and apparent ileal digestibility coefficient of crude protein and dry matter no differ among treatments. However, the diet with 200 ppm of enzymes showed highest value of crude protein digestible, showing that the best dosage is 200 ppm. The apparent digestibility of phosphorus had linear decrease. The dosage 200 ppm of enzymes provide higher protein utilization and phosphorus digestibility coefficient in laying hens' diets.

Keywords: digestibility, enzymatic complex, nutrients, laying hen

INTRODUÇÃO

Os aditivos enzimáticos não possuem função nutricional direta, mas auxiliam o processo digestório, melhorando a digestibilidade dos nutrientes da dieta (CAMPESTRINI, 2005). Com isso, a inclusão de enzimas nas rações de poedeiras tem como principal finalidade aumentar a digestibilidade dos nutrientes da dieta, melhorando como consequência o desempenho zootécnico. Essas enzimas podem ser adicionadas as rações na forma de complexos enzimáticos (CE), para que seu uso seja mais efetivo, por atuar sobre uma série de polissacarídeos da parede celular dos grãos, levando a maior aproveitamento da dieta por parte das aves, conforme relatado por Soto Salanova et al. (1996).

A presença de polissacarídeos não amiláceos solúveis no lúmen intestinal aumenta a viscosidade da digesta em razão da formação de polímeros ou géis, comprometendo a digestão e a absorção dos nutrientes, por dificultar a ação das enzimas digestivas e a difusão das substâncias relacionadas com a digestão e absorção. O aumento da viscosidade no intestino afeta a digestibilidade do amido, da proteína e dos lipídeos (NUNES et al., 2001).

Os ingredientes de origem vegetal possuem fatores antinutricionais e/ou substâncias que não são digeridas pelas enzimas digestivas das aves e o uso de enzimas específicas nas rações permite diminuir e até eliminar substâncias potencialmente poluidoras, como o fósforo e nitrogênio, e reduzir o custo da dieta (LIU et al., 2007).

As enzimas empregadas na alimentação animal devem ser capazes de resistir às condições desfavoráveis que possam ocorrer durante o processo de preparação da ração ou que existam naturalmente no trato gastrointestinal (SOTO SALANOVA et al., 1996, MCCLEARY, 2001). Para uma enzima atuar de forma eficiente, é necessário que exista

substrato específico na dieta, dosagem correta de enzimas, capacidade das enzimas em ultrapassar barreiras encontradas no estômago, como pH baixo e a ação de enzimas proteolíticas, como a pepsina, a temperatura à qual a ração é submetida durante o processo de peletização (CAMPESTRINI et al., 2005).

Com base no exposto, essa pesquisa objetivou avaliar o efeito da inclusão do complexo enzimático Bioenzima® em diferentes dosagens em dietas de galinhas de postura, contendo milho e farelo de soja valorizados em 3% na sua composição química e avaliar seus efeitos sobre a digestibilidade dos nutrientes.

MATERIAL E MÉTODOS

Aves e manejo

O experimento foi conduzido nas instalações do Laboratório de Digestibilidade de Não-Ruminantes do Departamento de Zootecnia da UFRPE, Campus de Recife. O experimento teve duração de 10 dias (5 dias de adaptação e 5 dias de coletas de excretas). Foram utilizadas 90 galinhas de postura da linhagem *Dekalb Brown*, com 26 semanas de idade, que foram alojados em baterias (1,00x0,50x0,50m) e distribuídas em 3 aves por gaiola. O programa de luz adotado durante o período experimental foi de 16 horas de luz. A umidade relativa e as temperaturas máximas e mínimas foram monitoradas e registradas duas vezes ao dia para cálculo das médias no período experimental. As temperaturas máximas e mínimas registradas durante o período experimental foram 30°C e 24,5°C, respectivamente, e a média de 27,25°C. O fornecimento de água e ração foi à vontade durante todo o experimento.

Delineamento e Dietas experimentais

As aves foram distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado (DIC), com cinco tratamentos e cinco repetições com 3 aves por unidade experimental.

Os tratamentos consistiam em: T1- Ração referência com base de milho e farelo de soja, valorizados a 3% de sua composição química sem complexo enzimático; T2- Ração referência com base de milho e farelo de soja, valorizados a 3% de sua composição química, suplementado com 150mg/Kg do complexo enzimático. T3- Ração referência com base de milho e farelo de soja valorizada a 3% de sua composição química, suplementado com 200mg/Kg do complexo enzimático. T4- Ração referência com base de milho e farelo de soja, valorizados a 3% de sua composição química, suplementado com 250mg/Kg do complexo enzimático. T5- Ração referência com base de milho e farelo de soja, valorizados a 3% de sua composição química, suplementado com 300mg/Kg do complexo enzimático. Assim temos cinco tratamentos e cinco repetições. A valorização foi para energia metabolizável e os cinco primeiros aminoácidos limitantes (Lisina, metionina, cistina, treonina e triptofano).

Para o fósforo, a valorização foi de 33,3% em todas as dietas, no intuito de promover um maior desafio para o complexo enzimático utilizado.

O complexo enzimático é composto por pectinase 1259,26Ug-1, celulase 27,35UmL-1, fitase 2,06Ug-1, β - Glucanase 516,66U Kg, xilanase 77,47 Ug-1, protease 295,56U.mL e amilase 15,53U mL-1. Uma unidade de atividade enzimática (U) é definida como a quantidade de enzima necessária para produzir 1mmol de glicose mL-1 min-1.

As rações referências foram formuladas de acordo com as exigências nutricionais das aves, segundo a tabela de composição de alimentos proposta por

Rostagno et al. (2011). A composição das rações experimentais e as composição calculada, Tabela 1.

Tabela 1 – Composição percentual dos ingredientes nas rações.

| Dosagens | | | | | |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|
| Ingredientes | 0 | 150 | 200 | 250 | 300 |
| Milho | 63,812 | 63,812 | 63,812 | 63,812 | 63,812 |
| Farelo de Soja | 22,916 | 22,916 | 22,916 | 22,916 | 22,916 |
| Calcário | 9,470 | 9,470 | 9,470 | 9,470 | 9,470 |
| Inerte | 0,100 | 0,085 | 0,080 | 0,075 | 0,070 |
| Óleo Soja | 1,503 | 1,503 | 1,503 | 1,503 | 1,503 |
| Fosfato Bicálcico | 0,839 | 0,839 | 0,839 | 0,839 | 0,839 |
| Celite | 0,500 | 0,500 | 0,500 | 0,500 | 0,500 |
| Premix Vit.+Min. ¹ | 0,100 | 0,100 | 0,100 | 0,100 | 0,100 |
| Sal (NaCl) | 0,460 | 0,460 | 0,460 | 0,460 | 0,460 |
| L-Lisina HCl 78,8 | 0,028 | 0,028 | 0,028 | 0,028 | 0,028 |
| DL-Metionina 99 | 0,233 | 0,233 | 0,233 | 0,233 | 0,233 |
| L-Treonina, 98,5 | 0,025 | 0,025 | 0,025 | 0,025 | 0,025 |
| L-Triptofano 98,5 | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,003 |
| Complexo enzimático | 0,000 | 0,0150 | 0,0200 | 0,0250 | 0,0300 |
| Total | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Composição calculada energética e nutricional | | | | | |
| EMAn, kcal/kg | 2900 | 2900 | 2900 | 2900 | 2900 |
| Proteína Bruta, % ² | 15,24 | 15,07 | 15,13 | 14,78 | 15,32 |
| Cálcio, % | 3,853 | 3,853 | 3,853 | 3,853 | 3,853 |
| Fósforo digestível, % | 0,275 | 0,275 | 0,275 | 0,275 | 0,275 |
| Fósforo Total, % ³ | 0,255 | 0,306 | 0,323 | 0,327 | 0,355 |
| Aminoácidos Digestíveis, % | | | | | |
| Metionina | 0,459 | 0,459 | 0,459 | 0,459 | 0,459 |
| Met + Cistina | 0,686 | 0,686 | 0,686 | 0,686 | 0,686 |
| Lisina | 0,754 | 0,754 | 0,754 | 0,754 | 0,754 |
| Treonina | 0,573 | 0,573 | 0,573 | 0,573 | 0,573 |
| Triptofano | 0,173 | 0,173 | 0,173 | 0,173 | 0,173 |
| Gordura, % | 4,210 | 4,210 | 4,210 | 4,210 | 4,210 |
| Fibra Bruta, % | 2,321 | 2,321 | 2,321 | 2,321 | 2,321 |
| Sódio, % | 0,200 | 0,200 | 0,200 | 0,200 | 0,200 |
| Potássio, % | 0,604 | 0,604 | 0,604 | 0,604 | 0,604 |

¹ Quantidade/kg de Produto: vit. A 8000000 UI, vit. D3 2000000 UI, vit. E 15000 mg, vit. K3 1960 mg, vit. B2 4000 mg, vit. B6 1000 mg, vit. B12 10000 mcg, niacina 19800 mg, ác. pantotênico 5350 mg, ác. fólico 200 mg, manganês, 32500 mg, zinco 5000 mg, ferro 20000 mg, cobre 4000 mg, iodo 1500 mg, selênio 250 mg, cobalto 200 mg, antioxidante 100000 mg. ²Valores analisados, ³ Valores analisados.

Coleta de dados

Para determinação dos valores de metabolizabilidade e seus coeficientes, foi calculado o consumo da dieta, por meio da mensuração da quantidade de ração fornecida e das sobras.

O óxido férrico em pó foi acrescentado na proporção de 2,0% às rações experimentais como marcador fecal no início e no final da coleta de excretas das aves; assim foram desprezadas as excretas não marcadas na primeira coleta e as marcadas na última. Então, foi realizada a coleta de excreta total durante os últimos cinco dias do fim do experimento, as gaiolas de metabolismo continham bandejas revestidas com plástico para coleta total das excretas, de acordo com metodologia de Matterson et al, (1965).

As rações foram formuladas com adição de 0,5% de (Celite®), que foi utilizado com indicador de indigestibilidade. No último dia do período experimental, duas horas antes do sacrifício, as aves foram estimuladas a consumir a ração dispostas no comedouro, para que assim fosse possível encontrar uma quantidade significativa de material no íleo.

Após o sacrifício das aves foi realizada incisão abdominal e exposição do íleo, onde foram coletados o conteúdo ileal na porção intermediária, correspondente a dois centímetros após o divertículo de Merckel e dois centímetros antes da junção íleo-cecólica. As amostras do conteúdo ileal e excretas foram acondicionadas em potes plásticos e congeladas em freezer a -20°C e posteriormente foram pré-secas com as amostras de excretas em estufa de circulação forçada a 55°C. As amostras coletadas foram descongeladas, moídas e encaminhadas ao Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da UFRPE para determinação dos teores de matéria seca, energia bruta e proteína bruta, de acordo com as metodologias descritas por Silva e

SILVA, J.C.R. Efeito do complexo enzimático sobre o valor nutricional...

Queiroz (2002). A concentração de Celite[®] foi determinada de acordo com a metodologia descrita Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal (2009).

Parâmetros Avaliados

A partir dos resultados das análises laboratoriais foram calculados os valores de energia metabolizável aparente (EMA) e energia metabolizável aparente corrigida para balanço de nitrogênio (EMAn), bem como os coeficientes de metabolizabilidade da matéria seca (CMAMS), energia bruta (CMAEB) e proteína bruta (CMAPB). Todos estes parâmetros foram descritos por segundo Sakomura e Rostagno (2007), conforme as fórmulas descritas a seguir:

EMA da ração teste (RT) e, ou, referência (RR):

$$EMA_{RT \text{ ou } RR} = \frac{\text{energia bruta (EB) ingerida} - \text{EB excretada}}{\text{MS ingerida}}$$

$$EMAn \text{ da RT ou RR} = \frac{\text{EB ingerida} - (\text{EB excretada} + 8,22 * \text{BN})}{\text{MS ingerida}}$$

onde BN (balanço de nitrogênio) = N ingerido - N excretado

Os coeficientes de metabolizabilidade da matéria seca (CMAMS), energia bruta (CMAEB) e proteína bruta (CMAPB) foram calculados pelas seguintes fórmulas:

$$CMAMS = \frac{\text{MS absorvida} \times 100}{\text{MS Ingerida}} \quad CMAPB = \frac{\text{PB absorvida} \times 100}{\text{PB ingerida}}$$

$$CMAEB = \frac{\text{EB absorvida} \times 100}{\text{EB ingerida}}$$

Assim como os coeficientes de digestibilidade ileal da matéria seca (CDIAMS), proteína bruta (CDIAPB) e energia bruta (CDIAEB), conforme as fórmulas a seguir:

$$\text{Fator de Indigestibilidade (FI)} = \frac{\text{Indicador dieta}}{\text{Indicador digesta}}$$

$$\text{CDIAMS} = \frac{(\text{MS dieta}(\%) - (\text{MS digesta}(\%) \times \text{FI}))}{\text{MS dieta}(\%)} \times 100$$

$$\text{CDIAPB} = \frac{(\text{PB dieta}(\%) - (\text{PB digesta}(\%) \times \text{FI}))}{\text{PB dieta}} \times 100$$

$$\text{CDIAEB} = \frac{(\text{EB dieta}(\%) - (\text{EB digesta}(\%) \times \text{FI}))}{\text{EB dieta}(\%)} \times 100$$

Análises estatísticas

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e em caso de diferenças significativas as médias foram comparadas pelo Teste Dunnet. Para os dosagens do complexo enzimático, os resultados foram submetidos à análise de regressão. O pacote computacional utilizado para as análises estatísticas foi o SISVAR versão 4.6 (Ferreira, 2003). As diferenças foram consideradas significativas quando $P < 0,05$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 estão apresentadas as médias de energia metabolizável e energia metabolizável corrigida para nitrogênio, além dos coeficientes de digestibilidade da matéria seca, proteína bruta e energia bruta.

Não houve efeito significativo da alteração da quantidade do complexo utilizado sobre a digestibilidade da matéria seca e proteína bruta. Também não houve diferenças significativas para energia metabolizável, energia metabolizável corrigida para balanço de nitrogênio e coeficiente de digestibilidade da energia bruta. O complexo utilizado pode ter uma maior atuação em ingredientes mais fibrosos pela ação glucanase, celulase

e xilanase, então seria mais substrato para ação dessas enzimas específicas, tendo em vista que as enzimas são substrato dependente. Conseqüentemente, o que poderia ter ocorrido é uma maior liberação de nutrientes.

Tabela 2. Médias dos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS), proteína bruta (CDAPB) e energia bruta (CDAEB), valores de energia metabolizável (EMA), energia metabolizável corrigida para balanço de nitrogênio (EMAn) e parâmetros estatísticos.

| Parâmetros | Dosagens (ppm) | | | | | F | P | DP | CV% |
|------------|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|
| | 0 | 150 | 200 | 250 | 300 | | | | |
| CDAMS, % | 76,1 | 75,08 | 75,69 | 75,8 | 76,19 | 0,044 | 0,996 | 4,73 | 6,16 |
| CDAPB, % | 86,29 | 86,97 | 86,42 | 85,71 | 87,15 | 0,100 | 0,981 | 3,68 | 4,69 |
| EMA, kcal | 2862 | 3081 | 3047 | 3133 | 3067 | 0,402 | 0,804 | 121 | 12,03 |
| EMAn, kcal | 2765 | 2982 | 2940 | 3033 | 2962 | 0,421 | 0,791 | 100 | 11,94 |
| CDEB, % | 78,75 | 78,68 | 78,79 | 78,98 | 79,31 | 0,107 | 0,978 | 2,4 | 2,17 |

P: Probabilidade; DP: desvio padrão; CV: coeficiente de variação.

Para os coeficientes de digestibilidade aparente, isso pode estar relacionado ao fato das enzimas serem específicas para o substrato e, portanto, para o ingrediente; em função da variação da composição química do alimento, o complexo enzimático utilizado nas rações provavelmente não foi capaz de melhorar a degradação, digestão e absorção dos nutrientes das rações avaliadas. Assim, a enzima poderia atuar de maneira mais eficiente em um substrato fibroso.

Mathlouthi et al. (2003), em experimento com frangos de corte, observaram melhor digestibilidade dos nutrientes e da energia metabolizável aparente (EMA) em dietas compostas por milho, farelo de arroz e cevada quando suplementadas com xilanase e β -glucanase. Tendo em vista que os autores utilizaram material fibroso nas dietas, que provavelmente contribuem com maior quantidade de substrato.

Os resultados dessa pesquisa também estão de acordo com os obtidos por Pucci et al. (2003), que trabalharam com suplementação enzimática em rações fareladas para frango de corte e não notaram aumento nos valores de energia metabolizável aparente corrigida com o uso do complexo enzimático. Esses autores concluíram que os valores de energia metabolizável aparente corrigida das rações não diferiram em relação do uso ou não de enzimas.

No entanto, Yu e Chung (2004) verificaram que a adição de níveis adequados de α -amilase, β -glucanase e xilanase em dietas com redução de 3% de EM para frangos de corte resultou em desempenho semelhante ao obtido com dieta controle. Kocher et al. (2003) verificaram aumento da energia metabolizável aparente corrigida em dietas à base de milho e farelo de soja para frangos com a dosagem combinada de pectinase, protease e amilase somente quando as dietas basais apresentavam baixa proteína e energia. Meng et al. (2005) e Slominski et al. (2006), utilizando a suplementação de enzimas para avaliar o aproveitamento energético das dietas de frangos de corte, verificaram que o uso de enzimas exógenas foram eficientes na degradação dos polissacarídeos não-amiláceos, melhorando o aproveitamento da energia da dieta.

Pourreza et al. (2007) e Rutherford et al. (2007), em dietas para frangos de corte suplementadas com enzimas, também não foram observadas diferenças entre os tratamentos para os coeficientes de metabolização da proteína bruta e matéria seca.

Já Juanpere et al. (2005) avaliaram a interação entre fitase e glicosidases (α -galactosidase, xilanase e β -glucanase) em dietas à base de milho, trigo e cevada. Foi observada melhoria de 1,54% no coeficiente de digestibilidade da matéria seca, fato que não ocorreu nessa pesquisa já que os resultados para matéria seca não foram significativos.

Mesmo que o aumento no coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta (CMAPB) das rações não tenha sido significativo, é possível que a adição de enzimas às rações possa ter melhorado a digestibilidade da proteína da soja, o que, entretanto, não resultou em aumento no CMAPB da ração, mas essa melhora pode ser observada na digestibilidade ileal da proteína.

De acordo com Garcia (2003), cerca de 25% das necessidades diárias de nitrogênio podem ser utilizadas para a síntese de enzimas endógenas. Logo, a suplementação de enzimas exógenas pode se mostrar eficiente, no sentido de poupar essa energia para a produção. Neste sentido, Strada (2005) comenta que este efeito está mais relacionado à redução da perda de aminoácidos endógenos do que a uma melhor digestão dos aminoácidos da dieta em si, ou seja, a suplementação enzimática de proteases está relacionada a diminuição de síntese de proteases endógenas, portanto, o que ocorre com o animal é que ele poupa energia para síntese de enzimas e essa energia pode ser desviada para a produção.

Strada et al. (2005), trabalhando com complexo multienzimático contendo protease, amilase e xilanase em rações à base de farelo de soja, milho e farinha de carne e ossos, observaram que a adição de complexo multienzimático para frangos de corte de 22 a 42 dias de idade melhorou a eficiência de utilização dos aminoácidos em 9% de metionina, e ainda em 7% para metionina+cistina e Lisina. Esse fato pode ter ocorrido nessa pesquisa, já que foi encontrada uma melhora na digestibilidade ileal proteína bruta (tabela 3).

Não houve efeito significativo da alteração de inclusão do complexo enzimático sobre o coeficiente de digestibilidade ileal da matéria seca e a matéria seca digestível. Isso indica que a absorção de nutrientes foi semelhante em todas as rações. Já para a proteína bruta digestível, na dosagem de 200ppm, encontrou-se a maior média,

indicando que essa é a melhor dosagem no sentido de obter-se uma maior digestibilidade da proteína bruta. A dosagem que possui menor digestibilidade da proteína é 115, que foi o ponto de mínima encontrado na regressão.

Tabela 3. Médias dos coeficientes de digestibilidade ileal da matéria seca (CDIMS) e proteína bruta (CDIPB) e valores de matéria seca (MSD) e proteína digestível (PBD) e parâmetros estatísticos.

| Parâmetros | Dosagens (ppm) | | | | | F | R ² | EQ | P | DP | CV |
|------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-------|----------------|----|-------|-------|------|
| | 0 | 150 | 200 | 250 | 300 | | | | | | |
| CDIMS, % | 82,83 | 84,18 | 86,08 | 84,33 | 84,22 | 2,322 | - | | 0,153 | 2,15 | 1,56 |
| MSD, g/kg | 746,72 | 758,65 | 768,63 | 756,49 | 754,49 | 0,801 | - | | 0,388 | 18,55 | 1,56 |
| CDIPB, % | 86,09 | 87,17 | 89,83 | 87,07 | 88,12 | 3,982 | - | | 0,060 | 2,02 | 1,30 |
| PBD, g/kg | 152,50 ^a | 152,24 ^a | 158,95 ^b | 150,08 ^a | 152,32 ^a | 5,268 | 38,90 | Q1 | 0,041 | 3,90 | 1,27 |

Letras diferentes na mesma linha diferem pelo Teste de Dunnett a 5% de probabilidade; R²: coeficiente de determinação; EQ: Equação; P: Probabilidade; DP: desvio padrão; CV: coeficiente de variação; Q1: $152,394484 - 0,033150 + 0,000144X^2$.

Não houve efeito significativo da alteração de inclusão do complexo enzimático sobre o coeficiente de digestibilidade ileal da matéria seca e a matéria seca digestível. Isso indica que a absorção de nutrientes foi semelhante em todas as rações. Já para a proteína bruta digestível, na dosagem de 200ppm, encontrou-se a maior média, indicando que essa é a melhor dosagem no sentido de obter-se uma maior digestibilidade da proteína bruta. A dosagem que possui menor digestibilidade da proteína é 115, que foi o ponto de mínima encontrado na regressão.

Dourado et al. (2009) avaliaram a digestibilidade ileal utilizando complexo enzimático em rações formuladas com baixo nível de energia e demonstraram que as enzimas foram eficientes em melhorar a digestibilidade da matéria seca. Marron et al.

SILVA, J.C.R. Efeito do complexo enzimático sobre o valor nutricional...

(2001) encontraram melhora na digestibilidade ileal da matéria seca e na conversão alimentar, com a suplementação de xilanase.

Rodrigues et al. (2003) observaram melhora na digestibilidade ileal da proteína bruta, amido e energia digestível pela adição de um complexo enzimático (protease, amilase e xilanase) em dietas à base de diferentes variedades de milho para frangos de corte de 1 a 28 dias de idade. Estes pesquisadores afirmaram que a adição do complexo enzimático pode ser benéfica, pois reduz a variabilidade da EMAn das diferentes dietas analisadas. Igualmente, Marsman et al. (1997) verificaram aumento na digestibilidade ileal da proteína bruta em frangos alimentados com dietas contendo soja extrusada, quando houve suplementação com complexo enzimático.

Já Rutherford et al. (2007), estudando o efeito da amilase mais 39 xilanasas para frangos de corte alimentados com rações à base de milho e farelo soja, encontraram melhora significativa na digestibilidade de todos aminoácidos analisados, quando utilizaram a metodologia de digestibilidade ileal verdadeira.

Vieira et al. (2009) encontrou que a digestibilidade ileal de metionina e histidina melhorou em 4 e 2%, respectivamente, quando a enzima foi adicionada, independente do nível de enzima, mostrando que a enzima protease teve efeito sobre a disponibilidade de aminoácidos.

Na Tabela 4 estão apresentadas as médias do coeficiente de digestibilidade do fósforo, além das médias do fósforo ingerido e excretado.

Para o fósforo ingerido os resultados encontrados não foram significativos. Para a excreção de fósforo, fósforo retido e coeficiente de digestibilidade do fósforo os resultados foram equações quadráticas. O ponto de mínima do fósforo retido foi na dosagem 122,4 e do coeficiente de digestibilidade aparente foi na dosagem 89.

Tabela 4. Médias dos valores de fósforo ingerido (P ing), fósforo excretado (P exc), fósforo retido (P ret) e coeficiente de digestibilidade aparente do fósforo (CDAP) e parâmetros estatísticos.

| Parâmetros | Dosagens (ppm) | | | | | F | R ² | EQ | P | DP | CV% |
|------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|----------------|----|--------|------|-------|
| | 0 | 150 | 200 | 250 | 300 | | | | | | |
| P ing, g | 0,34 ^b | 0,45 ^a | 0,35 ^b | 0,42 ^a | 0,44 ^a | 5,80 | - | ns | 0,026 | 0,06 | 13,66 |
| P exc, g | 0,22 ^b | 0,26 ^b | 0,25 ^b | 0,31 ^a | 0,34 ^a | 11,20 | 56,86 | Q1 | 0,0008 | 0,05 | 14,1 |
| P ret, g | 0,11 | 0,18 | 0,10 | 0,11 | 0,10 | 4,66 | 35,40 | Q2 | 0,024 | 0,06 | 26,15 |
| CDAP, % | 34,74 ^a | 41,43 ^a | 30,13 ^a | 25,97 ^b | 23,09 ^b | 11,02 | 56,00 | Q3 | 0,0009 | 7,82 | 17,84 |

Letras diferentes na mesma linha diferem pelo Teste de Dunnett a 5% de probabilidade; R²: coeficiente de determinação; EQ: Equação; P: Probabilidade; DP: desvio padrão; CV: coeficiente de variação. Q1: $Y = 0,22434 + 0,00005196X - 0,00000150X^2$, Q2: $Y = 0,12230 + 0,00051684X - 0,00000211X^2$, Q3: $Y = 35,38915 + 0,06966X - 0,00039189X^2$

Os resultados demonstram também que até a dosagem de 200ppm o coeficiente de digestibilidade aparente do fósforo se mantém semelhante, então até esse nível a fitase teve ação semelhante à ração referência. A partir da dosagem 250ppm já se observa médias menores, sugerindo menor aproveitamento do fósforo pelos animais avaliados. Esses resultados demonstram a capacidade dessa enzima em disponibilizar P em dietas com níveis reduzidos do mineral.

De acordo com os dados apresentados por Olukosi et al. (2007), as glicosidases degradam a camada de PNAs da membrana celular, o que facilita o acesso da fitase ao fitato armazenado na membrana da parede celular. Os mesmos autores encontraram melhora no desempenho e na digestibilidade de nutrientes com combinação enzimática de fitase e complexo amilase, xilanase e protease, em dietas de frangos corte. Fato que pode ter ocorrido nessa pesquisa, já que se trata de um complexo multienzimático.

Leeson (1999) recomenda inclusão de fitase em dietas com níveis reduzidos de cálcio e fósforo. Além disso, o autor conclui que a biodisponibilidade do fósforo na forma de fitato para aves e suínos é influenciada pela fitato presente na fonte vegetal,

pelo pH do trato gastrointestinal. A enzima, utilizada nessa pesquisa, pode ter liberado nas maiores dosagens, grandes quantidades de fósforo, interferindo nessa relação, resultando, assim, em menor digestibilidade aparente.

Roland e Gordon (1996), trabalhando com poedeiras alimentadas com baixos níveis de cálcio hidrolisam melhor o fitato do que aves consumindo dietas com altos teores desse mineral. Além disso, esses autores sugerem que níveis altos de cálcio podem interferir no efeito da fitase, diminuindo a solubilidade do fitato, fato que pode ter ocorrido nessa pesquisa, já que o cálcio não foi valorizado.

Cowieson (2004) elucidaram em partes o efeito anti-nutricional do fitato quando em seus estudos perceberam que existia um incremento na produção de mucina, e na excreção de sódio e outros minerais quando frangos de corte recebiam dietas com fitato. De acordo com os autores isto ocorre porque o organismo secreta mais HCl para a ativação da pepsina, já que o fitato diminui a hidrólise das proteínas e os animais tentam compensar essas perdas de digestibilidade. Fato que pode ter ocorrido nessa pesquisa, já que a excreção do fósforo ocorreu de maneira diferente nos tratamentos.

Além de disponibilizar o fósforo complexado, a enzima fitase pode se tornar importante também por diminuir o uso do fósforo inorgânico e reduzir a margem de excreção fecal, que gera problemas ambientais, seja minimizado, melhorando, assim, as condições de vida dos seres humanos (TEJEDOR et al., 2001).

CONCLUSÕES

Para os resultados de digestibilidade aparente de matéria seca e proteína bruta, assim como os resultados de energia metabolizável, energia metabolizável aparente corrigida para balanço de nitrogênio e coeficiente de energia bruta, não houve efeito a inclusão do complexo enzimático. A dosagem 200ppm do complexo enzimático promove melhor aproveitamento de proteínas. Para o fósforo até a dosagem 200ppm não houve diferenças no coeficiente de digestibilidade do fósforo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAMPESTRINI, E., V.T.M, SILVA, M.D. Utilização de enzimas na alimentação animal. **Revista Eletrônica Nutritime**, 2: 254-267, 2005.

COMPÊNDIO BRASILEIRO DE ALIMENTAÇÃO ANIMAL. 2009. Guia de métodos analíticos. São Paulo: Sindirações/Anfal. 188, 2009.

COWIESON, A.J., T. ACAMOVIC, M.R. BEDFORD. The effect of phytase and phytic acid on the endogenous loss from broiler chickens. *British Poultry Science*, 45: 101 - 108, 2004.

DOURADO, L.R.B., N.K. SAKOMURA, N.A.A. BARBOSA et al. Corn and soybean meal metabolizable energy with the addition of exogenous enzymes for poultry. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, 11: 51-55, 2009.

FERREIRA, D. F. Programa SISVAR. Sistema de Análise de Variância. Versão 4.6 (Build 6.0). Lavras. DEX/UFLA, 2003.

GARCIA, M. I., M. J. ARANÍBAR, R. LÁZARO, P. MEDEL, G.G. MATEOS. Amilase supplementation of broiler diets based on corn. **Poultry Science**. Champaign, 82: 436-442, 2003.

JUANPERE, J., A. M. PÉREZ-VENDRELL, E. ANGULO, AND J. BRUFAU. Assessment of potential interactions between phytase and glycosidase enzyme supplementation on nutrient digestibility in broilers. **Poult. Sci.** 84:571-580, 2005.

MATERSON, L.D., L.M, POTTER. The metabolizable energy of feed ingredients for chickens. **Agricultural Experimental Station Research Report**. 7: 3-11, 1965.

SILVA, J.C.R. Efeito do complexo enzimático sobre o valor nutricional...

KOCHER, A., M. CHOCT, G. ROSS, et al. Effects of enzyme combinations on apparent metabolizable energy of corn-soybean meal-based diets in broilers. **Journal of Applied Poultry Research**, 12: 275-283, 2003.

LEESON, S. Enzimas para aves. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE NUTRIÇÃO PARA AVES. Campinas, SP. **Anais...** Campinas: FACTA, 173-185, 1999.

LIU, N., G.H. LIU, F.D. LI, J.S. SANDS, S. ZHANG, A.J. ZHENG, Y.J. RU. Efficacy of phytases on egg production and nutrient digestibility in layers fed reduced phosphorus diets. **Poultry Science**, 86: 2337-2342, 2007.

MARRON, L., M.R. BEDFORD, K.J. MCCRACKEN. The effects of adding xylanase, vitamin C and copper sulphate to wheat-based diets on broiler performance. **British Poultry Science**, 42: 493- 500, 2001.

MARSMAN, G.J.P., HN. GRUPPEN, A.F.B. VANDER POEL et al. The effect of thermal processing and enzyme treatments of soybean meal on growth performance, ileal nutrient digestibilities, and chyme characteristics in broiler chicks. **Poultry Science** 76(6):864-872, 1997.

MATHLOUTHI, N., M.A. MOHAMED, M. LARBIER, M. Effect of enzyme preparation containing xylanase and β -gucanase on performance of laying hens fed wheat/barley or maize/soybean mealbased diets. **British Poultry Science**, 44: 60-66, 2003.

MCCLEARY B.V. Analysis of feed enzymes. In: BEDFORD, M.R. & PARTRIDGE, G.G. (Ed.) *Enzymes in farm animal nutrition*. Oxford: CAB PUBLISHING, 2001.

MENG, X., A. SLOMINSKI, C. M. L. NYACHOTI, D. CAMPBELL, AND W. GUENTER. Degradation of cell wall polysaccharides by combinations of carbohydrase

SILVA, J.C.R. Efeito do complexo enzimático sobre o valor nutricional...

enzymes and their effect on nutrient utilization and broiler chicken performance.

Poultry Science, 84:37-47, 2005.

NUNES, R.V. et al. Fatores antinutricionais dos ingredientes destinados à alimentação animal. In: SIMPÓSIO SOBRE INGREDIENTES NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL, 2001, Campinas, SP. **Proceedings...** Campinas: CBNA. 235-272, 2001.

OLUKOSI, O.A., A.J. COWIESON, O. ADEOLA. Age-related influence of a cocktail of xylanase, amylase, and protease or phytase individually or in combination in broilers.

Poultry Science, 86: 77-86, 2007.

POURREZA, J., A.H. SAMIE, E. ROWGHANI. Effect of supplemental enzyme on nutrient digestibility and performance of broiler chicks fed on diets containing triticale.

International Journal of Poultry Science, 6: 115-117, 2007.

PUCCI, L.E.A., P.B. RODRIGUES, R.T.F. FREITAS et al. Níveis de óleo e adição de complexo enzimático na ração de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 32: 909-917, 2003.

RODRIGUES, P. B., H. S. ROSTAGNO, L. F. T ALBINO, P.C. GOMES, B.I. YU, T.K. CHUNG Effects of multiple-enzyme mixtures on growth performance of broilers fed corn-soybean meal diets. **Journal Applied Poultry Research**, 13: 178-182, 2004.

ROSTAGNO, H.S.,L.F.T. ALBINO, J.L. DONZELE, J.L. et al. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 3. ed. – Viçosa, MG: UFV, DZO. 1: 46, 2011.

RUTHERFURD, S. M., T.K. CHUNG, P.J. MOUGHAN. The effect of a commercial enzyme preparation on apparent metabolizable energy, the true ileal amino acid digestibility, and endogenous ileal lysine losses in broiler chickens. **Poultry Science**, 86: 665-672. SAEG-Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas, 2007.

SILVA, J.C.R. Efeito do complexo enzimático sobre o valor nutricional...

RUTHERFURD, S.M., T.K., CHUNG, P.J., MOUGHAN. The effect of microbial phytase on ileal phosphorus and amino acid digestibility in the broiler chicken. *British Poultry Science*, 44: 598-606, 2002.

SAKOMURA, N.K., H.S. ROSTAGNO. Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos. Jaboticabal: Funep, p. 283, 2007.

SILVA, D.J., A.C. QUEIROZ. Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos). 3ª ed. Viçosa: UFV, p. 235, 2002.

SLOMINSKI, B.A., X. MENG, L.D. CAMPBELL, et al. The use of enzyme technology for improved energy utilization from full-fat oilseeds. Part II: Flaxseed. *Poultry Science*, 85: 1031-1037, 2006.

SOTO-SALANOVA, M.F., O. GARCIA, H. GRAHAM, et al. Uso de enzimas em dietas de milho e soja para frangos de corte. In: Conferência Apinco 96 de Ciência e Tecnologia Avícolas, Curitiba. **Anais...** Campinas: FACTA, p.71-76. 1996.

STRADA, E.S.O. Uso de enzimas na alimentação de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, 34: 2369-2375, 2005.

TEJEDOR A.A., ALBINO L.F.T., ROSTAGNO H.S. & VIEITES F.M. Efeito da adição da enzima fitase sobre o desempenho e a digestibilidade ileal de nutrientes1. *Rev. Bras. Zootec.* 30:802- 808, 2001.

VIEIRA, S.L., D.M. FREITAS, J.E.M. PEÑA, R. BARROS, P.S. XAVIER, A.C. VIAN, J.O.B. SORBARA. Performance and amino acid utilization by broilers supplemented with a novel exogenous protease. In: INTERNATIONAL POULTRY SCIENTIFIC FORUM, Atlanta. **Proceedings...** Atlanta: Nutrition IV, n.114, 2009.

SILVA, J.C.R. Efeito do complexo enzimático sobre o valor nutricional...

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

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso do complexo enzimático da empresa Bioenzima®, pode ser utilizado em rações com valorização de até 2% de energia metabolizável e energia metabolizável corrigida para balanço de nitrogênio. O complexo pode ser utilizado em rações valorizadas e ter resultados semelhantes à ração referência; isso está relacionado ao tipo de ingrediente e quantidade de valorização. Em dosagens de até 200ppm pode-se obter melhora em relação à proteína bruta digestível e os coeficientes de digestibilidade do fósforo se mantêm semelhante a ração sem o complexo enzimático.

Os resultados benéficos que o complexo proporciona na criação de galinhas poedeiras, visto na digestibilidade dos nutrientes, em grandes criações, representa também uma economia significativa nos custos com as rações para esses animais.