

**ENERGIA METABOLIZÁVEL E  
DIGESTIBILIDADE DE NUTRIENTES DO  
MILHO E SORGO COM USO DE ENZIMAS,  
DETERMINADOS COM GALOS E FRANGOS  
DE CORTE**

**JULIO CESAR CARRERA DE CARVALHO**

**2010**

**JULIO CESAR CARRERA DE CARVALHO**

**ENERGIA METABOLIZÁVEL E DIGESTIBILIDADE DE  
NUTRIENTES DO MILHO E SORGO COM USO DE ENZIMAS,  
DETERMINADOS COM GALOS E FRANGOS DE CORTE**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Nutrição de Monogástrico, para a obtenção do título de “Doutor”.

Orientador  
Prof. Dr. Antônio Gilberto Bertechini

LAVRAS  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2010

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

Carvalho, Júlio César Carrera de.

Energia metabolizável e digestibilidade de nutrientes do milho e sorgo com uso de enzimas, determinados com galos e frangos de corte / Júlio César Carrera de Carvalho. – Lavras : UFLA, 2010.  
107 p. : il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2010.  
Orientador: Antônio Gilberto Bertechini.  
Bibliografia.

1. Avicultura. 2. Complexo enzimático. 3. Alimentação forçada.  
4. Nutrição avícola. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 636.508557

**JULIO CESAR CARRERA DE CARVALHO**

**ENERGIA METABOLIZÁVEL E DIGESTIBILIDADE DE  
NUTRIENTES DO MILHO E SORGO COM USO DE ENZIMAS,  
DETERMINADOS COM GALOS E FRANGOS DE CORTE**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Nutrição de Monogástrico, para a obtenção do título de “Doutor”

APROVADA em 26 de fevereiro de 2010

Prof. Dr. Adriano Geraldo	IFMG
Prof. Dr. Édison José Fassani	UFLA
Prof. Dr. Paulo Borges Rodrigues	UFLA
Prof. Dr. Renato Ribeiro de Lima	UFLA

Prof. Dr. Antônio Gilberto Bertechini  
UFLA  
(Orientador)

LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL

Dedico este trabalho a Deus, por me conceder a vida e iluminar minha caminhada a cada dia da minha vida; aos meus pais, Antonio Cesar e Denilce; as minhas irmãs, Ana Laura, Fernanda e Thais; aos meus avós, Divino e Dalva, os quais acompanharam de perto meus passos em todos esses anos de caminhada, sempre tentando guiar-me da melhor forma possível, pelos esforços, dedicação e compreensão que me foram dispensados e pelo amor incondicional e recíproco que me foram dedicados. A uma pessoa muito especial na minha caminhada, que a cada dia me ensinou como amar as coisas de modo diferente e como a família é importante, me ajudou nas horas difíceis e estendeu as mãos quando eu mais precisava. Esta pessoa é você, Renata. Gostaria de agradecer-lhe pela sua amizade, companhia, dedicação, imensa ajuda e compreensão, incentivo e amor, que me deram forças para terminar mais essa etapa de minha vida. Aos meus amigos, que estiveram presentes e contribuíram, cada um a sua maneira, para minimizar tristezas e aumentar alegrias e fazer de longos quatro anos uma experiência inesquecível.

**DEDICO**

## AGRADECIMENTO

Aos meus pais, Antonio Cesar e Denilce, pelo amor incondicional, paciência, amizade, compreensão, apoio sentimental e financeiro e que, apesar de todas as dificuldades, sempre fizeram de tudo para que eu tivesse o melhor.

À UFLA, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, pela oportunidade de desenvolver um trabalho.

Ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento (CNPq), pela bolsa de estudos concedida durante o doutorado.

A minha família, em especial meus avós Dalva e Divino; minhas irmãs, Ana Laura, Fernanda e Thais e meus tios e primos, por toda a colaboração e apoio nesses anos de estudo.

Ao meu orientador, Antonio Gilberto Bertechini, pela paciência, compreensão, apoio e confiança depositada em mim durante a realização deste trabalho e toda a minha estadia no grupo. Foi peça fundamental no meu desenvolvimento científico, pois, sem ele, não teria as teorias e ideias que fazem da avicultura brasileira referência em todo o mundo.

A Renata, pela presença, apoio, confiança, dedicação, amor, ajuda e carinho em todos os maravilhosos momentos que temos passado juntos.

Aos amigos da DSM Nutrition, em especial ao José Otávio e Francisco Piraces, que apoiaram e incentivaram todo o desenvolvimento deste trabalho.

Aos amigos da Uniquímica Indústria Ltda., em especial Reinaldo (Bidu), Edgar e Jerônimo, que contribuíram em vários momentos do desenvolvimento dos trabalhos.

Aos amigos da Danisco e da Nutron Alimentos, Mauricio Cunha e Ronni Dari, pela oportunidade de poder continuar a desenvolver meu trabalho, evoluir e aprender perto de pessoas tão capacitadas.

Aos amigos que contribuíram de forma marcante para a realização desta tese, na elaboração e no desenvolvimento dos experimentos, Solange, Eduardo, Victor, Bruno, Camila, Matheus e Antonio

Aos amigos de república que, ao longo de toda a estadia em Lavras, me acompanharam: Jalison, José Vieira, Daniel (onça), Roberto (Quem), Regis (Roia), Breno, Murilo (Yakut), Stefano (Chapolin), Tiago (Gogo), Diego (Valada), Lorival (Michelan), Danilo (Bussunda) e a Biscate. Obrigado por todos os momentos em que compartilhamos a mesma casa e festejamos a cada vitória.

Aos colegas de trabalho e do Núcleo de Estudos em Ciências e Tecnologia Avícolas (Necta) que, ao longo de alguns anos, acreditaram que era possível trabalhar e evoluir como uma equipe e fizeram do Necta uma referência em amizade, trabalho e companheirismo. Obrigado a todos: Edson, Reinaldo, Adriano, Jerônimo, Livya, Gislene, Renata Rios, Renata Souza, Victor, Eduardo, Henrique, Fabrício, Diego Remolina, Camila Meneghetti, Camila Leão, Antonio, Matheus, Solange, Jamila, Rafaela, Marcelo, Rodrigo, Fabio, Danilo, Bruno, Carol, Lucas, Tatiany, Ethienne Boa Sorte, Mariane e Marian, entre outros e aos técnicos de laboratório Marcio e José Virgílio; aos funcionários do Departamento de Zootecnia, Keila, Carlos, Borginho, Totonho e Vovo e todos os quais estiveram junto a mim em momentos felizes e especiais, momentos de conquistas, de crescimento, de impaciência, em que a compreensão foi essencial.

Aos professores Édison José Fassani, Paulo Borges Rodrigues, Adriano Geraldo e Renato Ribeiro de Lima, por toda a amizade e confiança, e a ajuda nos momentos difíceis neste último ano de trabalho.

## **BIOGRAFIA**

Julio Cesar Carrera de Carvalho, filho de Antônio Cesar Carneiro de Carvalho e Denilce Aparecida Carrera de Carvalho, nasceu em 6 de abril de 1981, na cidade de São João da Boa Vista, SP

Graduou-se em Zootecnia pela Universidade Federal de Lavras (UFLA) em janeiro de 2004.

Em março de 2005 ingressou no mestrado em Zootecnia, na área de concentração Nutrição de Monogástrico, na Universidade Federal de Lavras (UFLA), defendendo a dissertação em 16 de fevereiro de 2006.

Em março de 2006 ingressou no Doutorado em Zootecnia, na área de concentração em Nutrição de Monogástrico, na Universidade Federal de Lavras (UFLA), defendendo a tese em 26 de fevereiro de 2010.

## SUMÁRIO

	<b>Páginas</b>
RESUMO .....	i
ABSTRACT .....	iii
CAPÍTULO 1.....	1
1 Introdução Geral .....	2
2 Referencial Teorico.....	4
2.1 Variabilidade dos ingredientes e seus conteúdos.....	4
2.2 Idade das aves, desenvolvimento da digestão e aproveitamento de nutrientes.....	10
2.3 Determinação da energia dos alimentos para aves .....	15
2.4 Enzimas na produção avícola .....	17
3 Referências Bibliográficas.....	22
CAPÍTULO 2.....	30
1 Resumo .....	31
2 Abstract.....	32
3 Introdução .....	33
4 Material e Métodos .....	35
5 Resultados e Discussão .....	39
6 Conclusão.....	47
7 Referências Bibliográficas .....	48
CAPÍTULO 3.....	50
1 Resumo .....	51
2 Abstract.....	52
3 Introdução .....	53
4 Material e Métodos .....	55
5 Resultados e Discussão .....	61

5.1 Referente às dietas basais .....	61
5.2 Referentes ao ingrediente milho .....	64
6 Conclusão.....	76
7 Referências Bibliográficas .....	77
CAPÍTULO 4.....	80
1 Resumo .....	81
2 Abstract.....	82
3 Introdução .....	83
4 Material e Métodos .....	85
5 Resultados e Discussão .....	91
5.1 Referente as dietas basais .....	91
5.2 Referentes ao ingrediente sorgo.....	93
6 Conclusão.....	103
7 Referências Bibliográficas .....	104
ANEXOS .....	106

## RESUMO

CARVALHO, Julio Cesar Carrera de. **Energia metabolizável e digestibilidade de nutrientes do milho e sorgo com uso de enzimas, determinados com galos e frangos de corte.** 2010. 107 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras<sup>1</sup>.

Foram realizados quatro experimentos para avaliar o uso de um complexo enzimático sobre as variáveis de digestibilidade dos nutrientes e valor energético do milho e sorgo para aves de diversas idades. Nos experimentos 1 e 2 foram utilizados 32 galos Leghorn cecectomizados e estudados os níveis de inclusão crescente (0, 100, 200, 300, 400, 500 ppm) do complexo enzimático AG - (Ronozyme A –  $\alpha$  – amilase 250 kNU,  $\beta$  – glucanase 350 FBG por grama de produto) para o milho e sorgo. Os experimentos 3 e 4 foram divididos em três fases: pré-inicial (1-7), inicial (14-21) e final (35-42), em ensaios metabólicos. Avaliaram-se 4 dietas com diferentes proporções de milho e sorgo em substituição (0%, 20%, 30% e 40%) a uma dieta basal, associados a quatro níveis de suplementação do complexo enzimático (AG), 0, 200, 300 e 400 ppm. Para o experimento 1, a utilização do complexo enzimático foi eficiente em melhorar o aproveitamento dos nutrientes do milho, promovendo um incremento na energia metabolizável para os galos. Para o experimento 2, no intuito principal de utilizar carboidrase para melhorar a energia metabolizável do sorgo, concluiu-se que o nível de 228,87 ppm de AG é a dose mais eficiente. No experimento 3, os melhores incrementos de EMAn do milho foram observados na fase final de criação e estão diretamente associados à inclusão de CE contendo amilase e glucanase, visto que o frango de corte, nesta fase, apresenta alto consumo de ração e a relação substrato-enzima favorece a suplementação de enzimas. De maneira geral, observa-se efeito linear do CDAMS para nível de substituição do milho e inclusão das enzimas. Para o CDAPB, foi observado efeito linear para a inclusão das enzimas e efeito linear decrescente para o nível de substituição do milho. O nível de substituição interfere na EMAn do milho. A avaliação de enzimas ou complexos enzimáticos pela técnica de substituição do ingrediente teste apresentou diferenças, dependendo do nível de substituição de milho e da idade das aves; o uso de amilase e glucanase foi efetivo em melhorar a EMAn do milho e, na fase final de criação, os diferenciais são maiores. Para o

---

<sup>1</sup>**Comitê orientador:** Prof. Antonio Gilberto Bertechini – UFLA (orientador); Prof. Édison José Fassani – UFLA; Prof. Paulo Borges Rodrigues – UFLA.

experimento 4, o uso do nível de substituição de 20% interfere menos nos valores de digestibilidade do sorgo. A utilização do complexo enzimático contendo alfa-amilase e beta-glucanase tem o efeito em melhorar o aproveitamento do sorgo, resultando em incremento de energia. Portanto, conclui-se que o uso do complexo enzimático foi efetivo em melhorar o aproveitamento do milho e do sorgo e o uso de diversas idades na avaliação de um complexo enzimático ajuda a elaborar uma matriz nutricional para a enzima compatível a cada fase da vida das aves.

## ABSTRACT

CARVALHO, Julio Cesar de Carrera. **Metabolizable energy and nutrient digestibility of maize and sorghum with the use of enzymes, using roosters and broiler.** 2010. 107 p. Thesis (Ph.D. in monogastric nutrition) - Universidade Federal de Lavras, Lavras<sup>1</sup>.

Four experiments were conducted to evaluate the use of an enzyme complex variables on nutrient digestibility and energy value of corn and sorghum for birds of different ages. In Experiments 1 and 2 were used and 32 Leghorn cockerels cecectomized studied increasing inclusion levels (0, 100, 200, 300, 400, 500 ppm) of the enzyme complex AG - (Ronozyme A -  $\alpha$  - amylase 250 KNU,  $\beta$  - glucanase FBG 350 per gram of product) for corn and sorghum. Experiments 3 and 4 were divided into three phases: pre-starter (1-7), initial (14-21) and final (35-42), metabolic trials. We evaluated four diets with different proportions of maize and sorghum in place (0%, 20%, 30% and 40%) to a basal diet, associated with four levels of enzyme supplementation (AG), 0, 200, 300 and 400 ppm. For the experiment 1, the use of the enzyme complex is effective in improving the nutrient utilization of corn by promoting an increase in metabolic energy for the roosters. For experiment 2, with the primary purpose of the use of carbohydrases to improve the metabolizable energy of sorghum, it is concluded that the level of 228.87 ppm AG, is the most effective dose. Experiment 3, the best increments AMEn corn are observed in the final phase and is directly associated with the inclusion of EC with amylase and glucanase, whereas the broiler at this stage have a high feed intake and enzyme-substrate ratio favors supplemental enzymes. In general there is a linear accuracy both for the level of replacement of corn and inclusion of enzymes. The CADCP, there was a linear effect for the inclusion of enzymes and decreased linearly to the level of substitution of corn. The level of substitution interferes with AMEn corn. Evaluation of enzymes or enzyme complexes by the technique of replacing ingredient test were different depending on the differential substitution of corn and age of the birds, the use of amylase and glucanase was effective in improving the AME from corn, and at the end of creation differentials are larger. For the experiment 4, it is concluded that the use of the replacement level of 20% interferes less in the digestibility of sorghum. The use of the enzyme

---

<sup>1</sup>**Guidance Committee:** Prof. Antonio Gilberto Bertechini - UFLA (Advisor), Professor. Edison José Fassani - UFLA; Prof. Paulo Borges Rodrigues - UFLA.

complex containing alpha-amylase and beta-glucanase effect is to improve the utilization of sorghum resulting in increased energy. Therefore, it is concluded that use of the enzyme complex was effective in improving the utilization of maize and sorghum, and use of various ages in the evaluation of an enzyme complex to help draw up an array of food for the enzyme supports every stage of life birds.

## **CAPÍTULO 1**

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

A avicultura é um dos setores mais dinâmicos da agropecuária Brasileira, presente em todas as regiões do país e contribuindo de forma marcante para o desenvolvimento regional e o abastecimento de proteína animal de alta qualidade para a população. A avicultura presenciou, nos últimos anos, um crescimento em produção e produtividade, passando dos 5 bilhões de aves abatidas. Esse crescimento é sustentado pela crescente demanda de carne de aves para o mercado interno, que ultrapassou a barreira dos 40 kg/habitante/ano e pela crescente demanda externa.

Os principais ingredientes das dietas das aves são o milho e a soja. Contudo, o aumento da produção de aves alavancou o crescimento do setor de grãos que, ao longo de vários anos, acompanhou o crescimento da avicultura, mas o aumento dos preços dos grãos foi eminente. Diante dessa situação de mercado, alternativas estão sendo estudadas para melhorar a utilização dos ingredientes nas formulações das dietas e o uso de enzimas que contribuam para melhorar o aproveitamento dos nutrientes das dietas é uma alternativa cada vez mais interessante.

Na avicultura, as enzimas exógenas, produzidas por microrganismos, vêm sendo estudadas com frequência, devido à ausência ou à produção insuficiente de algumas enzimas endógenas capazes de atuar na digestão de certos componentes encontrados nos alimentos de origem vegetal. A função dessas enzimas é melhorar o aproveitamento dos minerais, principalmente do fósforo, da energia metabolizável e diminuir a viscosidade da digesta das aves alimentadas com dietas à base de alimentos com consideráveis quantidades de polissacarídeos.

As enzimas podem, então, ser utilizadas nas dietas avícolas para auxiliar na inibição dos fatores antinutricionais da soja, hidrolisando os polissacarídeos

não amiláceos e suplementando as enzimas endógenas digestivas das aves. Todavia, devido à grande importância do milho, sorgo e do farelo de soja e, pelo fato de estes estarem presentes em grande parte das dietas avícolas, muitos estudos recentes vêm sendo realizados buscando obter o máximo de aproveitamento de suas propriedades nutricionais, sendo os resultados preliminares bastante promissores.

Diversos trabalhos indicam variações nos efeitos dessas enzimas, contudo, as variações têm ocorrido em função de fatores que podem ser intrínsecos e/ou extrínsecos aos animais. As metodologias empregadas para avaliação de alimentos e da ação das enzimas sobre os mesmos, por sua vez, contribui para a diversificação e a variabilidade dos resultados obtidos. Métodos tradicionais, como Sibbald (1976) e Matterson (1965), são corriqueiramente empregados nestas avaliações, contudo, a evolução na produção de aditivos não foi acompanhada pela metodologia de avaliação *in vivo* dos alimentos, sendo os dados gerados, por sua vez, contraditórios.

Assim o presente trabalho foi realizado com o objetivo de estudar os efeitos de duas metodologias utilizando um complexo enzimático em diversos níveis de inclusão e substituição do ingrediente, para galos cecectomizados e frangos de corte de diversas idades e seus efeitos sobre a digestibilidade dos nutrientes e valores de energia do milho e sorgo.

## **2 REFERENCIAL TEORICO**

### **2.1 Variabilidade dos ingredientes e seus conteúdos**

Apesar de o milho estar incluído nas dietas das aves de produção, sobretudo como uma fonte de energia, ele também fornece cerca de 20% da proteína em uma dieta para frangos de corte. No entanto, o milho contém proteína em equilíbrio de aminoácidos que podem ser considerados nutricionalmente pobres (Peter et al., 2000). As principais proteínas de armazenamento no milho são zeína e kafferin (McDonald et al., 1990). Zeína é quantitativamente a mais importante e é deficiente em aminoácidos indispensáveis, como o triptofano e lisina. Assim, apesar de o milho representar uma excelente fonte de energia metabolizável para as aves, a proteína do milho é tanto quantitativa como qualitativamente pobre.

O amido contribui, proporcionalmente, com cerca de 60% da energia aparente metabolizável (EM) das dietas das aves (Weurding et al., 2001b) e, como tal, relativamente pequenas diferenças na digestibilidade amido podem ter um impacto substancial sobre a conteúdo de EM da dieta. Amido é um polímero semicristalino de d-glicose, ligado por ligações glicosídicas (1-4) e beta-(1-6) (Carre, 2004). Duas moléculas são encontradas dentro de amido, amilose e amilopectina. Ambos são polímeros de d-glicose, mas são diferenciados com as ligações entre os monômeros de glicose (Carre, 2004; Tester et al., 2004). O tamanho dos grânulos de amido é fator importante na determinação do seu valor energético, ou seja, em pequenos grânulos o amido tem, relativamente, uma maior superfície e assim um maior potencial de hidrólise pela amilase endógena (Carre, 2004). Durante o processamento térmico, o amido gelatiniza, dependendo do tamanho dos grânulos, do teor de umidade, da relação amilose: amilopectina, do calor e do tempo (Tester et al., 2004). As condições de temperatura a que os alimentos para animais são submetidos durante a maior

parte dos processos de peletização é suficiente para gelatinizar essencialmente todo o amido na dieta, embora o teor de umidade possa limitar este processo a um grau variável (Tester et al., 2004). Depois do processo de peletização, os alimentos para animais esfriam e começa a retrogradação (Atwell et al., 1988). Durante a retrogradação, o amido volta a um estado mais ordenado, em que ambos, amilose e amilopectina formam associações de dupla helicoidal, tornando o amido dependente da relação amilose: amilopectina (Klucinec & Thompson, 1999). Essas mudanças na estrutura do amido, associadas com o aquecimento, podem alterar a posterior digestibilidade do amido e, assim, o valor energético da dieta.

Estritamente falando, a digestão deve ser definida como a completa hidrólise do amido em monômeros de glicose e a subsequente absorção de glicose pelas células epiteliais das vilosidades. Na realidade, nem todo o amido ingerido é digerido diretamente pelos animais (Svihus, 2001), mas é utilizado em algumas partes do TGI distal pela microflora, produzindo energia para os animais indiretamente por meio dos ácidos graxos voláteis. A digestão é extremamente difícil de medir com precisão e é usual, na literatura, utilizado a mensuração o desaparecimento do amido, fazendo o balanço de ingestão e excreção do mesmo.

Assim, a variação do valor da EMA milho, ou dietas à base de milho, pode não ser bem explicada pelo coeficiente de digestibilidade do amido porque o desaparecimento do amido em si não tem, necessariamente, qualquer rendimento energético para as aves. Além disso, em pintos muito jovem, é possível que as enzimas necessárias para a eficiência de digestão sejam uma limitação, reduzindo o potencial de ganho para as aves de energia a partir da hidrólise de amido (Sklan et al., 2003). Isso irá proporcionar uma fonte de energia facilmente digerível para a microflora residente e transitória e, com certeza, efeitos secundários sobre o hospedeiro (Apajalahti et al., 2004).

A digestão de amido pelas aves é um processo relativamente simples e se caracteriza por um elevado potencial enzimático. Três principais atividades enzimáticas, alfa-amilase, maltase e isomaltase, estão envolvidas na digestão de amido (Carre, 2004; Tester et al., 2004). Uma pequena quantidade de hidrólise de amido é conduzida pela alfa-amilase endógena no proventrículo (Champ et al., 1983; Tester et al., 2004), embora a maioria seja conseguida por meio da alfa-amilase pancreática no duodeno (Moran, 1982; Tester et al., 2004). Geralmente, considera-se que esta é a primeira hidrólise do amido pela amilase insolúvel em água, que é limitante para a digestão (Carre, 2004). No entanto, os produtos da hidrólise do amido por alfa-amilase incluem maltose e dextrinas, moléculas que não podem ser absorvidas a partir do intestino delgado e, assim, devem ser ainda mais despolimerizadas pelas enzimas maltase e isomaltase (Tester et al., 2004).

Maltase e isomaltase não são secretadas diretamente no lúmen, mas estão associadas com as microvilosidades. De fato, apenas 5% da atividade de maltase e isomaltase no tubo digestivo do frango são encontrados no conteúdo do lúmen (Tester et al., 2004). Assim, a produção endógena é restrita. Maltase e isomaltase também podem limitar a produção de energia a partir de féculas, em particular nos pintos muito jovens (Noy & Sklan, 1995; Sklan et al., 2003) ou quando a mistura do conteúdo do TGI é fisicamente limitada (Takahashi et al., 2004). Além disso, é possível que, mesmo quando o TGI está com êxito na produção de glicose a partir de amido, pode exceder a capacidade de absorção de glicose pelas aves, fazendo com que essa fique prejudicada. Isso pode ser particularmente relevante quando a taxa de passagem é aumentada (Carre, 2004), no caso de sódio, limitante para transporte ativo ou, se carboidratos como xilose estão presentes no quimo, é facilmente absorvida e podem competir com a glicose durante o transporte ativo, reduzindo o valor energético da dieta (Graham et al., 2003). Além disso, nos recentes trabalhos de Cermak et al.

(2004) foi demonstrado que, o sódio pode inibir a absorção de glicose-dependente na borda em escova da parede intestinal. Para além dos limites impostos pela taxa de passagem, a produção endógena de enzima ativa e o transporte, a digestão de amido de milho por aves é negativamente afetada por inibidores de amilase (Moran, 1982; Buonocore & Silano, 1986), inositol hexafosfato (Cowieson et al., 2004a), PNAs (Socorro et al., 1989), processos de transformação (Tester et al., 2004) e de proteínas, lipídeos e matrizes do amido (Tester et al., 2004).

Adicionalmente, uma variação na proporção de amido de milho pode ser descrita como sendo resistentes à digestão e é, logicamente, denominado amido resistente (RS) (Brown, 1996). Geralmente, RS pode ser dividido em três subcategorias. A primeira categoria, RS1, inclui o amido que escapa da digestão por causa de sua associação ou encapsulamento por outros alimentos compostos na matriz, como proteínas ou carboidratos (Brown, 1996). A segunda categoria, RS2, refere-se à resistência causada pela estrutura e conformação da fécula nativa dos grânulos (Tester et al., 2004). A terceira categoria, RS3, está associada com os efeitos do tratamento sobre o amido, ou seja, o grau de gelatinização e retrogradação do amido após o tratamento térmico e da formação de pontes de hidrogênio (Brown, 1996).

Tester et al. (2004) descrevem também uma nova classificação (RS4), que inclui a formação de novas ligações químicas (exceto alfa-(1-4) e alfa-(1-6)) por meio de modificação química, tais como cross-linking, esterificação e eterificação (Brown, 1996). Estas categorias do RS estão ubíquas na sua distribuição e ocorrência de graus variáveis de milho. Assim, a variação da concentração dos inibidores da amilase, RS, fitato e outros fatores antinutricionais influenciará diretamente o valor energético do milho para aves.

Inibidores de amilase são encontrados na maioria dos cereais e leguminosas (Buonocore & Silano, 1986) e podem ter impacto negativo sobre a

digestão do amido (Granum & Eskeland, 1981, Al-Kahtani, 1999). Várias substâncias são capazes de inibir a atividade da alfa-amilase, incluindo alguns minerais, tais como íons  $Al^{3+}$ , alguns carboidratos e também inibidores de proteínas (Moran, 1982). A presença de inibidores de amilase no TGI pode causar um aumento na produção endógena de amilase, fisiologicamente, com efeitos secundários indesejáveis sobre o animal, como hipertrofia pancreática e hiperplasia (Granum & Eskeland, 1981).

Tal como o frango é capaz de compensar a presença de inibidores da amilase por excesso de amilase endógena (Macri et al., 1977), o efeito dessas proteínas antinutrientes no trato intestinal pode não ser detectada por meio da medição do amido digestível.

No entanto, é provável que haja um efeito substancial sobre a energia líquida da dieta, turnover proteico e requerimentos de aminoácido. Isso pode ser especialmente verdadeiro para ácido aspártico, glicina, ácido glutâmico, serina, valina e arginina, aminoácidos que são encontrados em concentrações relativamente elevadas em alfa-amilase (Vonk & Ocidental, 1984). Assim, a variação da concentração dos inibidores da amilase no milho é, provavelmente, uma razão para a diferença no valor nutricional do milho para frangos de corte e pode explicar por que a adição de enzimas pode afetar a digestibilidade de certos aminoácidos mais do que outros (Zanella et al., 1999).

O sorgo, por suas características nutricionais, tem sido pesquisado como ingrediente energético alternativo ao milho. Embora a fonte energética das rações de monogástricos normalmente seja o milho, o sorgo geralmente apresenta preço inferior, sendo ainda vantajoso seu cultivo em regiões de solo arenoso e clima seco, onde apresenta melhor rendimento de nutrientes por unidade de área.

Conforme Leeson & Summers (2001), o valor nutricional do sorgo situa-se em torno de 95%-96% em relação ao milho, uma vez que o amido no sorgo

está intimamente associado com a proteína, reduzindo ligeiramente a digestibilidade, especialmente na ausência de algum processamento térmico. O sorgo apresenta teor de proteína em torno de 8% a 9%, geralmente um pouco superior ao do milho, e alta variabilidade, dependendo das variedades, do ambiente e da fertilidade do solo, O aumento da proteína bruta não é vantajoso, uma vez que os principais aminoácidos têm seus teores reduzidos quando expressos em termos de percentagem da proteína.

Normalmente, considera-se que a proteína dos grãos de nível proteico inferior é de melhor valor nutricional. Como desvantagens, o sorgo apresenta níveis de alguns aminoácidos abaixo daqueles do milho, níveis muito baixos de pigmentos e nível inferior de ácido linoleico. Além disso, os teores de energia metabolizável de sorgos sem tanino para aves estão muito próximos dos valores do milho. No entanto, a principal preocupação em relação ao sorgo é com o seu conteúdo em taninos, os quais são um grupo de polifenóis com propriedades de formarem complexos, principalmente com proteínas, podendo reduzir a digestibilidade dos aminoácidos e da matéria seca em até 10% (Leeson & Summers, 2001). Para estes mesmos autores, a energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn) apresenta boa correlação com o conteúdo de tanino:  $EMAn = 3900 - 500 \times \%tanino$ , com os resultados expressos em kcal/kg. Segundo Rostagno et al. (2005), para o sorgo de baixo tanino (contendo até 0,5% de tanino), os valores matéria seca, proteína bruta, gordura e energia metabolizável são de 86,72%, 8,8%, 2,82% e 3.192 kcal/kg de matéria natural, respectivamente.

De acordo com o Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal (1998), os sorgos podem ser classificados como de baixo tanino (0% a 0,5%), de médio tanino (0,6% a 1,2%) e de alto tanino (acima de 1,2%, expresso em ácido tânico), sendo esse último não recomendado para a alimentação animal. Dessa forma, percentuais abaixo de 0,7% de tanino no grão, verificados em algumas

análises laboratoriais, devem-se a outros fenóis e não ao tanino condensado e, portanto, não são prejudiciais à dieta alimentar dos animais. Segundo Penz Júnior (1991), a forma como o tanino compromete a disponibilidade de aminoácidos é pela inibição que exerce sobre as enzimas proteolíticas do sistema digestivo e pela formação de complexos proteína-tanino. Sua ação sobre os glicídios é similar à das proteínas, constituindo complexos glicídios-tanino de baixa digestibilidade.

## **2.2 Idade das aves, desenvolvimento da digestão e aproveitamento de nutrientes**

Após a eclosão ocorre o desenvolvimento mais acentuado do trato digestório, principalmente do pâncreas, fígado e intestino delgado. A adaptação à ingestão de ingredientes depende do rápido desenvolvimento dos mecanismos de digestão e absorção que, por sua vez, dependem diretamente do estímulo dado pela passagem de ingrediente pelo trato digestório. Além do crescimento em tamanho, o desenvolvimento funcional do trato digestivo depende da quantidade e da qualidade das secreções digestivas (Vieira & Pophal, 2000).

O período de crescimento durante as primeiras semanas de vida, que representa 16% do total, tem sido pouco investigado, apesar de associado com peso corporal exigido pelo mercado. Muitos estudos indicam que os processos digestivos não estão totalmente desenvolvidos em pintos recém-nascidos (Nitsan et al., 1991), sendo o trato gastrintestinal um fator limitante entre a ingestão de alimentos e o crescimento.

Nir et al. (1993a) mencionaram que a atividade enzimática do pâncreas e do conteúdo intestinal é muito baixa depois da eclosão, aumentando com a idade, sendo maior em frangos de corte do que em poedeiras. Devido à correlação negativa entre ingestão de alimentos e retenção de nutrientes, parece haver limitação nos processos digestivos de pintos durante a primeira semana

(Mahagna et al., 1995). Com a intenção de superar essas limitações, tem-se estudado a inclusão de enzimas nas dietas iniciais de frangos de corte, visando auxiliar a ação das enzimas endógenas produzidas pelo pâncreas e pelo intestino.

As enzimas digestivas estão presentes no trato digestório da ave jovem, no entanto, a presença de substrato parece induzir uma maior produção de enzimas. Sendo assim, a atividade das enzimas digestivas, tanto pancreáticas quanto de membrana, aumentam com idade da ave, atingindo níveis mais elevados, em média, aos 10 dias de idade, em frangos de corte.

A atividade enzimática da mucosa por massa intestinal está bastante correlacionada com o número de enterócitos por vilosidade em todas as regiões do intestino, após dois dias de idade. A atividade das enzimas digestivas (unidade/kg p.v.) medidas no pâncreas e no conteúdo intestinal aumenta com a idade, sendo os valores máximos no pâncreas obtidos ao 80 dia para amilase e lipase, e ao 110 dia para tripsina e quimotripsina (Nitsan et al., 1991a).

A variação observada nos valores de EM com o aumento da idade demonstra o aumento da digestibilidade com este aumento (Shires et al., 1980). Este aumento da digestibilidade dos ingredientes pode estar relacionado a uma diminuição na taxa de passagem dos mesmos pelo trato digestivo. No caso de aves mais velhas, devido a um maior trato digestório, o ingrediente permanece nele por mais tempo, estando por mais tempo exposto à adição as enzimas e secreções gástricas (Shires et al., 1980; Burnell et al., 1990). A maior diferença nos valores de EM dos ingredientes em função da idade das aves se deve à baixa eficiência das aves jovens em digerir as gorduras presentes nas rações. A deficiência secreção de lipase e de sais biliares, os quais atuam diretamente na digestão e absorção de lipídeos, pode estar ligada a este fato (Penz Júnior et al., 1999). As aves e os mamíferos não estão totalmente aptos aos processos de digestão e absorção logo após o nascimento. Nessa fase inicial, os enterócitos, durante o desenvolvimento embrionário, estão orientados para a

transferência de imunoglobulinas e, somente a partir da segunda semana, é que estas células estarão plenamente aptas para realizar os processos de digestão e absorção dos nutrientes com o desenvolvimento da idade (Moran Júnior, 1985).

Vários trabalhos de pesquisas têm mostrado que a energia dos ingredientes, principalmente do milho, farelo de soja e óleo, sofre influência da idade e, nas fases iniciais da vida, o aproveitamento dos nutrientes é menor, aumentando com o avançar da idade, e reduzindo na fase final (Kato, 2005).

Segundo Kato (2005), o farelo de soja apresenta incremento na EM até o 28º dia de idade da ave,; o óleo de soja, até o 14º dia de idade e o milho, na primeira semana. Contudo, esses fatos vem contribuir para uma formulação mais eficiente de enzimas a serem atribuídas a essas fases. O conhecimento dos valores energéticos do ingredientes torna-se importante, pois, a partir dele, pode-se delimitar o fator que mais contribui para o não aproveitamento dos nutrientes, sendo importante para as atribuições e combinações enzimáticas eficientes.

O consumo de ração, assim com o tempo de passagem da dieta ou ingrediente pelo TGI, torna-se uma ferramenta importantíssima para se determinar como, quando e qual enzima aplicar em cada fase da vida da ave. Kato (2005) relata que o tempo de passagem sofre influência da idade de ave, sendo menor na fase inicial e aumentando o tempo de retenção do alimento com a passar da idade. Outro fato interessante é que o uso de alimentos que promovam o aumento da viscosidade, como o farelo de soja e o óleo, faz com que o tempo de passagem do alimento diminua. Isso pode implicar em consequências, como a falta de tempo para a ação da enzimas e o não contato de enzimas com o substrato, devido à formação do bolo alimentar muito viscoso, impedindo a dissolução eficiente de enzimas em seu conteúdo.

TABELA 1 Tempos de retenção (minutos) determinados em frangos de corte, nas diferentes fases de criação.

Fases de criação						
	Pré-inicial	Inicial I	Inicial II	Cresc. I	Cresc. II	Final
Tempo (minutos)						
Milho	139,0±12,3a	142,2±12,4a	164,3±11,1b	165,2±14,0b	175,0±14,4b	168,6±5b
F.de soja	121,2±11,2a	123,4±11,6a	144,7±14,0b	153,6±11,4bc	163,3±11,8c	156,3±12,5bc
Óleo soja	118,2±13,1a	119,7±15,1a	140,7±12,2ab	150,0±11,8b	156,7±15,4b	153,2±12,0b
Média	131,6±15,0	134,3±15,7	156,1±15,7	160,2±14,3	169,7±15,2	163,3±13,5

Adaptado de Kato (2005).

Relacionando-se maturidade do TGI, produção enzimática endógena e trabalhos de pesquisas já realizados com enzimas, podemos concluir que alguns fatores devem ser correlacionados para melhor atribuir um perfil enzimático para cada fase de vida do animal. Na fase pré-inicial, observa-se que, em geral, há um menor aproveitamento da EM dos alimentos, atrelado a uma taxa de retenção menor e associado a fatores endógenos, como a produção de enzimas insuficientes e, principalmente, de lipases.

Mahagna et al. (1995) trabalharam com a inclusão de amilase e protease (0, 250 e 1000 ppm) em dietas à base de sorgo, farelo de soja e farinha de carne e osso, com inclusão de óleo, em três idades diferentes, com baixa densidade de alojamento das aves e mensuraram o desempenho e a atividade das enzimas pancreáticas. Os autores não observaram diferenças em ganho de peso e consumo de ração apenas para a eficiência alimentar aos sete dias, quando obtiveram menor eficiência com a inclusão das enzimas. Quanto à atividade das enzimas à dieta com suplementação de 1.000 ppm, observaram diminuição da

atividade da quimiotripsina no pâncreas aos 7 e 14 dias de idade. No conteúdo intestinal, a suplementação de 250 ppm reduziu a atividade de todas as enzimas aos 14 dias, quando a suplementação de 1.000 ppm reduziu a atividade das enzimas aos 7 e aos 14 dias (com exceção para tripsina aos 14 dias, que aumentou). Após o 15º dia foram retiradas as enzimas das dietas e observaram-se depressão na atividade da tripsina no conteúdo intestinal e redução na atividade de amilase no pâncreas. A suplementação das enzimas não afetou significativamente a digestibilidade da gordura, amido, proteína e EM da dieta. Contudo, alguns efeitos da idade foram observados, principalmente a diminuição na digestibilidade da gordura aos 14 dias, seguida de aumento aos 42 dias, atribuído ao aumento da taxa de passagem aos 14 dias. A digestibilidade do amido diminuiu ligeiramente com a idade, assim como a proteína e a retenção de nitrogênio.

Contudo, pesquisas têm recomendado o uso de complexos enzimáticos contendo enzimas que degradem polissacarídeos não amídicos e amilase, sendo os resultados, muitas vezes, controversos para essas enzimas. Por outro lado, poucas pesquisas têm demonstrado os efeitos das lipases nessa fase de vida das aves. O fato de ser baixa a digestão de lipídeos seria relevante de ser abordado nas pesquisas. Nas fases iniciais, muitos trabalhos têm considerado o uso de enzimas que degradem os PNAs como forma eficiente de melhorar o aproveitamento dos nutrientes. Contudo, vários estudos com a utilização de complexos enzimáticos à base de xilanase, beta-glucanase, galactomanases, proteases e amilases vêm sendo utilizados nessas fases de vida com efeitos promissores.

Nas fases finais da vida da aves, depara-se com o uso de maiores proporções de milho e menores de farelo de soja, mudando o perfil dessas dietas, principalmente no tocante aos fatores que influenciam a viscosidade intestinal e maiores teores de amido. Kato (2005) relato diminuição no aproveitamento da

EM dos alimentos e redução no tempo de retenção, contradizendo vários pesquisadores que afirmam que a EM aumenta com a idade. Outro fato interessante na fase final de vida é que, se considerarmos a conversão alimentar, trabalhos demonstram que os melhores índices de conversão alimentar são alcançados próximo ao 32º dia de vida da ave, conseqüentemente piorando com o avançar da idade. Alguns fatores que podem influenciar esse parâmetro, sem dúvida, é o consumo de ração, principalmente por apresentar aumento no consumo maior que a capacidade de metabolizá-lo, sendo as aves hiperfágicas, abrindo um leque de oportunidade para gerenciar as enzimas para atuar nessa fase.

Considerando o excesso de substrato com a produção endógena de amilase a partir de 35 dias de idade, conclui-se que a fase final do uso de amilase é uma ferramenta interessante para melhorar a digestibilidade dos nutrientes. Portanto, o uso de enzimas tem que ser conscientemente atrelado a vários fatores, entre eles a idade, e seu uso está diretamente relacionado à relação substrato:enzima.

### **2.3 Determinação da energia dos alimentos para aves**

O conhecimento do valor energético dos alimentos é de fundamental importância nutricional e econômica para a formulação de rações que resultem em ótimo desempenho dos animais (Sakomura & Rostagno, 2007). De acordo com o National Research Council - NRC (1994), a energia não é um nutriente, mas um produto resultante da oxidação dos nutrientes durante o metabolismo, sendo liberada na forma de calor ou armazenada para uso posterior nos processos metabólicos do organismo animal e, portanto, considerada o principal componente de origem nutricional da ração, afetando diretamente o desempenho das aves e os custos com a alimentação das mesmas (Silva et al., 2003). É um dos fatores limitantes do consumo, pois é utilizada nos mais diferentes

processos, que envolvem desde a manutenção até o máximo potencial produtivo da ave (Rodrigues et al., 2002).

O valor de energia dos alimentos para as aves pode ser obtido por vários métodos, gerando diferentes terminologias para expressar tais valores, sendo a energia metabolizável (EM) a mais utilizada na formulação das dietas para aves (Freitas, 2003). Existem vários métodos para determinar os valores de EM, entre eles a coleta total de excretas com pintos de corte (Sakomura & Rostagno, 2007) que, apesar de mais utilizada, apresenta alguns contratempos, como a interferência da idade das aves nos valores de energia. As aves mais jovens possuem menor capacidade de digestão e absorção dos nutrientes, visto que o sistema digestório encontra-se ainda em desenvolvimento (Brumano et al., 2006).

O método de alimentação precisa ou forçada geralmente utiliza galos por meio do fornecimento de uma quantidade exata do ingrediente, diretamente no papo das aves, que devem estar com o trato digestório sem ração (jejum de 48 horas, aproximadamente). As excretas devem ser coletadas por um período de aproximadamente 48 horas, com avaliação das perdas endógenas de grupo mantido em jejum (Sakomura & Rostagno, 2007), obtendo-se, assim, a energia metabolizável verdadeira (EMV).

O método de coleta parcial de excretas ou digesta utiliza um indicador na dieta, o qual possibilita o cálculo do fator de indigestibilidade (FI), por meio da determinação da concentração do indicador na dieta e nas excretas. Com essa metodologia, não é necessário quantificar o consumo de ração bem como a produção total de excretas (Zanella, 1998). A utilização de cinza insolúvel em ácido (CIA) vem sendo amplamente realizada nos últimos anos para determinação das energias digestível e metabolizável, bem como para a digestibilidade dos nutrientes (Barbosa, 2006).

## **2.4 Enzimas na produção avícola**

Enzimas são catalisadores biológicos que aceleram reações químicas intra ou extracelulares. As enzimas exógenas, ou seja, aquelas adicionadas à ração, atuam no lúmen intestinal, a partir do momento que encontrarem condições de pH, temperatura e umidade para ficarem ativas. Para poder entender as limitações e as potencialidades do uso de enzimas na nutrição de aves, é importante lembrar alguns aspectos de enzimologia. São eles: as enzimas são moléculas proteicas complexas (com número e sequência de aminoácidos constante) que catalisam uma reação química; são altamente específicas para as reações que catalisam e para os substratos que estão envolvidos na reação; exigem que sua estrutura permaneça inalterada para garantir sua atividade, a qual depende de vários fatores (exemplo: tipo e quantidade de substrato, pH, temperatura, presença de inibidores enzimáticos) e, por serem proteínas, podem ser inativadas e desnaturadas por pHs extremos e calor e também podem ser degradadas por outras enzimas (proteases) (Nagashiro, 2007).

Com relação a esses aspectos, Marquardt et al. (1996) indicaram que os seguintes fatores devem ser considerados, quando se utilizam produtos enzimáticos:

- o suplemento enzimático deve conter um espectro apropriado de atividade enzimática, de tal forma que os efeitos antinutricionais do substrato alvo sejam neutralizados (exemplo: beta-glucanos presentes na cevada e aveia, arabinoxilanos presentes no centeio, trigo e triticale);
- o suplemento deve conter quantidades adequadas de substância ativa de enzimas apropriadas para neutralizar os efeitos antinutricionais da dieta;
- cereais diferentes possuem quantidades distintas de fator antinutricional sensíveis às enzimas. Portanto, a resposta pode variar de acordo com o cereal ou

a dose a ser utilizada, devendo ser de acordo com a quantidade e o tipo de substrato;

- os resultados são afetados pela classe e pela idade das aves. As respostas em suínos, normalmente, são menores que as encontradas em aves e ainda não foram bem estudadas;
- as enzimas exógenas não devem ser inativadas pelo processamento da ração, pelo baixo pH ou serem degradadas pelas enzimas endógenas presentes no trato gastrintestinal.

Segundo Tejedor (2000), na prática, somente um pequeno número de enzimas conhecidas pode ser utilizado em alimentação animal. As principais limitações são disponibilidade, custos e estabilidade operacional. A estrutura molecular das enzimas é bastante frágil e pode ser desnaturada pelo calor, pelos ácidos, pelas vitaminas, pelos minerais, pelos metais pesados e por outros agentes oxidantes, a maioria usualmente encontrada no premix (Graham & Inboor, 1991). Por essa razão, existe a preocupação de que as enzimas utilizadas na alimentação animal possam manter nível de atividade suficiente para se obter resposta significativa (Classen et al., 1993).

Recentemente, o uso de enzimas que melhoram o aproveitamento do amido tem sido foco de muitos estudos em dietas baseadas em milho e/ou sorgo para aves e suínos. Trata-se de uma grande oportunidade devido ao fato de o amido ser um dos principais substratos das dietas utilizadas no Brasil. Ao contrário dos mamíferos, a capacidade das aves de aproveitarem o amido por meio de uma degradação microbiana na parte distal do trato digestivo, é muito baixa (Carré, 2004). De acordo com o mesmo autor e Tester et al. (2004), três enzimas estão envolvidas na digestão do amido: alfa-amilase, maltase e isomaltase, sendo a maior parte da hidrólise realizada no duodeno por ação da alfa-amilase pancreática.

O efeito das enzimas exógenas, particularmente xilanases e beta-glucanases, sobre o valor nutritivo do trigo e da cevada à base de rações para aves, tem sido bem estabelecido, segundo Bedford & Schulze (1998) e Acamovic (2001). No entanto, a utilização de enzimas exógenas, com a possível exceção da fitase, em dietas à base de milho, não tem recebido tanta atenção na literatura científica (Tabela 2).

TABELA 2 Efeito do uso de enzimas na conversão alimentar (CA) e ganho de peso (GP) de frangos de corte alimentados com dietas à base de milho e farelo de soja.

Referência	Enzimas utilizadas	Melhora na CA (%)	Melhora no GP (%)
Zanella et al. (1999)	XAP	2,20	1,90
Jin (2001)	XAP	3,65	5,02
Jackson (2001)	B-mananase	2,76	4,66
Kidd et al. (2001)	A-galactosidase	0,88	2,22
Iji et al. (2003)	XAP	10,5	10,3
Pack & Bedford (1997)	XAP	5,70	6,90
Cowieson (2002)	Pectinase	2,50	0,50
Cowieson (2002)	Fitase e protease	8,70	10,9
Paio et al. (1999)	Fitase	0,80	3,50
Carvalho et al. (2009)	XAP	4,76	6,83
Carvalho et al. (2009)	Amilase e $\beta$ -glucanase	5,82	7,64
Carvalho et al. (2009)	Amilase, xilanase e $\beta$ -glucanase	6,88	6,67

Obs. XAP - xilanase, amilase e protease

Isso, provavelmente, se deve à percepção de que a principal base de carboidratos antinutrientes que afetam negativamente o desempenho das aves é solúvel em água, PNAs (Bedford & Schulze, 1998; Adeola & Bedford, 2004), compostos antinutricionais que não são encontrados em concentrações elevadas, em particular de milho ou de dietas milho/soja (Choct, 1997). No entanto, existe

um conjunto substancial de provas que sugerem que o uso de enzimas exógenas em dietas à base de milho/soja para aves pode resultar em melhora no desempenho ( Piao et al., 1999; Zanella et al., 1999; Jin, 2001; Kidd et al., 2001; Iji et al., 2003; Kocher et al., 2003). Há uma série de potenciais mecanismos pelos quais as enzimas exógenas melhoram o valor nutritivo do milho ou, mais, dietas à base de milho e farelo de soja.

Também tem sido demonstrado que a utilização de diversas enzimas exógenas pode melhorar o valor nutritivo dos alimentos por meio da redução da perda de material endógeno (Selle et al., 2000; Cowieson et al., 2003). Um mecanismo de ação de enzimas exógenas que é frequentemente citado em relação a dietas que são baseadas em trigo, cevada ou centeio, são os PNAs, reduzindo, assim, a viscosidade do conteúdo intestinal e melhorando o valor nutritivo dos alimentos ingeridos (Bedford & Schulze, 1998; Adeola & Bedford, 2004).

Este mecanismo não é provável que seja de importância em uma a base de milho, uma vez que a concentração de PNAs é inferior a 1g/kg (Choct, 1997). No entanto, tem sido notado uma melhoria em eficiência alimentar (1,68 versus 1,64) de frangos alimentados com dietas à base de milho/soja, quando suplementadas com xilanase, enquanto permaneceu inalterado o ganho de peso (2,92 kg versus 2,94 kg) (Danisco Animal Nutrition, dados não publicados). Isso sugere que, apesar de a viscosidade, por si só, não ser um grande problema, o uso de xilanase pode ter efeitos benéficos nas dietas avícolas, talvez por uma melhoria nos coeficientes de digestibilidade dos nutrientes. Esta é, provavelmente, medida por meio de mudanças na arquitetura celular por hidrólise de arabinosilanos estruturalmente importantes, que podem libertar nutrientes encapsulados. No entanto, o uso de xilanase, independentemente de outras enzimas exógenas, como protease, amilase ou fitase, é pouco provável de

encontrar respostas satisfatórias, visto que a combinação de atividades é capaz de fornecer melhor resultado.

O uso de enzimas para aves pode também reduzir o número de bactérias na flora intestinal distal (Apajalahti & Bedford, 1999), o que pode ser conseguido por meio da melhoria da absorção de nutrientes no tubo digestivo proximal, o que resulta em uma redução da quantidade de nutrientes no íleo e ceco que estão disponíveis como fontes de energia para a bactéria (Apajalahti et al., 2004). Efeitos antibacterianos mais diretos das enzimas têm sido implícitos, mas não se provou, categoricamente, tais como a hidrólise de polissacarídeos utilizados pelas bactérias para juntar-se às paredes do tubo digestivo, com a consequente redução da capacidade da bactéria para colonizar o TGI (Cowieson, 2002). Independentemente do modo de ação, é evidente que o uso de enzimas exógenas é uma estratégia eficaz para reduzir as cargas microbianas e para melhorar o valor nutritivo das dietas.

A avaliação do aproveitamento da energia pelas aves é imprescindível para a obtenção de valores mais acurados e melhor adequação na formulação das rações, principalmente com o uso de enzimas exógenas.

### 3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACAMOVIC, T. Commercial applications of enzyme technology for poultry production. **World's Poultry Science Journal**, Ithaca, v. 57, n. 3, p. 225-243, Sept. 2001.

ADEOLA, O.; BEDFORD, M. R. Exogenous dietary xylanase ameliorates viscosity-induced anti-nutritional effects in wheat-based diets for White Pekin ducks (*Anas platyrinchos domesticus*). **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 92, n. 1, p. 87-94, July 2004.

AL-KAHTANI, H. A. Some anti-nutritional factors in *Moringa peregrina* (Al-Yassar or Al-Ban) and soybean products. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 60, n. 2, p. 395-398, Mar. 1999.

APAJALAHTI, J.; BEDFORD, M. R. Improve bird performance by feedings its microflora. **World's Poultry**, Surrey, v. 15, n. 2, p. 20-23, 1999.

APAJALAHTI, J.; KETTUNEN, A.; GRAHAM, H. Characteristics of the gastrointestinal microbial communities, with special reference to the chicken. **World's Poultry Science Journal**, Ithaca, v. 52, n. 2, p. 223-232, June 2004.

ATWELL, W. A.; HOOD, L. F.; LINEBACK, D. R.; VARRIANO-MARTSON, E.; ZOBEL, H. F. The terminology and methodology associated with basic starch phenomena. **Cereal Foods World**, Minneapolis, v. 33, n. 3, p. 306-311, Mar. 1988.

BARBOSA, N. A. **A Avaliação de enzimas exógenas nas dietas a base de milho e soja sobre o desempenho e a digestibilidade ileal de nutrientes em frangos de corte**. 2006. 59f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

BEDFORD, M. R.; SCHULZE, H. Exogenous enzymes for pigs and poultry. **Nutrition Research Reviews**, Cambridge, v. 11, n. 1, p. 91-114, June 1998.

BROWN, I. Complex carbohydrates and resistant starch. **Nutrition Reviews**, New York, v. 54, n. 11, pt. 2, p. 115-119, 1996.

BRUMANO, G.; GOMES, P. C.; ALBINO, L. F. T.; HOSTAGNO, H. S.; GENEROSA, R. A. R.; SCHIMDT, M. Composição química e valores de energia metabolizável de alimentos protéicos determinados com frangos de corte em diferentes idades. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 35, n. 6, p. 2297-2302, nov./dez. 2006.

BUONOCORE, V.; SILANO, V. Biochemical, nutritional and toxicological aspects of alpha-amylase inhibitors from plant foods In: FRIEDMAN, M. (Ed.). **Biochemical nutritional toxicological significance of enzyme inhibitors in foods**. New York: Plenum, 1986. p. 483-507.

BURNELL, T. W.; CROMWELL, G. L.; STAHLY, T. S. Effects of particle size on the biological availability of calcium and phosphorus in defluorinated phosphate for chicks. **Poultry Science**, Champaign, v. 69, n. 7, p. 1110-1117, July 1990.

CARRE, B. Causes for variation in digestibility of starch among feedstuffs. **World's Poultry Science Journal**, Ithaca, v. 60, n. 1, p. 76-89, Mar. 2004.

CARVALHO, J. C. C. **Complexos enzimáticos em rações fareladas para frangos de corte**. 2006. 64 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

CARVALHO, J. C. C.; BERTECHINI, A. G.; GERALDO, A.; BRITO, J. A. G.; LIMA, G. J. M. M. de; CAIEL, A. C. Estudo dos efeitos da forma de encapsulamento do endopower- $\beta$  e temperaturas de peletização sobre os valores de energia metabolizável. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 2007, Santos. **Anais...** Campinas: Facta, 2007. p. 128.

CARVALHO, J. C. C.; BRITO, J. A. G.; COSTA, V. A.; BERTECHINI, A. G.; PIRACES, F.; SORBARA, J. O. B. Effects of amylase and B-glucanase on the availability of true metabolizable energy and digestibility coefficient of corn in roosters. In: ANNUAL MEETING POULTRY SCIENCE ASSOCIATION, 97., 2008, Niagara Falls. **Proceedings...** Niagara Falls: Poultry Science Association, 2008. v. 87, p. 65-65.

CARVALHO, J. C. C.; MESQUITA, F. R.; COSTA, V. A.; BERTECHINI, A. G.; PIRACES, F.; SORBARA, J. O. B. Efeitos de uma amilase e beta glucanase na disponibilidade da energia metabolizável verdadeira e coeficiente de digestibilidade do milho para galos. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLA, 26., 2008, Santos. **Resumos...** Campinas: Facta, 2008. CD-ROM. Prêmio Lamas 2008. Suplemento, 10.

CARVALHO, J. C. C.; RIOS, R. L. ; LIMA, E. M. C. L ; BERTECHINI, A. G.; PIRACES, F.; SORBARA, J. O. B. Differences in corn energy with the use of alfa-amylase and B-glucanase for broilers in various production stages. In: ANNUAL MEETING POULTRY SCIENCE ASSOCIATION, 97., 2008, Niagara Falls. **Proceedings...** Niagara Falls: Poultry science association, 2008. p. 67.

CERMAK, R.; LANDGRAF, S.; WOLFFRAM, S. Quercetin glucosides inhibit glucose uptake into brush-border membrane vesicles of porcine jejunum. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 91, n. 6, p. 849-855, June 2004.

CHAMP, M.; SZYLIT, O.; RAIBAUND, P.; AUT-ABDELKADER, N. Amylase production by three Lactobacillus strains isolated from chicken crop. **Journal of Applied Bacteriology**, Oxford, v. 55, n. 3, p. 487-493, Dec. 1983.

CHOCT, M. **Feed non-starch polysaccharides:** chemical structures and nutritional significance. United Kingdom: Feed Milling International, 1997.

CLASSEN, H. L.; BEDFORD, M. R. The use of enzymes improve the nutritive value of poultry feeds. In: HARESIGN, W.; COLE, D. J. A. (Ed.). **Recent Advances in animal nutrition**. Oxford: Jordan Hill, 1993. p. 95.

COMPÊNDIO BRASILEIRO DE ALIMENTAÇÃO ANIMAL. São Paulo: Sindirações/Anfal, 1998. 371p.

COWIESON, A. J. **The effect of exogenous enzymes on the nutritive value of camelina, lunaria, pea and lupin meals for broilers**. 2002. 53p Thesis (Ph. D.) - University of Aberdeen, Aberdeen.

COWIESON, A. J.; ACAMOVIC, T.; BEDFORD, M. R. Supplementation of diets containing pea meal with exogenous enzymes: effects on weight gain, feed conversion, nutrient digestibility and gross morphology of the gastrointestinal tract of growing broiler chicks. **British Poultry Science**, Cambridge, v. 44, n. 3, p. 427-437, July 2003.

COWIESON, A. J.; ACAMOVIC, T.; BEDFORD, M. R. The effect of phytic acid and phytase on the digestibility of maize starch for growing chickens. In: INTERNATIONAL POULTRY SCIENTIFIC FORUM, 2001, Atlanta. **Proceedings...** Atlanta: World Poultry Science Association, 2004. p. 31.

FREITAS, E. R. **Avaliação nutricional de alguns alimentos processados para aves por diferentes metodologias e suas aplicações na formulação de rações para frangos de corte.** 2003. 129f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

GRAHAM, H.; APAJALAHTI, J.; PEURANEN, S. Xylo-oligosaccharides alter metabolism of gut microbes and blood xylose levels in chicks. In: DIETARY FIBRE, 2003, Noordwijkerhout. **Proceedings...** Noordwijkerhout: [s. n.], 2003. p. 47-49.

GRAHAN, H.; INBOOR, J. Stability of enzymes during processing. **Feed Mix**, Doetinchen, v. 1, n. 3, p. 18, 1991.

GRANUM, P. E.; ESKELAND, B. Nutritional significance of amylase inhibitors from wheat. **Nutrition Reports International**, Los Altos, v. 23, n. 1, p. 155-162, 1981.

IJI, P. A.; KHUMALO, K.; SLIPPERS, S.; GOUS, R. M. Intestinal function and body growth of broiler chickens fed on diets based on maize dried at different temperatures and supplemented with a microbial enzyme. **Reproduction, Nutrition, Development**, Paris, v. 43, n. 1, p. 77-90, Jan./Feb. 2003.

JACKSON, M. E. **Improving soya utilisation in monogastrics:** maize-soya diets with beta-mannanase. United Kingdom: Feed Milling International, 1995. Disponível em: <[http://www.chemgen.com/docs/improving\\_soya.pdf](http://www.chemgen.com/docs/improving_soya.pdf)>. Acesso em: 12 jan. 2010.

JIN, G. Enzymes improve performance of broilers fed maize-soy diets. **Asian Journal Poultry Science**, Pakistan, v. 5, p. 26-30, 2001.

KATO, R. K. **Energia metabolizável de alguns ingredientes para frangos de corte em diferentes idades.** 2005. 96 p. Tese (Doutorado em Nutrição de Monogástricos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

KIDD, M. T.; MORGAN, G. W.; ZUMWALT, C. D. Galactosidase enzyme supplementation to maize and soybean meal broiler diets. **Journal of Applied Poultry Research**, Athens, v. 10, n. 2, p. 186-193, Summer 2001.

KLUCINEC, J. D.; THOMPSON, D. B. Amylose and amylopectin interact in retrogradation of dispersed highamylose starches. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 76, n. 2, p. 282-291, Mar./Apr. 1999.

KOCHER, A.; CHOCT, M.; ROSS, G.; BROZ, J.; CHUNG, T. K. Effects of enzyme combinations on apparent metabolisable energy of maize-soybean meal-based diets in broilers. **Journal of Applied Poultry**, Athens, v. 12, n. 3, p. 275-283, Fall 2003.

LEESON, S.; SUMMERS, J. D. **Scott's nutrition of the chicken**. 4. ed. Guelph: University Books, 2001. 591p.

MACRI, A.; PARLAMENTI, R.; SILANO, V.; VALFRE, F. Adaptation of the domestic chicken, *Gallus domesticus*, to continuous feeding of albumin amylase inhibitors from wheat flour as gastro-resident microgranules. **Poultry Science**, Champaign, v. 56, n. 3, p. 434-441, Mar. 1977.

MAHAGNA, M.; NIR, I.; LARBIER, M. Effect of age and exogenous amylase and protease on development of the digestive tract, pancreatic enzyme activities and digestibility of nutrients in young meat-type chicks. **Reproduction, Nutrition, Development**, Paris, v. 35, n. 2, p. 201-212, 1995.

MARQUARDT, R. R.; BRENES, A.; ZHANG Z.; BOROS, D. Use of enzymes to improve nutrient availability in poultry feedstuffs. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 60, n. 3, p. 321-330, Aug. 1996.

MATTERSON, L. D.; POTTER, L. M.; STUTZ, N. W.; SINGSEN, E. P. **The metabolizable energy of feeds ingredients for chickens**. Connecticut: The University of Connecticut, 1965. 11p. (Research Report, 7).

MCDONALD, P.; EDWARDS, R. A.; GREENHALGH, J. F. D. **Animal nutrition**. 4. ed. New York: Longman Scientific & Technical, 1990.

MORAN JÚNIOR, E. T. Digestion and absorption of carbohydrates in fowl and events through perinatal development. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 115, n. 5, p. 665-671, June 1985.

MORAN, E. T. Starch digestion in fowl. **Poultry Science**, Champaign, v. 61, n. 9, p. 1257-1267, Sept. 1982.

NAGASHIRO, C. Enzimas en la nutrición de aves. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 25., 2007, Santos. **Anais...**Santos: Facta, 2007. p. 309-328.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of domestic animals**. 9. ed. Washington: National Academy, 1994. 155p.

NIR, I.; NITSAN, Z.; MAHAGMA, M. Comparative growth and development of the digestive organs and some enzymes in the broiler chicks and egg type chicks after hatching. **British Poultry Science**, Oxford, v. 34, n. 3, p. 523-532, July 1993.

NITSAN, Z.; DUNNINGTON, E. A.; SIEGEL, P. B. Organ growth and digestive enzyme levels to fifteen days of age in lines of chicken differing in body weight. **Poultry Science**, Champaign, v. 70, n. 12, p. 2040-2048, Dec. 1991.

NITSAN, Z.; BEM-AVRAHAM, G.; ZOREF, Z. Growth and development of the digestive organs and some enzymes in broiler chicks after hatching. **British Poultry Science**, London, v. 32, n. 3, p. 515-523, July 1991.

NOY, Y.; SKLAN, D. Digestion and absorption in young chicks. **Poultry Science**, Champaign, v. 74, n. 2, p. 366-373, Feb. 1995.

PACK, M.; BEDFORD, M. Feed enzymes for corn-soybean broiler diets: a new concept to improve nutritional value and economics. **World's Poultry Science Journal**, Ithaca, v. 53, n. 1, p. 87-93, Mar. 1997.

PAIO, X. S.; HAN, I. K.; KIM, J. H.; CHO, W. T.; KIM, Y. H.; LIANG, C. Effects of Kemzyme, phytase and yeast supplementation on the growth performance and pollution reduction of broiler chicks. **Asian Journal of Animal Sciences**, Suweon, v. 12, n. 1, p. 36-41, 1999.

PENZ JÚNIOR, A. M. Sorgo e soja integral na alimentação de aves. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 25., 2007, Santos. **Anais...** Santos: Facta, 2007. p. 63-73.

PENZ JÚNIOR, A. M.; KESSLER, A. M.; BRUGALLI, I. Novos conceitos de energia para aves. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE NUTRIÇÃO DE AVES, 1999, Campinas. **Anais...** Campinas: Facta, 1999. p. 1-24.

PETER, C. M.; HAN, Y.; BOLING-FRANKENBACH, S. D.; PARSONS, C. M.; BAKER, D. H. Limiting order of amino acids and the effects of phytase on protein quality in maize gluten meal fed to young chicks. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 78, n. 8, p. 2150-2156, Aug. 2000.

RODRIGUES, P. B.; ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; GOMES, P. C.; SANTANA, R. T.; NUNES, R. V. Aminoácidos digestíveis verdadeiros da soja e subprodutos, determinados com galos cecectomizados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 31, n. 2, p. 970-981, abr. 2002.

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

SELL, J. L.; KRODGAHL, A.; HANYU, N. Influence of age in utilization of supplemental fast by young turkeys. **Poultry Science**, Savoy, v. 65, n. 3, p. 546-554, Mar. 1986.

SELLE, P. H.; RAVINDRAN, V.; CALDWELL, R. A.; BRYDEN, W. L. Phytate and phytase: consequences for protein utilisation. **Nutrition Research Reviews**, Cambridge, v. 13, n. 2, p. 255-278, Dec. 2000.

SHIRES, A.; ROBBLEE, A. R.; HARDIN, R. T.; CLANDININ, D. R. Effect of the age of chickens on true metabolizable energy values of feed ingredients. **Poultry Science**, Champaign, v. 59, n. 2, p. 396-403, Mar. 1980.

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

SILVA, L. C. **Secagem de Grãos**. Alegre: Universidade Federal do Espírito Santo, 2005. (Boletim Técnico, AG). Disponível em: <[http://www.agais.com/ag0405\\_secagem.pdf](http://www.agais.com/ag0405_secagem.pdf)>. Acessado em: 6 dez. 2007.

SKLAN, D.; GEYRA, A.; TAKO, E.; GAL-GERBER, O.; UNI, Z. Ontogeny of brush border carbohydrate digestion in the chick. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 89, n. 6, p. 747-753, June 2003.

SOCORRO, M.; LEVY-BENSHIMOL, A.; TOVAR, J. In vitro digestibility of cereal and legume (*Phaseolus vulgaris*) starches by bovine, porcine and human pancreatic-amylases. **Starke: internationale zeitschrift fur die erforschung, verarbeitung und verwendung von kohlenhydraten und deren derivaten**, Weinheim, v. 41, n. 2, p. 69-71, June 1989.

SVIHUS, B. Research note: a consistent low starch digestibility observed in pelleted broiler chicken diets containing high levels of different wheat varieties. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 92, n. 1, p. 45-49, July 2001.

TAKAHASHI, T.; GOTO, M.; SAKATA, T. Viscoelastic properties of the small intestine and caecal contents of the chicken. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 91, n. 6, p. 867-872, June 2004.

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

TESTER, R. F.; KARKALAS, I.; QI, X. Starch structure and digestibility Enzyme-substrate relationship. **World's Poultry Science Journal**, Ithaca, v. 60, n. 2, p. 186-195, June 2004.

VIEIRA, S. L.; POPHAL, S. Nutrição pós-eclosão de frangos de corte. **Revista Brasileira de Ciências Avícolas**, Campinas, v. 2, n. 3, p. 189-199, set. 2000.

VONK, H. J.; WESTERN, I. R. H. **Comparative biochemistry and physiology of enzymatic digestion**. London: Academic, 1984.

WEURDING, R. E.; VELDMAN, A.; VEEN, W. A.; VAN DER AAR, P. J. VERSTEGEN, M. W. In vitro starch digestion correlates well with the rate and extent of starch digestion in broiler chickens. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 131, n. 9, p. 2336-2342, Sept. 2001.

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

ZANELLA, I.; SAKOMURA, N. K.; SILVERSIDES, F. G.; FIQUEIRDO, A.; PACK, M. Effect of enzyme supplementation of broiler diets based on maize and soybeans. **Poultry Science**, Champaign, v. 78, n. 4, p. 561-568, Apr. 1999.

## **CAPÍTULO 2**

### **ENERGIA METABOLIZÁVEL E DIGESTIBILIDADE DOS NUTRIENTES DO MILHO E SORGO COM ADIÇÃO DE UM COMPLEXO ENZIMÁTICO EM GALOS CECECTOMIZADOS**

## 1 RESUMO

O experimento foi realizado para avaliar o uso de um complexo enzimático, sobre as variáveis de digestibilidade dos nutrientes e energia do milho e do sorgo, denominados experimento 1 e 2, repectivamente. Estudaram-se os níveis de inclusão crescente (0, 100, 200, 300, 400, 500 ppm) do complexo enzimático AG - (Ronozyme A -  $\alpha$  - amilase 250 kNU,  $\beta$  - glucanase 350 FBG por grama de produto). Foram utilizados 32 galos Leghorn cecectomizados, com 120 dias de idade, mantidos em jejum por 24 horas e, então, forçados a ingerir 30 g de cada tratamento. Adotou-se um delineamento inteiramente casualizado com 6 tratamentos e 10 repetições, com repetição no tempo. Procedeu à coleta de excretas para a determinação dos valores de coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS), verdadeiro do extrato etéreo (CDVEE), energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn) e verdadeira (EMVn). Para o experimento 1, o melhor ajuste dos dados para o CDAMS foi obtido com o modelo linear de resposta quadrática que permitiu estimar, em 458,64 ppm do complexo enzimático AG, uma digestibilidade de 68,43%. Para CDVEE, o melhor ajuste dos dados foi obtido com o modelo linear, que estimou em 83,98% o CDVEE, com a utilização de 500 ppm do complexo enzimático - AG. Para a EMAn, o melhor ajuste da equação foi para o platô de resposta quadrática, em 456,68 ppm do complexo enzimático - AG com valor de EMAn de 3.693 kcal/kg de MS, resultando em um incremento de 123 kcal/kg de MS do milho. Para a EMVn, o melhor ajuste da equação foi para o modelo linear de resposta quadrática em 492,80 ppm do complexo enzimático - AG, com valor de energia de 3.853 kcal/kg de MS. No experimento 2, o melhor ajuste dos dados para o CDAMS foi para o modelo de platô de resposta quadrática em 396,94 ppm de AG com CDAMS de 69,19%. Para o CDVEE, o melhor ajuste dos dados foi para o modelo linear, com um incremento de 6,40% com 500 ppm do complexo enzimático - AG. Para os valores de EMAn, o melhor ajuste dos dados foi para o modelo de platô de resposta quadrática, em 385,54 ppm do complexo enzimático - AG, com 3.514,86 kcal/kg de MS, representando um incremento de 108,86 kcal/kg de energia no sorgo. Para os valores de EMVn, o melhor ajuste dos dados foi com o platô de resposta linear em 228,87 ppm, para o valor de 3.665,68 kcal/kg de MS, representando um incremento de 105,68 kcal/kg de MS (2,96%) na energia no sorgo. Conclui-se que o uso do complexo enzimático (alfa-amilase e beta-glucanase) resultou em incrementos no CDAMS, CDVEE, EMAn e EMVn de 8,77%, 8,59%, 3,44% e 3,4%, e 8,33%, 6,40%, 3,19% e 2,96%, repectivamente, para o milho e o sorgo.

## 2 ABSTRACT

The experiment was conducted to evaluate the use of an enzyme complex on the variables of energy and nutrient digestibility of maize and sorghum, known as experiment 1 and 2 attached thereto. Being studied for increasing inclusion levels (0, 100, 200, 300, 400, 500 ppm) of the enzyme complex AG - (Ronozyme A -  $\alpha$  - amylase 250 KNU,  $\beta$  - glucanase FBG 350 per gram of product). We used 32 Leghorn cockerels cecectomized with 120 days of age, fasted for 24 hours, and then forced to eat 30 grams of each treatment. We adopted an experimental design with six treatments and 10 repetitions, with repetition over time. Has the excreta collection for determining the values of apparent digestibility of dry matter (ADDMC), true ether extract (CDVEE), apparent metabolizable energy corrected for nitrogen balance (AME) and true (AMC). Data were subjected to regression analysis (linear and nonlinear). For the first experiment. The best fit of data for ADDMC was obtained with the linear quadratic model that allowed us to estimate at 458.64 ppm of the enzyme complex AG, a digestibility of 68.43%. The CDVEE, the best fit of the data was obtained with the linear model that allows estimating the CDVEE at 83.98% with the use of 500 ppm of the enzyme complex - AG. For AME, the best fit to the equation was the quadratic response plateau at 456.68 ppm of the enzyme complex - AG AME value of 3693 kcal / kg DM, resulting in an increase of 123 kcal / kg DM corn. TMEn for the best fit of the equation was the model for linear quadratic 492.80 ppm of the enzyme complex - AG, energy value of 3853 kcal / kg DM, ie, an increase of 127 kcal / kg MS (3.4%) in the energy of corn. Experiment 2, the best fit to the data for the model was ADDMC plateau of quadratic 396.94 ppm AG ADDMC of 69.19%. For CDVEE, best fits the data was for the linear model, and it was possible to estimate an increase of 6.40% with 500 ppm of the enzyme complex - AG. The energy values of corn, the best fit to the data was the model of quadratic response plateau at 385.54 ppm of the enzyme complex - AG, 3514.86 kcal / kg DM, an increase of 108.86 kcal / kg of energy in sorghum. For the values of EMVn the best fit of the data was with the linear response plateau at 228.87 ppm, to the value of 3665.68 kcal / kg DM, an increase of 105.68 kcal / kg DM ( 2.96%) in energy in sorghum. It is concluded that use of the enzyme complex (alpha-amylase and beta-glucanase), resulted in increases in ADDMC, CDVEE, AME and TMEn 8.77% 8.59% 3.44% 3.4% and 8.33% 6.40% 3.19% 2.96% attached thereto for maize and sorghum.

### 3 INTRODUÇÃO

Atualmente, a necessidade de melhorar o desempenho de frangos de corte, simultaneamente à necessidade de redução dos custos de produção, tem motivado pesquisadores a buscarem novas idéias associadas à utilização de novas biotecnologias. Os trabalhos de pesquisa nesse sentido têm utilizado vários ingredientes, buscando atender às exigências nutricionais para a espécie de acordo com a idade. É sabido que os grãos de sorgo são semelhantes aos do milho, em composição e valor alimentar. Eles apresentam 70% de extratos não nitrogenados, são pobres em fibras e ricos em nutrientes, enquanto o milho tem maior valor de energia metabolizável, resultando em melhor conversão alimentar. Os grãos de sorgo têm maiores valores de proteína bruta e cinzas do que o milho, além de conter todos os aminoácidos considerados essenciais para aves, em níveis intermediários entre os do milho e os do trigo.

O uso de milho e sorgo em dietas avícolas pode contribuir com até 65% da energia metabolizável (EM) e 20% da proteína bruta. Existem diversos fatores que podem causar variabilidade nutricional do milho, como tipo de semente, condições climáticas, tipo de solo e adubação, tratos culturais, colheita, processamento e armazenamento.

O principal constituinte químico de muitos grãos de cereais é o amido. Sua digestibilidade pode ser afetada pela composição, forma física, interações proteína-amido, integridade celular das unidades contendo amido, fatores antinutricionais e forma física do alimento. Contudo, alguns autores verificaram que o uso de enzimas adicionadas aos alimentos refletia em melhora no peso corporal de aves. De modo geral, a suplementação enzimática poderá liberar mais nutrientes dos alimentos que normalmente não são digeridos, como os polissacarídeos não amídicos (polissacarídeos não amiláceo - PNAs).

Sendo assim, objetivou-se com a realização deste trabalho, avaliar o efeito de níveis crescentes de um complexo enzimático (alfa-amilase e beta-glucanase) sobre as variáveis de digestibilidade dos nutrientes e energia metabolizável do milho e do sorgo com galos cecectomizados.

#### 4 MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados dois experimentos, sendo um com a utilização de milho (experimento um) e o outro com a utilização de sorgo (experimento dois). A seguir faz-se toda a descrição do experimento 1, sendo que o experimento dois segue os mesmos procedimentos, diferindo apenas no ingrediente teste.

Os experimentos foram conduzidos nas instalações do Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia (DZO) da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Lavras, MG, em um galpão de alvenaria convencional, construído no sentido leste-oeste, com dimensões de 6x21 m, com cortinas laterais ajustáveis, tendo sido instalados em gaiolas metálicas, em baterias de dois andares, construídas de arame galvanizado, com dimensões de 50 cm de largura, 50 cm de profundidade e 50 cm de altura (50 x 50 x 50), providas de bebedouros e comedouros individuais do tipo calha. A composição analisada do milho e sorgo utilizados encontra-se na Tabela 3.

TABELA 3 Composição do milho e sorgo, base matéria natural.

COMPOSIÇÃO ANALISADA	Milho	Sorgo
Matéria seca (%)	88,00	88,56
Proteína bruta (%)	7,82	9,08
Extrato etéreo (%)	4,08	2,91
Cinzas (%)	0,99	1,19
Amido (%)	64,61	64,98
Metionina (%) total	0,16	0,16
Metionina + cistina (%) total	0,34	0,32
Lisina (%) total	0,23	0,20
Treonina (%) total	0,28	0,29
Triptofano (%) total	0,06	0,10
Energia bruta, kcal / kg	3.850	3824

Descrição dos experimentos (Experimento 1)

Foram estudados os efeitos dos níveis crescentes (0, 100, 200, 300, 400 ppm) do complexo enzimático – AG (Ronozyme A que contém:  $\alpha$  – amilase

(250 kNU),  $\beta$  – glucanase (350 FGB)) sobre a digestibilidade dos nutrientes e energia metabolizável do milho. Cada tratamento consistiu de 30 g de milho adicionados às respectivas doses do complexo enzimático. Foram utilizados 32 galos Leghorn, cecectomizados, com 120 dias de idade e peso de  $1.350 \pm 80$  g. Cada galo foi considerado uma unidade experimental. Utilizou-se um intervalo de quatro dias entre cada repetição para descanso dos galos, período no qual eles receberam ração para frangos de corte em terminação, objetivando melhor recuperação.

Os galos foram alojados, 15 dias antes do início do experimento, nas baterias de gaiolas para adaptação, recebendo alimentação à vontade. Em seguida, foram submetidos a um procedimento de fixação de uma argola de PVC junto à cloaca, para a fixação de um saco plástico coletor de excretas. Os animais foram mantidos em jejum por 24 horas, com o objetivo de esvaziar o trato gastrintestinal, e, então, forçados a ingerir os devidos tratamentos (30 g) com o auxílio de um funil. Posteriormente à administração dos tratamentos, foram realizadas as coletas das excretas, duas vezes ao dia (8h00 e 16h00), para evitar eventuais fermentações, por um período de 48 horas. Simultaneamente, duas aves foram mantidas em jejum para a determinação da perda endógena e metabólica, segundo metodologia de alimentação forçada (Sibbald, 1976).

As excretas foram acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados e congeladas em freezer ( $-4^{\circ}\text{C}$ ). Após o descongelamento em temperatura ambiente, as excretas foram homogeneizadas por repetição e secas em estufa de ventilação forçada, a  $55^{\circ}\text{C}$ , por 72 horas, a fim de se proceder a pré-secagem, para a determinação da amostra seca ao ar. A seguir, as amostras foram moídas em moinho tipo faca, com peneira de 1 mm e encaminhadas ao Laboratório de Pesquisa Animal do DZO da UFLA, junto com a amostra de milho, para a determinação da matéria seca, energia bruta e nitrogênio, conforme

técnicas descritas por Silva (1990). A energia bruta foi determinada por meio de bomba calorimétrica adiabática (Parr, 1961).

Os valores de coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS), verdadeiro do extrato etéreo (CDVEE), energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn) e verdadeira corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMVn) foram calculados conforme as fórmulas constantes do Anexo I.

Adotou-se um delineamento inteiramente casualizado, com seis tratamentos e dez repetições, sendo distribuídos em dois períodos, com cinco repetições para cada tratamento por período, observando-se que cada galo não deveria receber o mesmo tratamento duas vezes. O modelo experimental utilizado foi:

$$Y_{ijk} = \mu + D_i + P_j + (DP)_{ij} + e_{ijk}$$

em que

$Y_{ijk}$  é o valor observado de  $k$ , na dose  $i$  do período  $j$ ;

$\mu$  é uma constante associada a cada observação;

$D_i$  é o efeito da dose  $i$ ;

$P_j$  é o efeito do período  $j$ ;

$(DP)_{ij}$  é o efeito da interação entre dose e período;

$e_{ijk}$  é o erro experimental associado a cada observação.

Os dados foram submetidos à análise de variância e, em função das significâncias dos testes F, foram realizadas análises de regressão (linear e não-linear), utilizando-se o software SAS Institute - SAS (2001). As equações foram ajustadas visando estimar os níveis ótimos de suplementação do complexo enzimático AG que maximizou as respostas em relação às variáveis estudadas. O ajuste do modelo de platô de resposta foi realizado considerando-se as médias estimadas pelo modelo abaixo para as variáveis em estudo referente às doses do

complexo enzimático AG estudadas, por meio do procedimento NLIN (PROC NLIN) do sistema SAS Institute (2001). Consideraram-se as seguintes equações:

$$Y = a + bx + e ; \text{ se } x < x_0 \text{ (linear);}$$

$$Y = a + bx + cx^2 + e, \text{ se } x < x_0 \text{ (quadrática);}$$

$$Y = p + e, \text{ se } x \geq x_0 \text{ (platô).}$$

em que Y é a variável estudada referente à dose x de complexo enzimático.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O método de alimentação precisa ou forçada tem a vantagem de ser uma técnica de fácil e rápida execução, necessitando apenas de pequena quantidade de ingrediente. Porém, é necessária a avaliação das perdas endógenas para determinação da energia metabolizável verdadeira (Sibbald, 1976). Por definição, o sistema de alimentação precisa gera valores de energia metabolizável maiores em relação ao sistema de coleta total de excretas, mesmo quando são utilizados frangos de corte na mesma idade. Isso ocorre devido às correções realizadas para compensar as perdas de energia dos componentes metabólicos e endógenos durante o ensaio com alimentação forçada, enquanto, no ensaio com alimentação à vontade, essa correção não é essencial, uma vez que as aves estão em estado fisiológico normal para a digestão (Freitas, 2003; Sakomura & Rostagno, 2007).

Cowieson et al. (2006b) relataram que, quando se utiliza o método de alimentação forçada, é comum não encontrar respostas ou, até mesmo, encontrar redução na digestibilidade aparente dos nutrientes com adição de carboidrases, uma vez que a falta de outros nutrientes pode prejudicar a utilização de energia dos ingredientes. O contrário foi observado neste ensaio, em que houve aumento na digestibilidade aparente dos nutrientes com adição de alfa-amilase e beta-glucanase e melhora significativa da energia metabolizável.

A adição de amilase nas dietas ajuda na hidrólise da amilose e amilopectina do amido, facilitando a digestão no intestino delgado e conduzindo ao aumento na utilização dos nutrientes, com consequente melhoria na taxas de crescimento (Sheppy, 2001), pois atua de modo a suplementar a atividade da amilase endógena, podendo reduzir a síntese endógena dessa enzima pelo pâncreas (Gracia et al., 2003), economizando energia, que se torna mais disponível para o crescimento. Seria uma explicação para o aumento na energia

metabolizável com a adição de alfa-amilase e beta-glucanase, por meio da redução da síntese endógena de amilase, a qual é requerida proporcionalmente em maior quantidade.

Cowieson et al. (2006b) verificaram aumento da excreção de matéria seca, nitrogênio, energia e aminoácidos, com a adição de pectinases, o que pode ter sido decorrente do ataque bacteriano aos oligossacarídeos hidrolisados. Kocher et al. (2003) encontraram redução da energia metabolizável da dieta com a adição de  $\beta$ -glucanase, hemicelulase e pectinase e associaram este efeito à liberação da proteína ligada à parede celular degradada, provocando aumento no turnover proteico total, e, em função disso, maior gasto energético.

### Experimento 1

Os valores determinados para CDAMS, CDVEE, EMAn e EMVn estão apresentados na Tabela 4.

TABELA 4 Coeficiente de digestibilidade da matéria seca (CDAMS), verdadeiro do extrato etéreo (CDVEE), energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn) e verdadeira (EMVn) do milho, de acordo com nível do complexo enzimático AG, com galos cecectomizados.

Nível de AG, ppm	Variável			
	CDAMS <sup>1</sup> , %	CDVEE <sup>2</sup> , %	EMAn <sup>3</sup> , kcal/kg	EMVn <sup>4</sup> , kcal/kg
0	62,91	77,33	3570	3726
100	66,18	81,18	3631	3787
200	66,27	81,29	3663	3819
300	67,29	82,09	3670	3826
400	68,06	83,86	3682	3838
500	68,12	83,98	3703	3859
CV, %	3,45	4,47	1,36	1,36
Prob.≤	0,01	0,02	0,001	0,001

<sup>1</sup> Regressão quadrática – RQ, em  $y = 63,175 + 0,022932x - 0,000025x^2$ ;  $R^2 = 0,96$ ;

<sup>2</sup> Regressão linear – RL, em  $y = 78,617333 + 0,012034x$ ,  $R^2 = 0,857$ ;

<sup>3</sup> Platô de resposta quadrática - QRP em  $y = 3576,3 + 0,5122x - 0,00056x^2$ ;  $R^2 = 0,96$ ;

<sup>4</sup> Resposta quadrática- RQ (P<0,05) em  $y = 3732,502571 + 0,488861x - 0,000496x^2$ ;  $R^2 = 0,97$

Conforme dados da Tabela 2A, para o CDAMS, o melhor ajuste dos dados foi obtido com o modelo linear de resposta quadrática com  $R^2$  de 96%, que permitiu estimar (derivação da equação  $y = 63,175 + 0,022932 x - 0,000025x^2$ ), em 458,64 ppm do complexo enzimático AG, o melhor aproveitamento da matéria seca do milho, apresentando digestibilidade de 68,43%, comparativamente um incremento de 8,77% no CDAMS.

Quanto ao CDVEE, o melhor ajuste dos dados foi obtido com o modelo linear, com  $R^2$  de 85%. Sendo assim, a inclusão de níveis crescentes do complexo enzimático AG permite estimar o CDVEE em 83,98% com a utilização de 500 ppm do complexo enzimático – AG, demonstrando um incremento na digestibilidade do milho em até 8,59%.

Para a EMAn, o melhor ajuste da equação foi para os modelos não lineares, utilizando o modelo de platô de resposta quadrática –QRP com  $R^2$  de 96%, em  $y = 3576,3 + 0,5122x - 0,00056 x^2$ , estando o ponto de inflexão que determina o máximo da curva em 456,68 ppm do complexo enzimático – AG, com valor de EMAn de 3.693 kcal/kg de MS, resultando em um incremento de 123 kcal/kg de MS do milho, ou seja, uma melhora no aproveitamento da EMAn de 3,44%.

Para a EMVn, o melhor ajuste da equação foi para o modelo linear de resposta quadrática com  $R^2$  de 97%, permitindo estimar, por meio da derivação da equação  $y = 3732,502571 + 0,488861 x - 0,000496 x^2$ , o ponto de inflexão da curva que determinou o nível de 492,80 ppm do complexo enzimático AG para maximizar a energia metabolizável verdadeira corrigida pelo balanço de nitrogênio em 3.853 kcal/kg de MS, ou seja, um incremento de 127 kcal/kg de MS (3,4%) na energia do milho.

Contudo, os dados encontrados neste ensaio corroboram os encontrados por Gracia et al. (2003), que observaram um aumento de 1,7% do CDAMS, com a inclusão de 40 ppm de  $\alpha$ -amilase na dieta de frangos de corte.

Segundo Carvalho (2006), a utilização de complexos enzimáticos não influenciou o CDAMS das dietas utilizadas em experimentos com frangos de corte. Porém, a utilização dos complexos enzimáticos foi eficiente em melhorar a EMAn das dietas, tendo a utilização dos complexos enzimáticos (0,04% de amilase e  $\alpha$ -glucanase) e (0,04% de amilase e  $\alpha$ -glucanase mais 0,01% de xilanase) resultado em maior disponibilização da energia da dieta. Dourado et al. (2007) observaram um pequeno aumento na EMVn do milho utilizando complexos enzimáticos (amilase, protease e xilanase), em experimentos com galos. Estes autores justificaram seus resultados afirmando que no milho existem mais substratos para a atuação das enzimas.

Yu & Chung (2004), trabalhando com dietas à base de milho e farelo de soja com utilização de amilase, 0,04% de amilase,  $\alpha$ -glucanase e xilanase, relataram que o milho tem diferenças na digestibilidade do amido e é o maior contribuinte para a variabilidade na EMAn em diferentes porções. Segundo estes mesmos autores, sempre que a adequada suplementação da amilase, juntamente com enzimas que degradam polissacarídeos não amídicos, promove o crescimento numérico na obtenção de resposta de desempenho, atrelada à maior digestibilidade dos nutrientes compensando a redução de 3% na EMAn da dieta, melhora o desempenho, independente do clima.

## Experimento 2

Os valores determinados para CDAMS, CDVEE, EMAn e EMVn estão apresentados na Tabela 5.

TABELA 5 Coeficiente de digestibilidade da matéria seca (CDAMS), verdadeiro do extrato etéreo (CDVEE), energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn) e verdadeira (EMVn) do sorgo de acordo com nível do complexo enzimático AG, com galos cecectomizados.

Nível de AG, ppm	Variável			
	CDAMS <sup>1</sup> , %	CDVEE <sup>2</sup> , %	EMAn <sup>3</sup> , kcal/kg	EMVn <sup>4</sup> , kcal/kg
0	63,87	73,59	3406	3560
100	66,86	74,78	3467	3621
200	67,46	74,85	3493	3647
300	68,97	75,63	3497	3651
400	69,02	77,47	3509	3663
500	69,40	78,30	3528	3682
CV, %	3,26	3,97	1,72	1,72
Prob. ≤	0,001	0,0275	0,01	0,01

<sup>1</sup> Platô de resposta quadrática - QRP em  $y = 64,06 + 0,0258 x - 0,00003 x^2$ ;  $R^2 = 0,97$ ;

<sup>2</sup> Resposta linear - RL em  $y = 73,4545 + 0,009272 x$ ;  $R^2 = 0,94$ ;

<sup>3</sup> Platô de resposta quadrática - QRP em  $y = 3410,5 + 0,5416 x - 0,0007 x^2$ ;  $R^2 = 0,99$ ;

<sup>4</sup> Platô de resposta linear - LRP em  $y = 3561,1 + 0,4349 x$ ; ( $R^2 = 0,99$ )

Conforme dados apresentados na Tabela 3<sup>a</sup>, para o CDAMS foram observadas respostas significativas ( $P < 0,01$ ). O melhor ajuste dos dados foi obtido para o modelo de platô de resposta quadrática com  $R^2$  de 97%. Por meio da técnica de platô de resposta quadrática - QRP, em  $y = 64,06 + 0,0258 x - 0,00003 x^2$ , estimou-se em 396,94 ppm de AG um CDAMS de 69,19%, a partir do qual não se observou melhora do uso de AG sobre o CDAMS do sorgo. Portanto, com a utilização do uso da técnica de QRP foi possível estimar um nível de inclusão do complexo enzimático AG, no qual se observou melhora de 8,33% da matéria seca do sorgo.

A digestibilidade do extrato etéreo (Tabela 5) é uma informação importante e correlacionada positivamente com a energia metabolizável do

ingrediente. Contudo, observou-se melhoria linear ( $P < 0,05$ ) do CDVEE com o aumento do nível de inclusão do AG, tendo o uso de 100 ppm de AG promovido um incremento no CDVEE de 1,62%, chegando a incrementos de 6,40% com 500 ppm do complexo enzimático AG.

Os valores de EMAn e EMVn estão apresentados na Tabela 3A. Observou-se melhora de até 122,24 kcal na EM com o uso de 500 ppm de AG, contudo, técnicas estatísticas nos permitem avaliar o melhor nível de inclusão. Sendo assim, o modelo que melhor se ajustou aos dados de EMAn foi o modelo de platô de resposta quadrática, sendo possível estimar o ponto de convergência com a inclusão de 385,54 ppm do complexo enzimático - AG, em que se estimou-se o valor máximo de EMAn (3514,86 kcal/kg de MS), representando um incremento de 108,86 kcal/kg de energia no sorgo, ou 3,19% a mais de EMAn.

Quanto aos valores de EMVn, o melhor ajuste dos dados foi obtido com a técnica dos modelos não lineares, sendo o platô de resposta linear (LRP) o melhor ajuste dos dados com  $R^2$  de 94%. Estimou-se o melhor nível de inclusão do complexo enzimático AG em 228,87 ppm, para o valor máximo de EMVn (3665,68 kcal/kg de MS), o que representa um incremento de 105,68 kcal/kg de MS (2,96%) na energia no sorgo.

O sorgo utilizado neste teste apresentou 64,98% de amido em sua constituição, sendo importante e representativo na contribuição da EM da dieta. Contudo, a hidrólise desse amido nem sempre é eficiente, portanto, a adição de amilase nas dietas ajuda na hidrólise do amido presente no sorgo, facilitando a digestão no intestino delgado e conduzindo ao aumento na utilização dos nutrientes, com conseqüente melhoria na taxas de crescimento (Sheppy, 2001). A utilização de amilases exógenas atua de modo a suplementar a atividade da amilase endógena, podendo reduzir a síntese endógena dessa enzima pelo pâncreas (Gracia et al., 2003), economizando energia, que se torna mais

disponível para o crescimento. Seria uma explicação para a melhora na energia metabolizável com a adição de alfa-amilase e beta-glucanase, por meio da redução da síntese endógena de amilase, a qual é requerida proporcionalmente em maior quantidade.

Cowieson et al. (2006) verificaram aumento da excreção de matéria seca, nitrogênio, energia e aminoácidos, com a adição de pectinases, o que pode ter sido decorrente do ataque bacteriano aos oligossacarídeos hidrolisados. Kocher et al. (2003) encontraram redução da energia metabolizável da dieta com a adição de  $\beta$ -glucanase, hemicelulase e pectinase e associaram este efeito à liberação da proteína ligada à parede celular degradada, provocando aumento no turnover proteico total e, em função disso, maior gasto energético.

Os valores encontrados neste trabalho de EMAn e EMVn, para o sorgo (3.406 e 3.560 kcal/kg de MS), foram inferiores aos encontrados por Ost (2004), que encontrou valores de 3.507 e 3.739 kcal/kg de MS, respectivamente, uma diferença de 101 kcal para a EMAn e de 179 kcal para a EMVn. Os valores de EM encontrados neste trabalho, quando comparados aos encontrados nas tabelas brasileiras (Rostagno et al., 2005), também estão abaixo, em 222 kcal para a EMAn e 387 kcal para a EMVn. Esses valores estão correlacionados principalmente com os valores de extrato etéreo e amido do sorgo. Observa-se que esses valores são 3% inferiores para o extrato etéreo e 6,89% superiores para o amido, quando comparados com os encontrados nas tabelas brasileiras (Rostagno et al., 2005). Portanto, o maior teor de amido do grão pode ter interferido no melhor aproveitamento deste.

Miller et al. (1994) avaliaram os efeitos do tipo de amido, beta-glucanos totais e níveis de fibra detergente ácido sobre a energia da cevada para aves (EMVn) e suínos (ED). Um aumento de beta-glucanos de 3,4% para 6,8% diminuiu a EMVn de 3.248 para 2.855 kcal /kg e a ED de 3.679 para 3.542. Da mesma forma, um aumento de FDA de 2,1% a 12% reduziu a EMVn de 3.301 a

2.630 kcal/kg e a ED de 4.018 a 3.247 kcal/kg. Esses dados sugerem que a FDA tem maior efeito na depressão da energia da cevada para aves e suínos que o conteúdo de beta-glucanos totais. Essas, por sua vez, têm maior efeito depressor da energia dos alimentos para aves que para suínos.

Outros princípios antinutritivos, como os taninos no sorgo, podem modificar os valores de energia metabolizável do alimento. Rostagno et al. (1977) determinaram a energia metabolizável de dois tipos de sorgo (com tanino e sem tanino) e encontraram valores mais altos de EMAn para o sorgo sem tanino. Os pesquisadores recomendam pelo menos o uso de dois valores de energia metabolizável, de acordo com o conteúdo de tanino do sorgo.

## 6 CONCLUSÃO

A utilização do complexo enzimático contendo alfa-amilase e beta glucanase é eficiente em melhorar o aproveitamento dos nutrientes do milho e do sorgo em galos cecectomizados.

O uso do complexo enzimático (alfa-amilase e beta-glucanase) resultou em incrementos no CDAMS, CDVEE, EMAn e EMVn de 8,77%, 8,59%, 3,44%, 3,4% e 8,33%, 6,40%, 3,19% e 2,96%, repectivamente, para o milho e o sorgo.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERTECHINI, A. G. ; VIEIRA, S. L. ; CARVALHO, J. C. C. ; BRITO, J. A. G.; FIGUEIREDO, G O. Energy releasing effect of an alpha amylase-beta glucanase blend in all vegetable corn say diets for broiler. In: ANNUAL MEETING POULTRY SCIENCE ASSOCIATION, 95., 2006, Edmonton. **Abstracts...** Edmonton: Southern Poultry Science Society, 2006. v. 85, p. 93.
- CARVALHO, J. C. C. **Complexos enzimáticos em rações fareladas para frangos de corte.** 2006. 64 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- COWIESON, A. J.; ACAMOVIC, T.; BEDFORD, M. R. Using the precision-feeding bioassay to determine the efficacy of exogenous enzymes: a new perspective. **Animal Feed Science and Technology**, Davis, v. 129, n. 1/2, p. 149-158, Aug. 2006.
- DALE, N. Efeito da qualidade no valor nutritivo do milho. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 1994, Campinas. **Anais...** Campinas: Facta, 1994. p. 67-72.
- DOURADO, L. R. B; SAKOMURA, N. K; NASCIMENTO, D. C. N; DORIGAM, J. C. P; BARBOSA, N. A. A; MARCATO, S. M. Efeito de enzimas exógenas na disponibilidade da energia metabolizável verdadeira do milho e do farelo de soja. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 2007, Santos. **Anais...** Santos: FACTA, 2007. p. 126.
- FREITAS, E. R. **Avaliação nutricional de alguns alimentos processados para aves por diferentes metodologias e suas aplicações na formulação de rações para frangos de corte.** 2003. 129f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.
- GRACIA M. I.; ARANIBAR M. J. ; LAZARO R.; MEDEL P.; MATEOS G. G.  $\alpha$ -Amilase supplementation of broiler diets base on corn. **Poultry Science**, Champaign, v. 82, n. 3, p. 436-442, Mar. 2003.
- KOCHER, A.; CHOCT, M.; ROSS, G.; BROZ, J.; CHUNG, T. K. Effects of enzyme combinations on apparent metabolisable energy of maize-soybean meal-based diets in broilers. **Journal of Applied Poultry**, Athens, v. 12, n. 3, p. 275-283, Fall 2003.

MILLER, M. C.; FROSETH J. A.; WYATT C. L.; ULLRICH S. E. Effect of starch tape, total beta-glucans and acid detergent fiber levels on the energy content of barley (*Hordeum vulgare* L.) for poultry and swine. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 74, n. 4, p. 679-686, Dec. 1994.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of domestic animals**. 9. ed. Washington: National Academy, 1994. 155p.

OST, P. R. **Energia metabolizável verdadeira e aminoácidos digestíveis de alguns alimentos para aves, determinados com galos adultos e por equações de predição**. 2004. 181p. Tese (Doutorado – Nutrição de monogástrico) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

ROSTAGNO, H. S. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. Viçosa, MG: UFV, 2005. 186p.

ROSTAGNO, H. S.; FEATHERSTON, W. R. Estudos de métodos para determinar disponibilidade de aminoácidos em pintos. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 6, n. 1, p. 64-76, jan./fev. 1977.

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

SAS INSTITUTE INC. **The SAS system for windows: release 8.02**. Cary, 2001.

SHEPPY, C. The current feed enzyme market and likely trends. In: BEDFORD, M. R.; PARTRIDGE, G. G. **Enzymes in farm nutrition**. London: Cab. International, 2001. p. 1- 10.

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

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

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

### **CAPÍTULO 3**

#### **AVALIAÇÃO DE NIVEIS DE INCLUSÃO DE ENZIMAS E SUBSTITUIÇÃO DO MILHO SOBRE A DIGESTIBILIDADE DOS NUTRIENTES PARA AVES**

## 1 RESUMO

O presente estudo foi realizado com o objetivo de avaliar os efeitos dos níveis de inclusão do milho e de suplementação de um complexo enzimático sobre a energia metabolizável aparente do milho para frangos de corte. O trabalho foi dividido em três fases: pré-inicial (1-7), inicial (14-21) e final (35-42), em ensaios metabólicos. Foram utilizados pintos de corte machos Cobb-500, alojadas em 96 gaiolas. Avaliaram-se 4 dietas com diferentes proporções de milho em substituição (0%, 20%, 30% e 40%) a uma dieta basal formulada de acordo com manual da linhagem (milho e farelo de soja com correção para a suplementação de vitaminas e microminerais) associada a quatro níveis de suplementação do complexo enzimático (CE), 0, 200, 300 e 400 ppm. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com 16 tratamentos e 6 repetições. As variáveis analisadas foram a energia metabolizável aparente corrigida para balanço de nitrogênio (EMAn) e os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS), da proteína bruta (CDAPB) e de metabolização da energia bruta (CMEB). De forma generalizada, observaram-se diferenças significativas no incremento de EMAn para todas as fases de criação, inclusão de milho e nível de suplementação do CE. Quanto ao nível de inclusão, para todas as fases houve efeito linear na EMAn, mostrando que o aumento de milho proporciona mais substrato para ação das enzimas e, conseqüentemente, maior EMAn. Para o nível de suplementação do CE, houve um efeito linear em todas as fases de criação, provando que o CE tem efetividade sobre o milho em melhorar a EMAn e que maiores níveis de suplementação promovem melhores resultados. Os melhores incrementos de EMAn do milho são observados na fase final de criação e estão diretamente associados à inclusão de CE contendo amilase e glucanase, visto que o frango de corte nesta fase apresenta alto consumo de ração e a relação substrato-enzima favorece a suplementação de enzimas. De maneira geral, observa-se efeito linear do CDAMS para nível de substituição do milho e inclusão das enzimas. Para CDAPB, observou-se efeito linear para a inclusão das enzimas e efeito linear decrescente para o nível de substituição do milho. O nível de substituição interfere na EMAn do milho. A avaliação de enzimas ou complexos enzimáticos pela técnica de substituição do ingrediente teste apresentou diferentes diferenciais. Dependendo do nível de substituição de milho e da idade das aves, o uso de amilase e glucanase foi efetivo em melhorar a EMAn do milho e, na fase final de criação, os diferenciais são maiores.

## 2 ABSTRACT

This study aimed to evaluate the effects of inclusion levels of corn and supplementation of an enzyme complex on the apparent metabolizable energy of corn for broilers. The work was divided into three phases: pre-starter (1-7), initial (14-21) and final (35-42) in metabolic testing. We used chicks Cobb-500, being housed in 96 cages. We evaluated 4 diets with different proportions of maize to replace (0, 20, 30 and 40%) to a basal diet formulated according to the manual line (corn and soybean meal with correction for supplemental vitamins and trace minerals) associated the four levels of supplementation of the enzyme complex (EC), zero, 200, 300 and 400 ppm. A completely randomized design with 16 treatments and 6 replications. The variables were the apparent metabolizable energy corrected for nitrogen balance (AME) and apparent digestibility of dry matter (excreta), crude protein (CADCP) and apparent metabolizable energy (MCEC). We used the statistical package SISVAR (2) according to the procedure for statistical analysis. Widely, there are significant differences in the increase of AME for all stages of creation, inclusion of corn and supplementation level of CE. The level of inclusion for all phases were linearly in AME, showing that the increase of corn, providing more substrate for enzyme action and consequently the higher AME n. The level of supplementation of the EC, there was also a linear effect on all stages of creation. Proving that the EC is effective on the corn to improve the AME, and that higher levels of supplementation promotes better results. The best increment AMEn corn are observed in the final phase and is directly associated with the inclusion of EC with amylase and glucanase, whereas the broiler at this stage have a high feed intake and enzyme-substrate ratio favors the supplemental enzymes. In general there is a linear accuracy both for the level of replacement of corn and inclusion of enzymes. The CADCP, there was a linear effect for the inclusion of enzymes and decreased linearly to the level of substitution of corn. The level of substitution interferes with AMEn corn. Evaluation of enzymes or enzyme complexes by the technique of replacing ingredient test were different depending on the differential substitution of corn and age of the birds, the use of amylase and glucanase was effective in improving the AME from corn, and at the end of creation differentials are larger.

### 3 INTRODUÇÃO

O conhecimento das metodologias empregadas para a determinação da energia e da digestibilidade dos nutrientes utilizadas é de grande valia e contribuiu para evolução da avicultura, através da determinação dos valores nutricionais dos alimentos utilizados na formulação das dietas, resultando em dietas de alto aproveitamento pelos animais. Ao mesmo tempo, a acurácia na determinação dos valores energéticos dos ingredientes, sem dúvida, pode garantir maior segurança aos nutricionistas, no momento da formulação das dietas avícolas.

O milho é o principal ingrediente energético das rações avícolas. Assim, a determinação da energia metabolizável e os coeficientes de digestibilidade dos nutrientes desse ingrediente, e de todos os ingredientes utilizados nas rações avícolas, são de extrema importância para uma formulação mais adequada. Contudo, tais determinações são contestadas, em termos metodológicos.

A metodologia mais usual na determinação da energia metabolizável dos ingredientes tem como base a substituição de parte de uma ração referência pelo ingrediente teste. Essa metodologia é chamada de método da coleta total de excreta. A utilização dessa metodologia gera dúvidas quanto aos valores determinados, tanto na porcentagem do ingrediente substituído como também na utilização de rações “imbalaceadas”.

Devido à grande variabilidade da composição centesimal e dos dados de digestibilidade da literatura, alguns artifícios vêm sendo utilizados para minimizar a variabilidade dos milhos e contribuir para melhorar seu aproveitamento. O uso das enzimas contribui de forma marcante na melhoria do aproveitamento dos nutrientes do milho e, conseqüentemente, na melhoria no aproveitamento da energia do mesmo.

O binômio substrato:enzimas é de extrema importância para avaliação da contribuição das enzimas na melhoria dos ingredientes. A literatura científica não cita metodologias específicas para a determinação dos coeficientes de digestibilidade dos nutrientes e melhorias da energia com a utilização de enzimas.

Diante do exposto, existe a necessidade de estudos que possam modificar as metodologias atuais e contribuir para uma metodologia melhor adaptada para analisar os efeitos das enzimas nos principais ingredientes utilizados na avicultura industrial, contribuindo de forma segura e confiável para que os nutricionistas utilizem as enzimas como ferramentas eficientes em suas formulações.

Assim, o presente trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar as diferentes inclusões de enzimas e de substituição do milho na dieta basal e seus efeitos sobre os valores de energia e coeficientes de digestibilidade de nutrientes do milho.

#### 4 MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados três ensaios metabólicos no galpão experimental do Departamento de Zootecnia (DZO) da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Lavras, MG, em 2008. O objetivo foi o de determinar a contribuição de um complexo enzimático para melhorar o aproveitamento de nutrientes do milho para aves. Foram utilizados 1.440 pintos, machos de um dia, da linhagem Cobb-500, alojados em gaiolas metabólicas. Foram avaliadas três fases de criação das aves, 1 a 7 dias (ensaio 1), 14 a 21 dias (ensaio 2) e 35 a 42 dias (ensaio 3). Na primeira fase, utilizaram-se 672 pintos; na segunda, 480 e, na terceira, 288 aves.

O experimento foi realizado em sala de metabolismo de 72 m<sup>2</sup> (12 m x 6 m), construída em alvenaria com controle de temperatura ambiente por dispositivo digital de controle. A sala possuía sistema de aquecimento a gás e sistema de exaustão de calor e gases por ventiladores. As médias de temperatura mínima e máxima foram mensuradas durante o experimento.

Foram utilizadas gaiolas de metabolismo (50 cm x 50 cm x 45 cm) providas de bandejas metálicas coletoras, revestidas com plástico, para facilitar as coletas de excretas. As gaiolas construídas em arame galvanizado têm, em sua parte frontal, uma grade para ajuste do acesso das aves ao comedouro. O comedouro individual “tipo calha”, construído em chapa de ferro galvanizado com proteção contra desperdício de ração, é disposto externamente na parte frontal da gaiola. O bebedouro individual de pressão “tipo infantil” fica disposto no interior da gaiola. Na fase pré-inicial (1 a 7 dias), devido ao fato de as aves terem tamanho reduzido, os pisos das gaiolas foram revestidos com tela plástica de polipropileno de 1cm de diâmetro, para permitir melhor alojamento das mesmas.

De acordo com a idade das aves, foram formuladas dietas específicas para cada fase de criação, segundo Manual da Linhagem Cobb (2004), para os períodos de 1 a 7 dias (pré-inicial), 14 a 21 dias de idade e 35 a 42 dias de idade.

Foi utilizada a metodologia adaptada de Matterson et al. (1965), da seguinte maneira: quatro dietas com diferentes proporções de milho (0%, 20%, 30% e 40%), em substituição a uma dieta basal (milho e farelo de soja com correção para a suplementação de vitaminas e microminerais) associada a quatro níveis de suplementação de um complexo enzimático AG (0, 200, 300 e 400 g/t). O complexo enzimático utilizado foi o Ronozyme A contendo  $\alpha$ -amilase 250 kNU,  $\beta$ -glucanase 350 FBG por grama de produto. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, num esquema fatorial 4 x 4 (quatro níveis do complexo enzimático AG e quatro níveis de substituição do ingrediente teste), resultando em 16 tratamentos e 6 repetições cada (Tabela 6).

TABELA 6 Apresentação dos tratamentos.

Tratamento	Proporção de substituição da dieta Basal	Níveis de AG (ppm)
1	Dieta Basal (100%)	Sem enzima
2	Dieta Basal (100%)	200
3	Dieta Basal (100%)	300
4	Dieta Basal (100%)	400
5	Dieta basal (80%) + milho (20%)	Sem enzima
6	Dieta basal (80%) + milho (20%)	200
7	Dieta basal (80%) + milho (20%)	300
8	Dieta basal (80%) + milho (20%)	400
9	Dieta basal (70%) + milho (30%)	Sem enzima
10	Dieta basal (70%) + milho (30%)	200
11	Dieta basal (70%) + milho (30%)	300
12	Dieta basal (70%) + milho (30%)	400
13	Dieta basal (60%) + milho (40%)	Sem enzima
14	Dieta basal (60%) + milho (40%)	200
15	Dieta basal (60%) + milho (40%)	300
16	Dieta basal (60%) + milho (40%)	400

A composição centesimal e calculada das rações referência à base de milho e farelo de soja e do milho utilizado no experimento é apresentada nas Tabelas 7 e 8.

TABELA 7 Composição do milho.

<b>COMPOSIÇÃO ANALISADA*</b>	<b>Milho</b>
Matéria seca (%)	88,00
Proteína bruta (%)	7,82
Extrato etéreo (%)	4,08
Cinzas (%)	0,99
Amido (%)	64,61
Metionina (%) total	0,16
Metionina + cistina (%) total	0,34
Lisina (%) total	0,229
Treonina (%) total	0,28
Triptofano (%) total	0,06
Energia bruta, kcal / kg	3,870
DGM, $\mu\text{m}$	786 (DPG 2,43)

\* composição analisada via NIRS, exceto energia bruta.

TABELA 8 Dietas basais de acordo com as fases.

INGREDIENTES	FASES (dias)		
	1 – 7	14 –21	35 - 42
Milho	52,832	54,032	58,899
Farelo de soja, 45%	38,915	37,116	31,978
Fosfato bicálcico, 18/24	1,993	1,805	1,641
Calcário calcítico, 38%	0,923	0,892	0,895
Sal, NaCl	0,518	0,420	0,357
Anticoccidiano <sup>2</sup>	0,050	0,050	0,050
Promotor de crescimento <sup>3</sup>	0,025	0,025	0,025
Premix vitamínico <sup>4</sup>	0,120	0,100	0,080
Premix mineral <sup>5</sup>	0,050	0,050	0,050
Caulim	1,000	0,320	0,320
DL- metionina 98%	0,299	0,271	0,201
L-lisina HCl 78,4%	0,124	0,091	0,058
L- treonina 99%	0,027	0,028	0,000
Cloreto de colina 70%	0,0343	0,0343	0,0343
Óleo de soja	3,090	4,760	5,406
<b>TOTAL</b>	<b>100,000</b>	<b>100,000</b>	<b>100,000</b>
<b>Composição calculada,</b>			
Energia metabolizável, kcal/kg	2960	3100	3200
Proteína bruta, %	22	21	19
Metionina dig., %	0,604	0,544	0,455
Metionina + cistina dig, %	0,900	0,829	0,720
Lisina dig, %	1,200	1,105	0,960
Treonina dig %	0,780	0,718	0,624
Cálcio, %	0,942	0,890	0,840
Fósforo disponível, %	0,471	0,435	0,400
Sódio, %	0,224	0,185	0,160
Amido, %	38,950	39,510	42,014

<sup>1</sup> Exigência de acordo com recomendações práticas para ave Cobb 500 (*Requirement in accordance with practical recommendations for bird Cobb 500*)

<sup>2</sup> Programa para o anticoccidiano: pré-inicial, inicial, crescimento e final - salinomicina 60 ppm (*Program for the anticoccidial: daily pay-initial, initial, growth and end – salinomicina 60 ppm*).

<sup>3</sup> Promotor de crescimento – pré-inicial, inicial, crescimento e final – colistina 10 ppm (*Growth promoter – daily pay-initial, initial, growth, and colistina 10 ppm*).

<sup>4</sup> Premix vitamínico - Rovimix aves inicial (DSM) - Enriquecimento, por kg de dieta (*Initial rovimix birds (DSM), Enrichment, for kg of the diet*): vit. A - 12.000 UI; vit. D3- 2.500 UI; vit. E - 30 UI; vit. B1 - 2 mg; vit. B6 - 3 mg; pantotenato de cálcio (*pantotenato calcium*) - 10 mg; biotina (*biotin*) - 0,07 mg; vit. k3 - 3 mg; ácido fólico (*folic acid*) - 1 mg; ácido nicotínico (*nicotinico acid*) - 35 mg; bacitracina de zinco (*zinc bacitracin*) - 10 mg; cloreto de colina (*chloride coline*) - 100 mg; vit. B12 - 15 mcg; selênio (*selenium*) - 0,12 mg; BHT - 5 mg.

<sup>5</sup> Premix Mineral - Rologomix aves (DSM) - Enriquecimento, por kg do dieta (*Rologomix birds (DSM), Enrichment, for kg of the diet*): manganês (*manganese*) - 80 mg; ferro (*iron*) - 50 mg; zinco (*zinc*) 50 mg; cobre (*copper*) - 10 mg; cobalto (*cobalt*) - 1 mg; iodo (*iodine*) - 1 mg

Foi utilizado o método tradicional de coleta total de excretas, pelo qual as aves foram mantidas nas gaiolas de metabolismo durante sete dias. Foram adotados quatro dias para adaptação à gaiola e à alimentação e três dias para a coleta de excretas (do 50 ao 70, do 190 ao 210 e do 400 ao 420 dia de idade, respectivamente, para as fases). O período de três dias é menor que o usualmente utilizado neste tipo de experimento, mas é considerado suficiente e confiável, segundo Rodrigues et al. (2005). As rações e as sobras foram pesadas e registradas, respectivamente, no início e no final do período experimental, para a obtenção do consumo de ração no período de avaliação, para posterior realização dos cálculos.

Após o período de adaptação, o início e o final das coletas de excretas foram determinados utilizando-se óxido férrico (1%) na ração como marcador fecal. As coletas foram realizadas duas vezes ao dia, às 8h00 e às 16h30min, com a finalidade de evitar possível fermentação. As excretas coletadas foram acondicionadas em sacos plásticos previamente identificados e armazenados em freezer, à temperatura de -50C, até o período final do experimento. Ao final das coletas, as amostras foram descongeladas, pesadas e homogeneizadas e delas retiradas alíquotas de 200 g para análises laboratoriais posteriores. Essas amostras foram submetidas a uma pré-secagem em estufa de ventilação forçada (550C), durante o período de 72 horas. Posteriormente, foram pesadas, para determinação da matéria seca, a 550C e moídas em moinho tipo faca, com peneiras de 0,5 mm, para a determinação da matéria seca (MS), energia bruta (EB) e nitrogênio (N), segundo metodologia segundo Association of Official Analytical Chemists - AOAC (2000).

As análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório de Pesquisa Animal do DZO/UFLA e foram determinadas as composições dos ingredientes e da ração referência quanto à matéria seca (MS), proteína bruta (PB), energia bruta (EB), extrato etéreo (EE), matéria mineral (MM), cinzas e amido,

conforme metodologia da Association of official analytical chemists - AOAC (2000).

Os valores de energia bruta (EB) dos ingredientes, das rações e das excretas foram determinados utilizando-se bomba calorimétrica (modelo Parr 1261) e expressos em kcal de EB por kg. Foi determinado o diâmetro geométrico médio (DGM) do milho segundo metodologia descrita por Zanotto & Bellaver (1996).

Foram determinados os valores de coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS), coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta (CDAPB), coeficiente de metabolizabilidade da energia bruta (CMEB) e os valores energéticos (energia metabolizável aparente e aparente corrigida para balanço de nitrogênio - EMAn), conforme a descrição das fórmulas no anexo 2.

As variáveis analisadas foram, portanto, EMAn, CMAPB, CMAMS e CMEB. Utilizou-se o pacote estatístico SAS (2001) para análise estatística dos dados. Realizou-se uma análise do conjunto de dados referentes à dieta basal (zero de substituição de milho) com ou sem a presença do complexo enzimático - AG e outra análise referente ao ingrediente milho e às doses do complexo enzimático - AG. Foi utilizado o teste F para verificar possíveis diferenças nos valores determinados das diferentes variáveis (níveis de inclusão e níveis de substituição) e análise de regressão para os níveis de inclusão do complexo enzimático AG e níveis de substituição do milho.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Referente às dietas basais

Os resultados de EMAn, CDAMS e CDAPB estão apresentados na Tabela 9.

TABELA 9 Valores de EMAn (kcal/kg de MS), CDAMS e CDAPB das dietas basais com uso de níveis crescentes de AG, em diversas fases, para frangos de corte e seus respectivos desvios padrões.

Fase (dias)	Níveis de AG (ppm)				CV (%)	Reg	Prob
	0	200	300	400			
<b>Energia metabolizável aparente (kcal/kg MS)</b>							
<b>1-7</b>	3285±42	3367±37	3355±50	3366±46	1,32	Lin <sup>1</sup>	0,011
<b>14-21</b>	3517±81	3605±68	3611±83	3630±62	2,07	ns	0,071
<b>35-42</b>	3433±55	3566±48	3563±18	3571±70	1,46	Lin <sup>2</sup>	0,001
<b>Coefficiente de digestibilidade aparente da matéria seca (%)</b>							
<b>1-7</b>	67,6	69,3	69,7	69,9	1,68	Lin <sup>3</sup>	0,008
<b>14-21</b>	73,5	75,4	76,5	76,1	3,16	ns	0,177
<b>35-42</b>	73,2	75,0	75,0	74,8	1,85	ns	0,098
<b>Coefficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta (%)</b>							
<b>1-7</b>	65,6	66,2	66,4	66,8	2,52	ns	0,65
<b>14-21</b>	72,4	75,8	76,1	75,1	2,53	Q <sup>4</sup>	0,01
<b>35-42</b>	61,4	62,9	62,5	61,8	6,23	ns	0,90

\*ns = não significativo; para a EMAn:

<sup>1</sup> regressão linear,  $y = 3298,22 + 0,200004 x$ ;  $R^2 = 75,16 \%$ ;

<sup>2</sup> Regressão Linear,  $y = 3454,75 + 0,35096 x$ ;  $R^2 = 79,55 \%$ ; Para o CDAMS:

<sup>3</sup> Regressão linear,  $y = 67,75476 + 0,00607 x$ ;  $R^2 = 92,95 \%$ ; para CDAPB:

<sup>4</sup> Regressão quadrática,  $y = 72,36 + 0,0275 x - 0,000051 x^2$ ;  $R^2 = 99,88\%$

Para a EMAn, observou-se efeito significativo ( $P < 0,01$ ) para as fases de 1-7 e 35-42 dias de idade, observando-se efeito linear para ambas as fases. Portanto, o uso de AG para essas fases promove uma melhora significativa linear, não sendo possível inferir sobre o melhor nível de inclusão de AG, uma vez que os efeitos foram lineares. Mas, observou-se, com 400 ppm de AG, um incremento de 81 e 138 kcal/kg para as fases de 1 a 7 e de 35 a 42 dias, respectivamente. Para a fase de 14 a 21 dias, não houve efeito significativo

( $P > 0,07$ ), apesar do incremento de EMAn de 113kcal/kg para o maior nível de suplementação de AG. Independente da fase estudada, houve um incremento na energia metabolizável com o uso de AG. O complexo enzimático AG contém alfa-amilase e beta-glucanase em sua composição. Fazendo-se um paralelo com as dietas utilizadas, observou-se que elas apresentaram 38,95%, 39,50% e 42,01% de amido total, respectivamente, para as fases estudadas, podendo-se inferir, dessa forma, que é importante analisar a relação substrato:enzima para determinar qual e quanto de enzimas pode-se utilizar.

Para o CDAMS, observou-se efeito linear na fase de 1 a 7 dias ( $P < 0,01$ ), com o aumento dos níveis de inclusão do complexo enzimático AG, sendo efetivo em melhorar o aproveitamento da matéria seca da dieta nesta fase. Na primeira semana de vida, a atividade enzimática é limitada, contribuindo para a redução dos processos digestórios (Nir et al., 1993). A capacidade digestiva das aves na primeira semana tem sido alvo de estudos por pesquisadores, pois, nesta fase, a ave se desenvolve rapidamente e suas exigências nutricionais dependem diretamente de sua capacidade digestiva. Portanto, as melhorias na digestibilidade dos nutrientes nessa fase tornam-se essenciais para o desenvolvimento do animal.

Quanto ao CDAPB, observa-se efeito quadrático para fase de 14 a 21 dias ( $P < 0,01$ ), obtendo-se o máximo de digestibilidade com adição de 269 ppm do complexo enzimático AG. A deficiência no aproveitamento dos nutrientes pelas aves leva a um decréscimo dos valores de energia metabolizável das dietas. Resultados mostraram que esses valores são menores, principalmente entre quatro e sete dias de idade dos pintainhos (Murakami et al., 1992; Sulistyanto et al., 1999). Palander et al. (2001), trabalhando com perus de 4, 8 e 12 semanas de idade, verificaram que a digestibilidade ileal aparente da proteína e EM é afetada pela idade, com tendência de piora do coeficiente com o aumento da idade. O uso das enzimas pode melhorar o aproveitamento dos

nutrientes, como as proteínas e indiretamente contribuindo para a melhoria da energia da dieta.

Há poucos estudos sobre a digestibilidade do amido de grãos de cereais não-viscosos (milho e sorgo) para aves. Resultados de trabalhos com técnicas de digestibilidade aparente (coleta total de excretas) e com técnicas de digestibilidade ileal demonstraram que a digestibilidade do amido é alta (Nagashiro, 2007). Entretanto, Zanella et al. (1999) verificaram diferenças na digestibilidade do amido, medida por três técnicas e, embora fosse maior que 90%, a digestibilidade ileal foi a mais baixa (89,3% a 92,2%). Isso significa que alguma fração do amido pode escapar à digestão intestinal e ser fermentada no intestino grosso, formando ácidos graxos voláteis. Embora uma causa clara não tenha sido identificada, foi sugerida a possibilidade de existir uma fração resistente à digestão enzimática ou um possível efeito encapsulador dos PNA insolúveis.

A capacidade das aves de aproveitarem o amido por meio de uma degradação microbiana na parte distal do trato digestivo é muito baixa (Carré, 2004). De acordo com o mesmo autor e Tester et al. (2004), três enzimas estão envolvidas na digestão do amido:  $\alpha$ -amilase, maltase e isomaltase, sendo a maior parte da hidrólise realizada no duodeno por ação da  $\alpha$ -amilase pancreática. Recentemente, o uso de enzimas que melhoram o aproveitamento do amido, e consequentemente da energia da dieta, tem sido foco de muitos estudos em dietas baseadas em milho e/ou sorgo para aves e suínos.

Gracia et al. (2003) verificaram que o uso de  $\alpha$ -amilase suplementada em rações permitiu melhor desempenho e melhoria na digestibilidade do amido e incrementos nos conteúdos de energia metabolizável de rações à base de milho e farelo de soja, bem como reduzir o peso relativo do proventrículo, moela, pâncreas, fígado e intestino delgado.

## 5.2 Referentes ao ingrediente milho

Os resultados da fase de 1 a 7 dias, CDAMS, CDAPB, EMAn e CMEB, estão apresentados na Tabela 10.

TABELA 10 Coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS), da proteína bruta (CDAPB), de metabolizabilidade da energia bruta (CMEB) e energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn), em diferentes níveis de substituição do milho e inclusão de AG, para frangos de corte na fase de 1 a 7 dias de idade e seus respectivos desvios padrões.

S - Níveis de substituição %	N - Níveis de inclusão de AG (ppm)*				Média	
	0	200	300	400		
<b>CDAMS, %</b>						
20	80,48	80,40	79,87	80,62	<b>80,51</b>	
30	80,51	80,61	80,79	81,05	<b>80,57</b>	
40	80,70	82,03	81,51	82,08	<b>81,58</b>	
<b>Média</b>	<b>80,56</b>	<b>81,01</b>	<b>80,72</b>	<b>81,25</b>		
<b>CDAPB, %</b>						
20	66,30	67,27	67,68	69,20	<b>67,61</b>	
30	64,21	63,88	65,11	66,59	<b>64,95</b>	
40	60,97	60,81	62,61	63,66	<b>62,01</b>	
<b>Média</b>	<b>63,83</b>	<b>63,99</b>	<b>65,13</b>	<b>66,48</b>		
<b>EMAn, kcal/kg de MS</b>						
20	3392±63	3439±44	3487±114	3526±10 2	<b>3461</b>	
30	3419±67	3477±112	3486±82	3530±71	<b>3478</b>	
40	3425±52	3509±132	3577±43	3617±49	<b>3533</b>	
<b>Média</b>	<b>3413</b>	<b>3475</b>	<b>3517</b>	<b>3558</b>		
<b>CMEB, %</b>						
20	76,29	78,91	80,01	80,69	<b>79,04</b>	
30	76,88	79,79	80,02	80,93	<b>79,42</b>	
40	77,01	80,55	82,11	81,00	<b>80,09</b>	
<b>Média</b>	<b>76,73</b>	<b>79,75</b>	<b>80,71</b>	<b>80,87</b>		
<b>Probabilidade</b>						
	CV %	N	S	N*S	Reg N*	Reg S**
<b>CDAMS</b>	1,69	0,446	0,013	0,696	ns	Lin <sup>1</sup>
<b>CDAPB</b>	8,12	0,407	0,002	0,999	ns	Lin <sup>2</sup>
<b>EMAn</b>	2,32	0,010	0,010	ns	Lin <sup>3</sup>	Lin <sup>4</sup>
<b>CMEB</b>	2,36	0,010	0,152	0,679	Lin <sup>5</sup>	ns

\*Regressão para Nível de inclusão do complexo AG – Reg.N, significativa com P<0,01;

\*\* Regressão para Nível de substituição – Reg.S, significativa com P<0,01; ns – não significativo

<sup>1</sup> Regressão linear  $y = 79,377986 + 0,050396x$ ;  $R^2 = 70,12\%$

<sup>2</sup> Regressão linear  $y = 73,265069 - 0,280104x$ ;  $R^2 = 99,92\%$

<sup>3</sup> Regressão linear  $y = 3409,21 + 0,3622x$ ;  $R^2 = 99,42\%$ ;

<sup>4</sup> Regressão linear  $y = 3383,93 + 3,5595x$ ;  $R^2 = 91,52\%$ ;

<sup>5</sup> Regressão linear  $y = 77,079413 + 0,010844x$ ;  $R^2 = 92,68\%$

Para a fase de 1 a 7 dias, o CDAMS do milho foi influenciado somente pelo nível de substituição ( $P < 0,05$ ), sendo observado efeito linear na digestibilidade da matéria seca. Portanto, o aumento linear da inclusão de milho favoreceu o aumento da digestibilidade da matéria seca

Quanto à EMAn, houve influencia nos valores, tanto pelo nível de substituição quanto pelo de inclusão do complexo enzimático. À medida que se aumentou o nível de inclusão e o nível do complexo enzimático, houve aumento linear ( $P < 0,05$ ) nos valores de EMAn. Estes resultados indicam que, ao aumentar os níveis de substituição do milho na dieta basal, houve incremento no ingrediente milho, resultando em maiores teores de amido na ração final. Também, os efeitos com o aumento da inclusão do complexo enzimático sobre a EMAn indicam que, na presença de maior quantidade de substrato, eles são mais significativos. De qualquer forma, o complexo enzimático foi efetivo em elevar o conteúdo de energia do milho, mesmo no nível menor de inclusão do complexo enzimático, quando comparado com a dieta sem enzima.

O efeito linear do uso complexo enzimático indicou uma melhora da EMAn do milho em 145 kcal, representando um aumento de 4,24% da EMAn.

Para o CDAPB, verificou-se influência linear do nível de inclusão do milho à dieta basal. À medida que houve elevação da substituição da dieta basal pelo milho, houve redução na digestibilidade da proteína bruta desse ingrediente. A baixa produção enzimática, atrelada ao desequilíbrio de aminoácidos, pode ter contribuído pelo decréscimo da digestibilidade da proteína, uma vez que, nessa fase, o aporte de aminoácidos é essencial, devido, principalmente, ao seu rápido crescimento.

Em relação ao CMEB, verifica-se que a inclusão do complexo enzimático afetou a digestibilidade da energia do milho. O aumento nos níveis do complexo enzimático permitiu maior aproveitamento de energia do grão, chegando a um incremento médio de 5,4% (76,73 vs 80,87).

Portanto, a metodologia tradicional de substituição (Matterson, 1965) sugere um nível de 40% de substituição dieta basal pelo milho. Contudo, observou-se que esse alto nível de substituição afetou negativamente o CDAPB e positivamente a EMAn, podendo influenciar os dados reais de avaliação do milho e, principalmente, dos efeitos das enzimas sobre o mesmo. Nessa idade inicial, vários fatores podem influenciar o aproveitamento dos nutrientes. A atividade enzimática é um dos fatores que podem contribuir para a redução dos níveis de substituição de 40% para 20%. Contudo, autores como Nir et al. (1993) mencionam que a atividade enzimática do pâncreas e o conteúdo intestinal são muito baixos depois da eclosão, aumentando com a idade, sendo maior em frangos de corte do que em poedeiras. Devido à correlação negativa entre ingestão de alimentos e retenção de nutrientes, parece haver limitação nos processos digestivos de pintos durante a primeira semana (Mahagna et al., 1995). Com a intenção de superar essas limitações, tem-se estudado inclusão de enzimas nas dietas iniciais de frangos de corte, visando a auxiliar a ação das enzimas endógenas produzidas pelo pâncreas e intestino.

As enzimas digestivas estão presentes no trato digestório da ave jovem, no entanto, a presença de substrato parece induzir a uma maior produção de enzimas. Sendo assim, a atividade das enzimas digestivas, tanto pancreáticas quanto de membrana, aumenta com idade da ave, atingindo níveis mais elevados, em média, aos 10 dias de idade, em frangos de corte.

A maior diferença nos valores de EM dos ingredientes em função da idade das aves se deve à baixa eficiência das aves jovens em digerir as gorduras presentes nas rações. A deficiência secreção de lipase e de sais biliares, os quais atuam diretamente na digestão e na absorção de lipídeos, pode estar ligada a este fato (Sell et al., 1986; Fisher & McNab, 1989).

Comparando-se o valor médio de 3.413 kcal/kg de EMAn, expressos na base de matéria seca (MS), com o valor de 3.563 kcal/kg, encontrados por Kato

(2005), verifica-se uma diferença de 150 kcal/kg, o que representa um valor de 4,39% inferior. Contudo, Nir (1998) encontrou 3.244 kcal de EMAn/kg na primeira semana de idade, evidenciando que vários fatores podem influenciar a EMAn do milho e técnicas para amenizar essa diferença devem ser utilizadas. O uso das enzimas melhoraram em 145 kcal/kg a energia do milho e pode contribuir para melhorar a EMAn dos milhos utilizados na avicultura, reduzindo a variação e os fatores que influenciam na energia.

#### **Fase de 14 a 21 dias**

Os resultados da fase de 14 a 21 dias de CDAMS, CDAPB, EMAn e CMEB, estão apresentados na tabela 11.

TABELA 11 Coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS), da proteína bruta (CDAPB), de metabolizabilidade da energia bruta (CMEB) e energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn), em diferentes níveis de substituição do milho e inclusão de AG, para frangos de corte na fase de 14 a 21 dias de idade e seus respectivos desvios padrões.

S - Níveis de substituição %	N - Níveis de inclusão de AG (ppm)*				Média	
	0	200	300	400		
<b>CDAMS %</b>						
20	81,75	84,47	85,30	85,84	<b>84,34</b>	
30	83,08	86,74	87,33	88,75	<b>86,48</b>	
40	83,96	88,26	88,52	88,79	<b>87,37</b>	
<b>Média</b>	<b>82,93</b>	<b>86,50</b>	<b>87,05</b>	<b>87,8</b>		
<b>CDAPB %</b>						
20	70,36	70,22	71,12	72,55	<b>71,06</b>	
30	65,47	66,39	68,00	68,03	<b>66,98</b>	
40	64,40	66,62	65,15	65,95	<b>65,50</b>	
<b>Média</b>	<b>66,74</b>	<b>67,74</b>	<b>68,09</b>	<b>68,84</b>		
<b>EMAn kcal/kg de MS</b>						
20	3606±62	3727±82	3769±23	3787±77	<b>3722</b>	
30	3651±58	3783±59	3827±61	3849±92	<b>3778</b>	
40	3698±94	3828±76	3841±88	3859±58	<b>3806</b>	
<b>Média</b>	<b>3652</b>	<b>3779</b>	<b>3812</b>	<b>3832</b>		
<b>CMEB %</b>						
20	81,08	83,81	84,75	85,16	<b>83,70</b>	
30	82,11	85,08	86,06	86,56	<b>84,95</b>	
40	83,11	86,07	86,37	86,56	<b>85,59</b>	
<b>Média</b>	<b>82,11</b>	<b>84,98</b>	<b>85,72</b>	<b>86,16</b>		
<b>Probabilidade</b>						
	CV %	N	S	N*S	Reg N*	Reg S**
<b>CDAMS</b>	2,22	0,01	0,01	0,8979	Lin <sup>1</sup>	Lin <sup>2</sup>
<b>CDAPB</b>	9,23	0,7899	0,0095	0,9956	ns	Lin <sup>3</sup>
<b>EMAn</b>	1,92	0,01	0,01	ns	Lin <sup>5</sup>	Lin <sup>6</sup>
<b>CMEB</b>	1,92	0,01	0,01	0,9929	Lin <sup>7</sup>	Lin <sup>8</sup>

\*Regressão para nível de inclusão do complexo AG – Reg.N, significativa com P<0,01; \*\*

Regressão para nível de substituição – Reg.S, significativa com P<0,01; ns – não significativo

<sup>1</sup>Regressão linear -  $y = 83,314397 + 0,012235 X$   $R^2 = 93,85$ ;

<sup>2</sup>Regressão linear -  $y = 81,516111 + 0,151708 X$   $R^2 = 94,57$

<sup>3</sup>Regressão linear  $y = 76,158472 - 0,276625 X$   $R^2 = 92,92$

<sup>5</sup>Regressão linear  $y = 3665,06 + 0,4610 x$   $R^2 = 94,59\%$ ;

<sup>6</sup>Regressão linear  $y = 3642,75 + 4,2013 x$   $R^2 = 96,65\%$ ;

<sup>7</sup>Regressão linear  $y = 82,417651 + 0,010365 X$   $R^2 = 94,58$

<sup>8</sup>Regressão linear  $y = 81,916597 + 0,094437 X$   $R^2 = 96,64$

Com relação ao CDAMS, verificaram-se efeitos significativos ( $P < 0,05$ ) tanto dos níveis de inclusão do complexo enzimático como de substituição de parte da dieta referência por milho. À medida que se elevaram os níveis de inclusão do complexo enzimático, houve incremento linear ( $P < 0,01$ ) no CDAMS (82,93 vs 87,8), representando um aumento no aproveitamento da matéria seca de 5,87%. Isso demonstra que o nível de 400 ppm do complexo enzimático AG foi efetivo em melhorar o aproveitamento da matéria seca, sugerindo que níveis maiores devem ser testados para mensurar o nível de inclusão que represente o melhor aproveitamento da matéria seca do milho. O aumento da inclusão do milho à dieta basal (nível de substituição) afetou linearmente ( $P < 0,01$ ) o CDAMS (81,75 vs 83,96).

Com relação ao CDAPB, houve efeito linear decrescente dos níveis de inclusão do milho ( $P < 0,05$ ), passando de 70,36% para 64,40% de digestibilidade da proteína com o aumento de 20% para 40% na inclusão do milho. Esse efeito também foi notado na fase anterior, sugerindo que o desbalanço aminoacídico, independentemente da fase, causa redução no aproveitamento da proteína da dieta.

Foram observados efeitos lineares ( $P < 0,01$ ) nos valores determinados de EMAn para inclusão do complexo enzimático e níveis de substituição do milho. Estes valores confirmam os efeitos significativos da melhoria no aproveitamento da matéria seca. Houve aumento médio nos valores de EMAn, atrelado ao aumento da inclusão do complexo enzimático de 4,93%, significando um incremento de 180 kcal/kg, para essa fase. O aumento da inclusão de milho de 20% para 40% resultou no incremento de 84 kcal/kg.

Quanto ao CMEB, os resultados mostraram efeito linear ( $P < 0,05$ ), tanto dos níveis de inclusão da enzima como nos níveis de substituição. Houve aumento nesse coeficiente à medida que se elevou o nível de inclusão da enzima,

bem como nos níveis de substituição. O incremento médio de energia foi de 4,93% nos valores de CMEB.

Nessa fase (14 a 21 dias de idade), as aves já se encontram com o aparelho digestório completo desenvolvido. As enzimas digestivas estão presentes no trato digestório da ave jovem, no entanto, a presença de substrato parece induzir uma maior produção de enzimas. Sendo assim, a atividade das enzimas digestivas, tanto pancreáticas quanto de membrana, aumentam com idade da ave, atingindo níveis mais elevados, em média, aos 10 dias de idade, em frangos de corte.

A atividade enzimática da mucosa por massa intestinal está muito correlacionada com o número de enterócitos por vilosidade, em todas as regiões do intestino, após dois dias de idade. A atividade das enzimas digestivas (unidade/kg p.v.), medida no pâncreas e no conteúdo intestinal, aumentam com a idade, sendo os valores máximos no pâncreas obtidos no 80 dia para amilase e lipase e no 110 dia para tripsina e quimiotripsina (Nitsan et al., 1991). Portanto, com o aparelho digestório completo, as aves atingem seu potencial de digestão e absorção dos nutrientes da dieta. Contudo, alguns fatores, como o excesso de substrato ou particularidades dele, resultam em redução no aproveitamento dos nutrientes do milho, sendo o uso de enzimas fundamental para melhoria no aproveitamento do milho.

#### **Fase de 35 a 42 dias**

Os resultados da fase de 35 a 42 dias, de CDAMS, CDAPB, EMAn e CMEB, estão apresentados na Tabela 12.

TABELA 12 Coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS), da proteína bruta (CDAPB), de metabolizabilidade da energia bruta (CMEB) e energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn), em diferentes níveis de substituição do milho e inclusão de AG, para frangos de corte na fase de 35 a 42 dias de idade e seus respectivos desvios padrões.

S - Níveis de substituição, %	N - Níveis de inclusão de AG (ppm)*				Média	
	0	200	300	400		
<b>CDAMS, %</b>						
20	79,68	85,24	87,04	90,12	<b>85,52</b>	
30	80,39	86,65	87,61	91,04	<b>86,42</b>	
40	82,84	86,80	90,26	91,65	<b>87,89</b>	
<b>Média</b>	<b>80,97</b>	<b>86,23</b>	<b>88,94</b>	<b>90,94</b>		
<b>CDAPB, %</b>						
20	59,40	62,23	63,39	66,36	<b>62,85</b>	
30	57,89	57,87	62,06	64,90	<b>60,71</b>	
40	44,86	48,61	56,56	57,48	<b>51,88</b>	
<b>Média</b>	<b>54,08</b>	<b>56,24</b>	<b>60,67</b>	<b>62,91</b>		
<b>EMAn, kcal/kg de MS</b>						
20	3655±65	3792±62	3828±117	3881±99	<b>3789</b>	
30	3667±50	3823±90	3874±66	3981±81	<b>3836</b>	
40	3656±45	3823±67	3880±66	4008±72	<b>3842</b>	
<b>Média</b>	<b>3659</b>	<b>3813</b>	<b>3860</b>	<b>3956</b>		
<b>CMEB, %</b>						
20	82,16	85,16	86,16	87,33	<b>85,21</b>	
30	82,33	86,16	87,16	89,50	<b>86,29</b>	
40	82,16	86,00	87,33	90,33	<b>86,46</b>	
<b>Média</b>	<b>82,22</b>	<b>85,77</b>	<b>86,88</b>	<b>89,05</b>		
<b>Probabilidade</b>						
	<b>CV %</b>	<b>N</b>	<b>S</b>	<b>N*S</b>	<b>Reg N*</b>	<b>Reg S**</b>
<b>CDAMS</b>	3,78	0,001	0,047	0,958	Lin <sup>1</sup>	Lin <sup>2</sup>
<b>CDAPB</b>	15,54	0,019	0,001	0,924	Lin <sup>3</sup>	Lin <sup>4</sup>
<b>EMAn</b>	2,00	0,010	0,040	0,657	Lin <sup>5</sup>	Lin <sup>6</sup>
<b>CMEB</b>	1,95	0,001	0,024	0,505	Lin <sup>7</sup>	Lin <sup>8</sup>

\*Regressão para nível de inclusão do complexo AG – Reg.N, significativa com P<0,01;

\*\* Regressão para nível de substituição – Reg.S, significativa com P<0,01;

<sup>1</sup> Regressão linear y = 81,051794 + 0,024719x; R<sup>2</sup>= 99,83;

<sup>2</sup> Regressão linear y = 83,062847 + 0,118354x; R<sup>2</sup>= 98,17;

<sup>3</sup> Regressão linear y = 53,370667 + 0,022704x; R<sup>2</sup> = 92,31;

<sup>4</sup> Regressão linear y = 74, 932292 – 0,548438x; R<sup>2</sup> = 88,98;

<sup>5</sup> Regressão linear y = 3659,71 + 0,7226 x; R<sup>2</sup>= 99,14%;

<sup>6</sup> Regressão linear y = 3743,23 + 2,6354 x; R<sup>2</sup>= 82,62%;

<sup>7</sup> Regressão linear y = 82,239683 + 0,016651x; R<sup>2</sup> = 99,23;

<sup>8</sup> Regressão linear y = 84,111111 + 0,0625x; R<sup>2</sup> = 84,80.

Observaram-se melhoras significativas ( $P < 0,05$ ) para o CDAMS, quanto aos níveis de substituição de milho e aos níveis do complexo enzimático. Houve um efeito linear crescente ( $P < 0,05$ ) dos níveis de inclusão de milho, possivelmente devido ao aumento de substrato e ao desbalanço da dieta, resultando em 2,77% de aumento no CDAMS (85,52 vs 87,89). Quanto aos níveis do complexo enzimático, observou-se efeito linear crescente ( $P < 0,05$ ), obtendo-se melhoras no CDAMS com o aumento do complexo enzimático, podendo as diferenças chegar a até 9,97% de melhora com o uso de 400 ppm do complexo enzimático.

Para o CDAPB, foram observados efeitos lineares ( $P < 0,05$ ) para o nível de substituição do milho e para os níveis do complexo enzimático. Observou-se efeito linear crescente do CDAPB ( $P < 0,05$ ) com o aumento crescente da inclusão do complexo enzimático. Portanto, uma melhora no aproveitamento da proteína do milho de 16,32% (54,08 vs 62,91) pode ser consequência da melhor atuação das enzimas endógenas na quebra da matriz proteica que reveste o grânulo de amido, principalmente devido ao aumento do CDAMS e da EM do milho, uma vez que a molécula de amido é revestida por uma matriz proteica e sua quebra pode melhorar esses parâmetros. Contudo, uma melhora de até 16,33% do CDAPB pode ser pouco significativa, do ponto de vista proteico, uma vez que o milho contribui, nessa fase, com, aproximadamente, 20% da proteína da dieta. Mas, essa melhora pode significar a quebra de fatores que poderiam interferir na digestibilidade de outros nutrientes.

Quanto ao nível de substituição do milho, foi observado efeito linear decrescente ( $P < 0,05$ ), com redução de 17,45% do CDAPB (62,85 vs 51,88). Contudo, o desbalanço da dieta pelo aumento da inclusão de milho pode ter propiciado esse efeito negativo no CDAPB. Uma vez que as aves têm como prioridade o atendimento da demanda energética esta variável pode ter sofrido mais com o desbalanço da dieta.

Quanto aos dados de EMAn, descritos na Tabela 7, observa-se efeito linear ( $P < 0,01$ ) para os níveis de inclusão de milho e do complexo enzimático.

Para os níveis de inclusão de milho, observa-se efeito linear crescente ( $P < 0,05$ ) na melhora da EMAn em 1,39%, o que pode ser explicado pelo aumento na digestibilidade crescente da matéria seca. Atrelado a isso, está o desbalanço proporcionado pelo aumento da inclusão de milho. Quanto aos níveis do complexo enzimático, observa-se efeito linear crescente ( $P < 0,05$ ) da melhora da EMAn em 8,11%. Essa melhora foi proporcionada, principalmente, pela relação substrato: enzima que favoreceu a atuação da inclusão de enzimas na dieta, propiciando aumento de 154 a 297 kcal/kg de MS do milho, o que torna uma alternativa importante na economia de energia nas dietas à base de milho.

Comparando-se o valor médio de 3.659 kcal/kg MS de EMAn para o milho com o valor de 3.881 kcal/kg referenciado nas tabelas brasileiras (Rostagno, 2005) e de 3.754 kcal/kg de MS (kato, 2005), verifica-se redução na diferença de 222 e 95 kcal/kg, respectivamente. Comparando-se com os valores encontrados com o uso de 400 ppm do complexo enzimático (3.956 kcal/kg de MS), observa-se valor superior aos dos demais autores, indicando que o complexo enzimático foi efetivo em melhorar o aproveitamento da EMAn do milho.

Contudo, esses resultados foram mais expressivos na fase final de criação, mostrando que o frango de corte, atualmente, tem problemas em metabolizar os nutrientes nesta fase, sendo uma alternativa o uso de enzimas nesse momento. A melhora linear da EMAn reflete o CMEB, em que se observa efeito linear para os níveis de inclusão de milho e do complexo enzimático. Dados da literatura referem-se a CMEB próximos de 82% a 85%, contudo, o uso de enzimas (principalmente amilase) propicia aumentos de até 8,31% no CMEB, representando uma melhora de energia expressiva para o milho, contribuindo para minimizar o seu impacto no preço da dieta

A variação observada nos valores de EMAn com o aumento da idade demonstra o aumento da digestibilidade com este aumento (Shires et al., 1980). Esse aumento da digestibilidade dos ingredientes pode estar relacionado a uma diminuição na taxa de passagem dos mesmos pelo trato digestivo. No caso de aves mais velhas, devido a um maior trato digestório, o ingrediente permanece mais tempo no trato, estando mais tempo exposta à adição de enzimas e de secreções gástricas (Shires et al., 1980; Burnell et al., 1990).

Nas fases finas da vida da ave, nos deparamos com o uso de maiores proporções de milho e menores de farelo de soja, mudando o perfil dessa dietas, principalmente no tocante aos fatores que influenciam a viscosidade intestinal e maiores teores de amido. Kato (2005) relatou uma diminuição no aproveitamento da EM dos alimentos e uma redução no tempo de retenção, o que contradiz vários pesquisadores que afirmam que a EM aumenta com a idade. Outro fato interessante na fase final de vida é observado se for considerada a conversão alimentar. Já foi demonstrado que os melhores índices de conversão alimentar são alcançados próximo ao 32º dia de vida da ave, conseqüentemente piorando com o avançar da idade. Um fator que pode influenciar esse parâmetro, sem dúvida, é o consumo de ração, principalmente por apresentar um aumento do consumo maior que a capacidade de metabolizá-lo, sendo as aves hiperfágicas, abrindo um leque de oportunidade para o gerenciamento de enzimas para atuar nessa fase.

Segundo Zanella et al. (1999), a digestibilidade ileal do amido em aves com 37 dias de idade é de 87%, em dietas à base milho e farelo de soja. Se for atrelado o excesso de substrato com a estagnada digestibilidade do amido a partir de 37º dias de idade, pode-se chegar à conclusão de que, na fase final de criação, o uso de amilase é uma ferramenta interessante para melhorar a digestibilidade dos nutrientes. Portanto, o uso de enzimas tem que ser

conscientemente atrelado a vários fatores, entre eles a idade, e seu uso está diretamente relacionado à relação substrato:enzima.

## 6 CONCLUSÃO

Com base nos dados acerca das diversas fases de criação, pode-se concluir que:

- . a avaliação de enzimas ou complexos enzimáticos pela técnica de substituição do ingrediente teste apresentou diferentes diferenciais, dependendo do nível de substituição de milho e da idade das aves;

- . o uso do complexo enzimático AG foi efetivo em melhorar a EMAn do milho nas diversas fases de criação, sendo os efeitos mais pronunciados com o avançar da idade;

- . o desequilíbrio provocado pela substituição do milho na dieta basal afetou negativamente o CDAPB, não sendo recomendado para avaliar esse parâmetro.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of Association of Official Analytical Chemists**. 17. ed. Gaithersburg, 2000. v. 2.

BURNELL, T. W.; CROMWELL, G. L.; STAHLY, T. S. Effects of particle size on the biological availability of calcium and phosphorus in defluorinated phosphate for chicks. **Poultry Science**, Champaign, v. 69, n. 7, p. 1110-1117, July 1990.

CARRE, B. Causes for variation in digestibility of starch among feedstuffs. **World's Poultry Science Journal**, Ithaca, v. 60, n. 1, p. 76-89, Mar. 2004.

COBB. **Manual de manejo de frangos Cobb 500**: guia de manejo. São Paulo: Cobb-Vantress Brasil, 2004, 47p.

FISCHER, C.; MCNAB, J. M. Techniques for determining the metabolizable energy content of poultry feeds. In: COLE, D. J. A.; HARESING, W. (Ed.). **Recent developments in poultry nutrition**. London: Butterworths, 1989. p. 54-69.

GRACIA, M. L.; ARANÍBAR, M. J.; LÁZARO, R.; MEDEL, P.; MATEOS, G. G.  $\alpha$ -Amylase supplementation of broiler diets based on corn. **Poultry Science**, Champaign, v. 82, n. 3, p. 436-442, Mar. 2003.

KATO, R. K. **Energia metabolizável de alguns ingredientes para frangos de corte em diferentes idades**. 2005. 96 p. Tese (Doutorado em Nutrição de Monogástricos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

MAHAGNA, M.; NIR, I.; LARBIER, M. Effect of age and exogenous amylase and protease on development of the digestive tract, pancreatic enzyme activities and digestibility of nutrients in young meat-type chicks. **Reproduction, Nutrition, Development**, Paris, v. 35, n. 2, p. 201-212, 1995.

MATTERSON, L. D.; POTTER, L. M.; STUTZ, N. W.; SINGSEN, E. P. **The metabolizable energy of feeds ingredients for chickens**. Connecticut: The University of Connecticut, 1965. 11p. (Research Report, 7).

MURAKAMI, H.; AKIBA, Y.; HORIGUCHI, M. Growth and utilization of nutrients in newly-hatched chick with or without removal of residual yolk. **Growth, Development and Aging**, Lakeland, v. 56, n. 2, p. 75-84, Summer 1992.

NAGASHIRO, C. Enzimas en la nutrición de aves. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 25., 2007, Santos. **Anais...** Santos: Facta, 2007. p. 309-328.

NIR, I. Mecanismos de digestão e absorção de nutrientes durante a primeira semana. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 1998, Campinas. **Anais...** Campinas: FACTA, 1998. p. 81-91.

NIR, I.; NITSAN, Z.; MAHAGMA, M. Comparative growth and development of the digestive organs and some enzymes in the broiler chicks and egg type chicks after hatching. **British Poultry Science**, London, v. 34, n. 3, p. 523-532, July 1993.

NITSAN, Z.; BEM-AVRAHAM, G.; ZOREF, Z. Growth and development of the digestive organs and some enzymes in broiler chicks after hatching. **British Poultry Science**, London, v. 32, n. 3, p. 515-523, July 1991.

PALANDER, S. P.; NSI, J. M.; JRVINEN, S. S. Effect of age of growing turkeys on digesta viscosity and nutrient digestibility of maize, wheat, barley and oats fed as such or with enzyme supplementation. **Archives of Animal Nutrition**, Montreaux, v. 59, n. 3, p. 191-203, June 2001.

RODRIGUES, P. B.; ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; GOMES, P. C.; SANTANA, R. T.; NUNES, R. V. Aminoácidos digestíveis verdadeiros da soja e subprodutos, determinados com galos cecectomizados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 31, n. 2, p. 970-981, abr. 2002.

ROSTAGNO, H. S. **Tabelas brasileiras para aves e suínos**: composição de ingredientes e exigências nutricionais. Viçosa, MG: UFV, 2005. 186p.

SAS INSTITUTE INC. **The SAS system for windows**: release 8.02. Cary, 2001.

SELL, J. L.; KRODGAHL, A.; HANYU, N. Influence of age in utilization of supplemental fast by young turkeys. **Poultry Science**, Savoy, v. 65, n. 3, p. 546-554, Mar. 1986.

SHIRES, A.; ROBBLEE, A. R.; HARDIN, R. T.; CLANDININ, D. R. Effect of the age of chickens on true metabolizable energy values of feed ingredients. **Poultry Science**, Champaign, v. 59, n. 2, p. 396-403, Mar. 1980.

SULISTIYANTO, B.; AKIBA, Y.; SATOH, K. Energy utilization of Carbohydrates, fat and protein sources in newly hatched broiler chicks. **British Poultry Science**, London, v. 40, p. 653-659, 1999.

TESTER, R. F.; KARKALAS, I.; QI, X. Starch structure and digestibility Enzyme-substrate relationship. **World's Poultry Science Journal**, Ithaca, v. 60, n. 2, p. 186-195, June 2004.

ZANELLA, I.; SAKOMURA, N. K.; SILVERSIDES, F. G.; FIGUEIREDO, A.; PACK, M. Effect of enzyme supplementation of broiler diets based on maize and soybeans. **Poultry Science**, Champaign, v. 78, n. 4, p. 561-568, Apr. 1999.

ZANOTTO, D. L.; BELLAVER, C. **Método de determinação da granulometria de ingredientes para o uso em rações de suínos e aves**. Brasília: Embrapa Suínos e Aves, 1996. (Comunicado Técnico, CT/215).

## **CAPÍTULO 4**

### **AVALIAÇÃO DE NÍVEIS DE INCLUSÃO DE ENZIMAS E SUBSTITUIÇÃO DO SORGO SOBRE A DIGESTIBILIDADE DOS NUTRIENTES PARA AVES**

## 1 RESUMO

O sorgo é um ingrediente alternativo ao milho, em dietas de aves. Sua utilização está relacionada, principalmente, às regiões de clima seco em que é produzido, contudo, devido às suas características, o uso de enzimas pode contribuir para melhorar seu aproveitamento. O presente estudo foi realizado com o objetivo de avaliar os efeitos dos níveis de substituição do sorgo e de suplementação de um complexo enzimático sobre a energia metabolizável e o coeficiente de digestibilidade dos nutrientes do sorgo para frangos de corte. O trabalho foi dividido em três fases: pré-inicial (1-7), inicial (14-21) e final (35-42), em ensaios metabólicos. Foram utilizados pintos de corte machos Cobb-500, alojadas em 72 gaiolas. Avaliaram-se três dietas com diferentes proporções de sorgo em substituição (0%, 20% e 40%) a uma dieta basal formulada de acordo com o manual da linhagem (sorgo e farelo de soja com correção para a suplementação de vitaminas e microminerais), associadas a quatro níveis de suplementação do complexo enzimático, zero, 200, 300 e 400 ppm. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com 12 tratamentos e 6 repetições. As variáveis analisadas foram a energia metabolizável aparente corrigida para balanço de nitrogênio (EMAn) e os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS), da proteína bruta (CDAPB) e de metabolização da energia bruta (CMEB). Utilizou-se o pacote estatístico SISVAR (2), conforme procedimento para análise estatística dos dados. De forma generalizada, para a fase de 1 a 7 dias de idade, observaram-se efeitos significativos para o nível de substituição para todas as variáveis analisadas, tendo o nível de substituição de 20% apresentado valores maiores que o nível de 40% de substituição. Para a fase de 14 a 21 dias de idade, observaram-se efeitos sobre a EMAn, tendo o nível de substituição de 20% apresentado valores superiores ao de 40%. A inclusão do complexo enzimático provocou efeito linear sobre a EMAn do sorgo. Para o CMEB, foi observado efeito significativo no nível de substituição, tendo o nível de 20% promovido melhor aproveitamento da energia, quando comparado com o de 40% de substituição. Para a fase de 35 a 42 dias de idade, observaram-se efeitos do nível de substituição no CDAMS, EMAn e CMEB, tendo o nível de 20% apresentado maiores valores quando correlacionados a 40% de substituição. Concluiu-se que o uso do nível de substituição de 20% interfere menos nos valores de digestibilidade do sorgo. A utilização do complexo enzimático contendo alfa-amilase e beta-glucanase melhorou o aproveitamento do sorgo, resultando em incremento de energia.

## 2 ABSTRACT

Sorghum is an alternate-ingredient maize in diets of birds, their use is mainly related to the dry climates that produce it, however due to its characteristics the use of enzymes can improve their utilization. This study aimed to evaluate the effects of different levels of substitution of sorghum and supplementation of an enzyme complex on the metabolizable energy and digestibility of nutrients in sorghum for broilers. The work was divided into three phases: pre-starter (1-7), initial (14-21) and final (35-42) in metabolic testing. We used chicks Cobb-500, being housed in 72 cages with feeders and drinkers individualized. We evaluated 3 diets with different proportions of sorghum to replace (0, 20 and 40%) to a basal diet formulated according to the manual line (sorghum and soybean meal with correction for supplemental vitamins and trace minerals) associated with four supplementation levels of the enzyme complex, zero, 200, 300 and 400 ppm. A completely randomized design with 12 treatments and 6 replications. The variables analyzed were the apparent metabolizable energy corrected for nitrogen balance (AME) and apparent digestibility of dry matter (excreta), crude protein (CADCP) and apparent metabolizable energy (MCEC). We used the statistical package SISVAR (2) according to the procedure for statistical analysis. More generally, for the 1 to 7 days old, showed significant effects on the rate of replacement for all variables, and the replacement level of 20% had values greater than the level of 40% replacement. For the period from 14 to 21 days of age, observed effects on the AME, and the replacement level of 20% had values above the level of 40%. The inclusion of the enzyme complex obtained linear effect on AME of sorghum. For the MCEC was no significant effect on the level of replacement, and the level of 20% obtained better use of energy compared with 40% replacement. For the period from 35 to 42 days of age effects were observed, the replacement level in excreta, MCEC and AME, and the level of 20% showed higher values when correlated with 40% replacement. The AME and MCEC sorghum showed linear effects when using increasing levels of the enzyme complex. It is concluded that the use of the replacement level of 20% interferes less in the digestibility of sorghum. The use of the enzyme complex containing alpha-amylase and beta-glucanase effect is to improve the utilization of sorghum resulting in increased energy.

### 3 INTRODUÇÃO

O principal componente das rações de aves e suínos é o milho, cujo custo tem sido um dos grandes problemas enfrentados pelos criadores. A crescente procura por este cereal para a alimentação humana, aliada a produções limitadas em determinados anos, tem levado diversos produtores a tentarem utilizar alimentos alternativos na alimentação animal. Nesse particular, o sorgo, por suas características nutricionais, tem sido pesquisado como sucedâneo do milho, principalmente nas regiões semiáridas e tropicais, onde a cultura btém melhor rendimento de nutrientes por unidade de terra. Neste trabalho são apresentadas recomendações para o uso do grão de sorgo na alimentação de aves e suínos, dando ênfase à substituição total ou parcial nas rações de cereais caros, como o milho, buscando, como consequência, uma diminuição nos custos das mesmas.

Os nutricionistas atualmente reconhecem, dentro de certos limites, que as exigências nutricionais dos animais são por nutrientes (aminoácidos, cálcio, etc.) e não por determinados alimentos. Este conceito está baseado no fato de que os alimentos possuem nutrientes e que a combinação desses alimentos é feita para se obter o melhor balanço possível da dieta. O grão de sorgo contém compostos fenólicos, como ácidos fenólicos, flavonoides e taninos, sendo os dois primeiros inócuos aos animais. Já os taninos estão concentrados na testa da semente e formam complexos com carboidratos e, principalmente, proteínas, reduzindo, assim, sua digestibilidade e piorando a palatabilidade, pois confere ao sorgo sabor adstringente. Contudo, algumas ferramentas podem auxiliar na melhoria da digestibilidade dos nutrientes e, conseqüentemente, viabilizar a utilização deste grão na nutrição.

O conhecimento das metodologias empregadas para a determinação da energia e a digestibilidade dos nutrientes utilizada são de grande valia e

contribuíram para a evolução da avicultura, definindo e contribuindo para a classificação dos alimentos utilizados na formulação das dietas, resultando em dietas de alto aproveitamento pelos animais. Ao mesmo tempo, a acurácia na determinação dos valores energéticos dos ingredientes, sem dúvida, pode garantir maior segurança aos nutricionistas no momento da formulação das dietas avícolas.

A metodologia mais usual na determinação da energia metabolizável dos ingredientes tem como base a substituição de parte de uma ração referência pelo ingrediente teste. Essa metodologia é chamada de método da coleta total de excreta. A utilização dessa metodologia gera dúvidas quanto aos valores determinados, tanto na porcentagem do ingrediente substituído como também na utilização de rações “imbalaceadas”.

O binômio substrato:enzimas é de extrema importância para avaliação da contribuição das enzimas na melhoria dos ingredientes. Na literatura científica não há citações metodológicas específicas para a determinação dos coeficientes de digestibilidade dos nutrientes e melhorias da energia com a utilização de enzimas.

Diante do exposto, existe a necessidade da realização de estudos que possam modificar as metodologias atuais e contribuir para uma mais bem adaptada para analisar os efeitos das enzimas nos principais ingredientes utilizados na avicultura industrial, contribuindo de forma segura e confiável para que os nutricionistas as utilizem como ferramentas eficientes em suas formulações.

Assim, o presente trabalho foi realizado com o objetivo de estudar os níveis de inclusão de enzimas e substituição do sorgo por meio das determinações de energia e coeficientes de digestibilidade de nutrientes do sorgo.

#### 4 MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados três ensaios metabólicos, no galpão experimental do Departamento de Zootecnia (DZO) da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Lavras, MG, em 2008. Para determinar a contribuição de um complexo enzimático em melhorar a qualidade do sorgo para aves, foram utilizados 1.080 pintos de um dia, machos Cobb-500, alojados em gaiolas metabólicas, sendo avaliadas três fases de criação das aves, de 1 a 7 dias, de 14 a 21 dias e de 35 a 42 dias. Na primeira fase, utilizaram-se 504 pintos; na segunda, 360 e, na terceira, 216 aves.

O experimento foi realizado em sala de metabolismo de 72 m<sup>2</sup> (12 m x 6 m), construída em alvenaria, com controle de temperatura ambiente por dispositivo digital de controle. A sala possuía um sistema de aquecimento a gás e um sistema de exaustão de calor e gases por ventiladores. As médias de temperatura mínima e máxima foram mensuradas durante o experimento.

Foram utilizadas gaiolas de metabolismo (50 cm x 50 cm x 45 cm), providas de bandejas metálicas coletoras, revestidas com plástico para facilitar as coletas de excretas. As gaiolas construídas em arame galvanizado têm, em sua parte frontal, uma grade para ajuste do acesso das aves ao comedouro. O comedouro individual tipo calha, construído em chapa de ferro galvanizado com proteção contra desperdício de ração, é disposto externamente na parte frontal da gaiola. O bebedouro individual de pressão tipo infantil fica disposto no interior da gaiola. Na fase pré-inicial (1 a 7 dias), devido ao fato de as aves terem tamanho reduzido, os pisos das gaiolas foram revestidos com tela plástica de polipropileno de 1 cm de diâmetro, para permitir um melhor alojamento delas.

De acordo com a idade das aves, foram formuladas dietas específicas para cada fase de criação, segundo Manual da Linhagem Cobb (2004). Para o

período de 1 a 7 dias (pré-inicial), de 14 a 21 dias de idade e de 35 a 42 dias de idade.

Foi utilizada a metodologia adaptada de Matterson et al. (1965), sendo avaliados os ensaios. Foram avaliadas três dietas, com diferentes proporções de sorgo, em substituição (0%, 20% e 40%) a uma dieta basal (sorgo e farelo de soja com correção para a suplementação de vitaminas e microminerais), associados a quatro níveis de suplementação de um complexo enzimático AG (0, 200, 300 e 400 g/t). O complexo enzimático utilizado foi o Ronozyme A contendo  $\alpha$ -amilase 250 kNU,  $\beta$ -glucanase 350 FBG por grama de produto. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, num esquema fatorial 4 x 3 (quatro níveis do complexo enzimático AG e três níveis de substituição do ingrediente teste), resultando em 12 tratamentos e 6 repetições cada (Tabela 13).

TABELA 13 Apresentação dos tratamentos.

<b>Tratamento</b>	<b>Proporção de substituição da dieta Basal</b>	<b>Níveis de AG (ppm)</b>
1	Dieta basal (100%)	Sem enzima
2	Dieta basal (100%)	200
3	Dieta basal (100%)	300
4	Dieta basal (100%)	400
5	Dieta basal (80%) + sorgo (20%)	Sem enzima
6	Dieta basal (80%) + sorgo (20%)	200
7	Dieta basal (80%) + sorgo (20%)	300
8	Dieta basal (80%) + sorgo (20%)	400
9	Dieta basal (60%) + sorgo (40%)	Sem enzima
10	Dieta basal (60%) + sorgo (40%)	200
11	Dieta basal (60%) + sorgo (40%)	300
12	Dieta basal (60%) + sorgo (40%)	400

A composição centesimal e calculada das rações referência à base de sorgo e farelo de soja e do sorgo utilizado no experimento é apresentada nas Tabelas 14 e 15.

**TABELA 14** Composição do sorgo

<b>COMPOSIÇÃO ANALISADA*</b>	
Matéria seca (%)	88,56
Proteína bruta (%)	9,08
Extrato etéreo (%)	2,91
Cinzas (%)	1,19
Amido (%)	64,98
Metionina (%) total	0,16
Metionina + cistina (%) total	0,32
Lisina (%) total	0,20
Treonina (%) total	0,29
Triptofano (%) total	0,10
Energia bruta, kcal	3.824
Tanino (%)	0,88
DGM, $\mu\text{m}$	690

\* composição analisada via NIRS, exceto energia bruta.

TABELA 15 Dietas basais de acordo com as fases

INGREDIENTES	FASES (dias)		
	1 – 7	14 –21	35 - 42
Milho	54,005	55,284	61,835
Farelo de soja, 45%	37,545	35,082	29,188
Fosfato bicálcico, 18/24	1,855	1,790	1,621
Calcário calcítico, 38%	0,908	0,937	0,922
Sal, NaCl	0,458	0,420	0,357
Anticoccidiano <sup>2</sup>	0,050	0,050	0,050
Promotor de crescimento <sup>3</sup>	0,025	0,013	0,013
Premix vitamínico <sup>4</sup>	0,120	0,100	0,080
Premix mineral <sup>5</sup>	0,050	0,050	0,050
Caulim	1,000	1,000	0,320
DL- metionina 98%	0,313	0,296	0,243
L-lisina HCl 78,4%	0,155	0,150	0,161
L-treonina 99%	0,051	0,024	0,020
Cloreto de colina 70%	0,0343	0,0343	0,0285
Óleo de soja	3,431	4,771	5,111
TOTAL	100,000	100,000	100,000
<b>Composição calculada</b>			
Energia metabolizável, kcal/kg	2900	3000	3100
Proteína bruta, %	22	21	19
Metionina digestível, %	0,595	0,566	0,474
Metionina + cistina digestível, %	0,870	0,829	0,720
Lisina digestível, %	1,170	1,106	0,960
Treonina digestível %	0,780	0,718	0,624
Cálcio, %	0,942	0,890	0,840
Fósforo disponível, %	0,450	0,435	0,400
Sódio, %	0,200	0,185	0,160
Amido, %	37,48	37,94	41,20

<sup>1</sup> Exigência de acordo com recomendações práticas para ave Cobb 500 (*Requirement in accordance with practical recommendations for bird Cobb 500*)

<sup>2</sup> Programa para o anticoccidiano: pré-inicial, inicial, crescimento e final - salinomicina 60 ppm (*Program for the anticoccidial: daily pay-initial, initial, growth and end – salinomicina 60 ppm*).

<sup>3</sup> Promotor de crescimento – pré-inicial, inicial, crescimento e final – colistina 10 ppm. (*Growth promoter – daily pay-initial, initial, growth, and colistina 10 ppm*)

<sup>4</sup> Premix vitamínico - Rovimix aves inicial (DSM) - Enriquecimento, por kg de dieta (*Initial rovimix birds (DSM), Enrichment, for kg of the diet*): vit. A - 12.000 UI; vit. D3- 2.500 UI; vit. E - 30 UI; vit. B1 - 2 mg; vit. B6 - 3 mg; pantotenato de cálcio (*pantotenato calcium*) - 10 mg; biotina (*biotin*) - 0,07 mg; vit. k3 - 3 mg; ácido fólico (*folic acid*) - 1 mg; ácido nicotínico (*nicotinico acid*) - 35 mg; bacitracina de zinco (*zinc bacitracin*) - 10 mg; cloreto de colina (*chloride coline*) - 100 mg; vit. B12 - 15 mcg; selênio (*selenium*) - 0,12 mg; BHT - 5 mg.

<sup>5</sup> Premix mineral - Roligomix aves (DSM) - Enriquecimento, por kg do dieta (*Roligomix birds (DSM), Enrichment, for kg of the diet*): manganês (*manganese*) - 80 mg; ferro (*iron*) - 50 mg; zinco (*zinc*) 50 mg; cobre (*copper*) - 10 mg; cobalto (*cobalt*) - 1mg; iodo (*iodine*) - 1 mg.

Foi utilizado o método tradicional de coleta total de excretas, pelo qual as aves foram mantidas nas gaiolas de metabolismo durante sete dias. Foram adotados quatro dias para adaptação à gaiola e à alimentação e três dias para a coleta de excretas (do 50 ao 70, do 190 ao 210 e do 400 ao 420 dias de idade, respectivamente, para as fases). O período de três dias é menor que o usualmente utilizado nesse tipo de experimento, mas é considerado suficiente e confiável, segundo Rodrigues et al. (2005). As rações e as sobras foram pesadas e registradas, respectivamente, no início e no final do período experimental, para a obtenção do consumo de ração no período de avaliação para posterior realização dos cálculos.

Após o período de adaptação, o início e o final das coletas de excretas foram determinados utilizando-se óxido férrico (1%) na ração como marcador fecal. As coletas foram realizadas duas vezes ao dia, às 8h00 e às 16h30min, com a finalidade de evitar possível fermentação. As excretas coletadas foram acondicionadas em sacos plásticos previamente identificados e armazenados em freezer, à temperatura de -50C, até o período final do experimento. Ao final das coletas, as amostras foram descongeladas, pesadas e homogeneizadas e delas foram retiradas alíquotas de 200 g para análises laboratoriais posteriores. Estas amostras foram submetidas a uma pré-secagem em estufa de ventilação forçada (550C), durante o período de 72 horas. Posteriormente, foram pesadas, para determinação da matéria seca, a 550C e moídas em moinho tipo faca, com peneiras de 0,5mm, para a determinação da matéria seca (MS), energia bruta (EB) e nitrogênio (N), segundo metodologia segundo AOAC (2000).

As análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório de Pesquisa Animal do DZO/UFLA e foram determinadas as composições dos ingredientes e da ração referência quanto à matéria seca (MS), proteína bruta (PB), energia bruta (EB), extrato etéreo (EE), matéria mineral (MM), cinzas, amido e tanino, conforme metodologia da AOAC (2000). Os valores de energia bruta (EB) dos

ingredientes, das rações e das excretas foram determinados utilizando-se bomba calorimétrica (modelo Parr 1261), sendo expressos em kcal de EB por kg. Foi determinado o diâmetro geométrico médio (DGM) do sorgo, segundo metodologia descrita por Zanotto & Bellaver (1996).

Foram determinados os valores de coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS), coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta (CDAPB), coeficiente de metabolizabilidade da energia bruta (CMEB) e os valores energéticos (energia metabolizável aparente e aparente corrigida para balanço de nitrogênio, EMAn), conforme a descrição das fórmulas no Anexo 2.

As variáveis analisadas foram, portanto, EMAn, CMAPB, CMAMS e o CMEB. Utilizou-se o pacote estatístico SAS (2001) para análise estatística dos dados. Realizou-se uma análise do conjunto de dados referentes à dieta basal (zero de substituição de sorgo), com ou sem a presença do complexo enzimático AG e outra análise referente ao ingrediente sorgo e às doses do complexo enzimático AG. Foi utilizado teste F para verificar possíveis diferenças nos valores determinados das diferentes variáveis (níveis de inclusão e níveis de substituição) e análise de regressão para os níveis de inclusão do complexo enzimático AG e níveis de substituição do sorgo.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Referente as dietas basais

Os resultados de EMAn, CDAMS e CDAPB estão apresentados na Tabela 16.

TABELA 16 Valores de EMAn (kcal/kg de MS), CDAMS e CDAPB das dietas basais com uso de níveis crescentes de AG, em diversas fases, para frangos de corte e seus respectivos desvios padrões

Fase (dias)	Níveis de AG (ppm)				CV (%)	Reg	Prob
	0	200	300	400			
<b>Energia metabolizável aparente corrigida pelo nitrogênio (kcal/kg MS)</b>							
<b>1-7</b>	2996±38	3042±43	3043±37	3045±36	1,47	ns	0,1932
<b>14-21</b>	3320±28	3346±25	3358±49	3356±44	1,15	ns	0,3176
<b>35-42</b>	3551±80	3597±76	3601±50	3607±73	1,98	ns	0,5251
<b>Coefficiente de digestibilidade aparente da matéria seca (%)</b>							
<b>1-7</b>	69,16	70,00	70,83	70,50	1,23	ns	0,0716
<b>14-21</b>	75,33	76,16	76,33	76,00	1,54	ns	0,4887
<b>35-42</b>	76,50	77,83	77,16	77,83	2,86	ns	0,6873
<b>Coefficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta (%)</b>							
<b>1-7</b>	72,33	71,16	72,16	72,16	4,35	ns	0,9125
<b>14-21</b>	75,66	76,83	75,50	75,83	2,40	ns	0,5937
<b>35-42</b>	73,83	74,50	75,00	75,00	2,33	ns	0,6177

\*ns = não significativo; Reg – regressão; prob - probabilidade

Conforme dados da Tabela 16, não foram observadas diferenças significativas ( $P>0,05$ ) para as fases estudadas de 1 a 7, de 14 a 21 e de 35 a 42 dias de idade, quanto aos dados referente a EMAn, CDAMS e CDAPB da dieta à base de sorgo. Por outro lado, observa-se um incremento máximo de 1,64% da EMAn para a fase de 1 a 7 dias; de 1,14 %, para a fase de 14 a 21 dias e de 1,58% para fase de 35 a 42 dias de idade, sugerindo efetividade da enzima para a dieta basal. Contudo, quando se relaciona o valor de EMAn calculado nas dietas, levando em consideração o valor sugerido por Rostagno et al. (2005), de 3.192 kcal/kg na matéria natural, obtiveram-se os valores calculados de 2.900, 3.000 e 3.100 kcal/kg de matéria natural, respectivamente, para as fases de 1 a 7,

de 14 a 21 e de 35 a 42 dias de idade. Correlacionando os valores encontrados no ensaio de 2.696, 2.988 e 3.196 kcal/kg de matéria natural, respectivamente, para cada fase em ordem crescente, obteve-se uma diferença de - 204, -12 e + 96 kcal, sugerindo que existem diferenças nos valores dos ingredientes utilizados nas dietas. Os mesmos variam com a idade e melhoram seu aproveitamento com o avançar da idade das aves. Portanto, o uso de um valor único de energia para os ingredientes, independente da idade, torna-se um fato relevante para uma nutrição precisa.

## 5.2 Referentes ao ingrediente sorgo

Os resultados da fase de 1 a 7 dias, o CDAMS, CDAPB, EMAn e CMEB estão apresentados na Tabela 17.

TABELA 17 Coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS), da proteína bruta (CDAPB), de metabolizabilidade da energia bruta (CMEB) e energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn), em diferentes níveis de substituição do sorgo e inclusão do complexo enzimático AG, para frangos de corte na fase de 1 a 7 dias de idade e seus respectivos desvios padrões

S - Níveis de substituição, %	N - Níveis de inclusão de AG (ppm)				Média*
	0	200	300	400	
<b>CDAMS, %</b>					
20	72,63	74,19	74,31	74,83	73,99a
40	71,74	71,99	72,25	72,61	72,15b
<b>Média</b>	72,18	73,09	73,28	73,72	
<b>CDAPB, %</b>					
20	61,51	64,95	65,11	65,39	64,24a
40	52,72	54,65	55,31	56,60	54,81b
<b>Média</b>	57,11	59,80	60,21	60,99	
<b>EMAn, kcal/kg de MS</b>					
20	3061±95	3106±97	3123±68	3162±148	3113a
40	3005±68	3032±63	3052±78	3068±43	3039b
<b>Média</b>	3033	3069	3087	3115	
<b>CMEB, %</b>					
20	72,05	73,10	73,51	74,43	73,27a
40	70,72	71,36	71,82	72,22	71,53b
<b>Média</b>	71,38	72,23	72,66	73,32	
<b>Probabilidade</b>					
	<b>CV %</b>	<b>N</b>	<b>S</b>	<b>N*S</b>	
<b>CDAMS</b>	2,42	0,207	0,001	0,7619	
<b>CDAPB</b>	9,54	0,379	0,010	0,9838	
<b>EMAn</b>	2,70	0,118	0,001	0,9500	
<b>CMEB</b>	2,70	0,118	0,003	0,958	

\*médias diferem, a 5% de significância, pelo teste F

Para a fase de 1 a 7 dias de idade (Tabela 17), não foram observadas diferenças estatísticas ( $P>0,05$ ) no CDAMS do sorgo com a inclusão de níveis crescentes do complexo enzimático AG nesta fase. Quanto ao nível de substituição, observaram-se diferenças ( $P<0,05$ ), tendo o nível de 20% de

inclusão apresentado melhor CDAMS que o de 40%. Esse fato pode ser explicado pelo alto nível de sorgo na dieta, que prejudica a digestibilidade, devido as seus fatores antinutricionais e aos tipos e níveis de carboidratos presentes no sorgo que difere do milho.

O CDAPB não foi influenciado significativamente ( $P>0,05$ ) pelos níveis de inclusão do complexo enzimático AG. Por outro lado, observa-se o efeito do nível de substituição ( $P<0,01$ ), sendo que com o menor nível (20%) houve maior valor de digestibilidade da proteína, quando comparado a 40% de substituição.

Não foram observadas diferenças significativas ( $P>0,05$ ) dos níveis de inclusão do complexo enzimático AG sobre a EMAn do sorgo, apesar de haver aumento numérico da EMAn com o aumento dos níveis, de 36 a 82 kcal/kg de MS, resultando num diferencial de melhoria da EMAn de 1,19% a 2,7%. Este fato não é comprovado estatisticamente. Fato interessante e similar ao ocorrido com o CDAMS é que o menor nível de substituição (20% de sorgo) foi o que obteve a melhor EMAn ( $P<0,05$ ) em relação ao nível de substituição de 40% e os diferenciais de ganho, apesar de seguirem um aumento linear com a inclusão do complexo enzimático AG, o nível de substituição de 20% apresentou valores maiores, diferindo em 74 kcal/kg de MS superior ao nível de 40%.

Com relação do CMEB, observa-se que o aumento no nível de substituição resultou em redução significativa ( $P<0,003$ ) neste coeficiente, indicando prejuízo na metabolização da energia com o aumento do conteúdo de sorgo na dieta. O nível de inclusão do complexo enzimático AG não afetou ( $P>0,05$ ) o CMEB.

Contudo, esses dados indicam que a redução de 40% para 20% de redução no nível de substituição do sorgo apresentou melhores resultados que a metodologia tradicional de Matterson (1965) sugere. Contudo, autores como Nir et al. (1993) mencionaram que a atividade enzimática do pâncreas eo conteúdo intestinal são muito baixos depois da eclosão, aumentando com a idade, sendo

maior em frangos de corte do que em poedeiras. Devido à correlação negativa entre ingestão de alimentos e retenção de nutrientes, parece haver limitação nos processos digestivos de pintos durante a primeira semana (Mahagna et al., 1995). Com a intenção de superar essas limitações, tem-se estudado a inclusão de enzimas nas dietas iniciais de frangos de corte, visando auxiliar a ação das enzimas endógenas produzidas pelo pâncreas e intestino.

O teor de fibra do sorgo e o nível de tanino presente nas dietas experimental podem ter afetado os valores de digestibilidade e energia deste, quando se utiliza 40% de substituição, visto que, neste ensaio, o sorgo, que apresentou nível de 0,81% de tanino. Quando colocado em uma dieta com 40% de substituição, a dieta passou de 0,437% para 0,586% de tanino. Considerando a mesma contribuição do sorgo na dieta basal e fazendo-se uma correlação com 0,586% de tanino, pode-se concluir que isso representa sorgo com 1,08% de tanino. Segundo a classificação do Compendio Brasileiro de Alimentação Animal (1998), os sorgos podem ser classificados como de baixo tanino (0% a 0,5%), de médio (0,6%-1,2%) e de alto (acima de 1,2%, expressos em ácido tânico), sendo esse último não recomendado para nutrição animal.

### Fase de 14 a 21 dias

Os resultados da fase de 14 a 21 dias do CDAMS, CDAPB, EMAn e CMEB, estão apresentados na Tabela 6C.

TABELA 18 Coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS), da proteína bruta (CDAPB), de metabolizabilidade da energia bruta (CMEB) e energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn), em diferentes níveis de substituição do sorgo e inclusão de AG, para frangos de corte na fase de 14 a 21 dias de idade e seus respectivos desvios padrões.

S - Níveis de substituição, %	N - Níveis de inclusão de AG (ppm)				Média*
	0	200	300	400	
<b>CDAMS, %</b>					
20	82,09	82,37	83,14	83,54	82,79
40	82,15	82,46	82,51	83,49	82,65
Média	82,12	82,42	82,83	83,51	
<b>CDAPB, %</b>					
20	65,47	65,65	68,31	68,87	67,07
40	63,82	64,57	65,78	66,77	65,23
Média	64,64	65,11	67,04	67,82	
<b>EMAn, kcal/kg de MS</b>					
20	3444±62	3571±39	3600±72	3609±59	3556a
40	3424±27	3448±29	3531±40	3554±52	3489b
Média	3434	3509	3565	3582	
<b>CMEB, %</b>					
20	79,26	82,17	82,83	83,06	81,83 a
40	78,79	79,34	81,25	81,78	80,29 b
Média	79,02	80,75	82,04	82,43	
<b>Probabilidade</b>					
	CV %	N	S	N*S	Regressão Nível
CDAMS	1,61	0,0762	0,720	0,900	
CDAPB	4,92	0,064	0,056	0,950	
EMAn	1,43	0,001	0,001	0,107	0,01 <sup>1</sup>
CMEB	1,43	0,001	0,001	0,107	0,01 <sup>2</sup>

\*Médias diferem, a 5% de significância, pelo teste F

<sup>1</sup>Regressão linear para EMAn;  $y = 3435,48 + 0,386710 x$ ,  $R^2 = 97,96$

<sup>2</sup>Regressão linear para CMEB;  $y = 79,0595 + 0,008897 x$ ,  $R^2 = 97,96$

Para os dados apresentados na Tabela 18, CDAMS e CDAPB não sofreram influência dos níveis de inclusão do complexo enzimático AG ( $P > 0,05$ ) e dos níveis de substituição de sorgo na dieta basal.

Foram observadas diferenças significativas para os valores de EMAn, tendo o nível de substituição afetado negativamente ( $P < 0,01$ ) a EMAn. O nível de 20% atingiu valores superiores ao nível de 40% de substituição. O excesso de substrato encontrado no nível de 40%, assim como os teores de fibra e tanino, podem ter afetado essa variável, contribuindo para o menor aproveitamento da mesma. Os níveis de inclusão do complexo enzimático afetaram linearmente ( $P < 0,01$ ) a EMAn, independente do nível de substituição utilizado. A equação que melhor representa o incremento é  $y = 3435,48 + 0,386710 x$ , demonstrando que cada ppm de complexo enzimático adicionado melhora a EMAn do sorgo em 0,38 kcal/kg de MS. Segundo a Tabela Brasileira (Rostagno et al., 2005), a energia do sorgo pode ser de 3.192 kcal/kg na matéria natural para o sorgo de baixo tanino e de 2.956 kcal/kg na matéria natural para o sorgo de alto tanino, demonstrando um diferencial de 236 kcal/kg entre as variedades de sorgo. Quando comparados aos valores médios encontrados neste trabalho, de 3.041 kcal/kg de matéria natural, conclui-se que o valor é intermediário aos relatados por Rostagno et al. (2005).

O uso de níveis de inclusão de 40% afetou negativamente ( $P < 0,01$ ) o CMEB; o nível de substituição de 20% apresentou os melhores resultados de CMEB. A inclusão do complexo enzimático AG afetou linearmente ( $P < 0,01$ ) o CMEB, sendo expresso em  $y = 79,0595 + 0,008897 x$ . Cada ppm de complexo enzimático adicionado representa um aumento de 0,008% no CMEB, que é uma importante ferramenta para determinar o aproveitamento energético dos ingredientes pelas aves. Os valores encontrados neste ensaio, em média, de 80%, estão próximos aos encontrados com milho, de 85%, indicando um bom substituto para o milho em dietas para aves.

### Fase de 35 a 42 dias

Os resultados da fase de 35 a 42 dias, de CDAMS, CDAPB, EMAn e CMEB, estão apresentados na Tabela 19.

TABELA 19 Coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS), da proteína bruta (CDAPB), de metabolizabilidade da energia bruta (CMEB) e energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn), em diferentes níveis de substituição do sorgo e inclusão de AG, para frangos de corte na fase de 35 a 42 dias de idade e seus respectivos desvios padrões.

S - Níveis de substituição, %	N - Níveis de inclusão de AG (ppm)				Média*
	0	200	300	400	
<b>CDAMS, %</b>					
20	88,29	89,61	89,76	91,29	89,74a
40	86,21	86,58	86,84	86,87	86,63b
<b>Média</b>	87,25	88,09	88,30	89,08	
<b>CDAPB, %</b>					
20	71,88	71,67	73,04	73,93	72,43
40	69,29	70,37	70,58	71,63	70,47
<b>Média</b>	70,18	71,02	71,81	72,78	
<b>EMAn, kcal/kg de MS</b>					
20	3717±83	3783±87	3791±45	3850±71	3785a
40	3510±104	3594±131	3620±33	3630±66	3588b
<b>Média</b>	3613	3688	3705	3740	
<b>CMEB, %</b>					
20	85,53	87,05	87,24	88,60	87,10a
40	80,77	82,70	83,31	83,53	82,58b
<b>Média</b>	83,15	84,87	85,27	86,06	
<b>Probabilidade</b>					
	CV %	N	S	N*S	Regressão Nível
<b>CDAMS</b>	2,97	0,407	0,01	0,074	
<b>CDAPB</b>	8,02	0,719	0,242	0,995	
<b>EMAn</b>	2,39	0,009	0,001	0,91	0,01 <sup>1</sup>
<b>CMEB</b>	2,39	0,009	0,001	0,910	0,01 <sup>2</sup>

\* médias diferem, a 5% de significância, pelo teste F

<sup>1</sup> Regressão linear para EMAn;  $y = 3616,871548 + 0,310336 x$ ,  $R^2 = 98,61$

<sup>2</sup> Regressão linear para CMEB;  $y = 83,233643 + 0,007142 x$ ,  $R^2 = 98,60$

Para fase de 35 a 42 dias de idade, os resultados de CDAMS, apresentados na Tabela 19, refletem efeitos significativos para o nível de inclusão do sorgo à dieta basal ( $P < 0,01$ ), em que os níveis de 20% de

substituição demonstraram melhores resultados de CDAMS que o nível de 40% de substituição.

Da mesma forma que na fase anterior, não houve efeitos significativos ( $P > 0,05$ ) no CDAPB com relação aos níveis de substituição, bem como dos níveis de inclusão do complexo enzimático AG nesta medida.

Os valores de EMAn do sorgo foram influenciados significativamente ( $P < 0,01$ ) tanto pelo nível de substituição como pelo nível de inclusão do complexo enzimático. Maiores valores de EMAn foram observados para o menor nível de substituição (20%) que o nível de 40%. Os diferenciais de EMAn encontrados entre os níveis de substituição diferem, em 197 kcal/kg de MS, representando um diferencial de 5,28%. Quanto ao nível de inclusão do complexo enzimático AG, verificou-se aumento linear ( $P < 0,01$ ) nos valores de EMAn, à medida que se elevaram os níveis do complexo enzimático AG, sendo representados pela equação  $y = 3616,871548 + 0,310336 x$ . Isso demonstra que o aumento de cada ppm do complexo enzimático AG melhora a EMAn do sorgo em 0,31 kcal/kg de MS.

Segundo a Tabela Brasileira (Rostagno et al., 2005), a energia do sorgo pode ser de 3192 kcal/kg na matéria natural para o sorgo de baixo tanino e de 2.956 kcal/kg na matéria natural, para o sorgo de alto tanino, demonstrando um diferencial de 236 kcal/kg entre as variedades de sorgo. Na fase de 35 a 42 dias os animais já se encontram com o TGI todo desenvolvido e alta capacidade de aproveitamento dos nutrientes da dieta. Os valores de energia encontrados nessa fase foram, em média, de 3.199 kcal/kg na matéria natural. Contudo, o nível de substituição de 20% resultou em 3.291 kcal/kg de matéria natural e o nível de 40% resultou em 3.108 kcal/kg na matéria natural, ou seja, um diferencial de 183 kcal. Esse valores estão próximos ao relatado por Rostagno et al. (2005), mas o fato interessante é que o desbalanceamento da dieta e o aumento do nível de tanino na dieta final de 0,54% (20% substituição de sorgo) para 0,67% (40%

substituição de sorgo) resultaram em um decréscimo na energia de 183 kcal (5,56%).

Os valores de CMEB foram afetados significativamente ( $P < 0,01$ ) tanto para o nível de substituição como para o nível de inclusão do complexo enzimático AG. Houve maior valor de metabolização da energia com o menor nível de substituição (20%), sendo de 87,10% para o nível de 20% e de 82,58% para o nível de 40%, representando um aumento de 5,47% quando se reduz o nível de substituição do sorgo. Quanto ao complexo enzimático AG, verificou-se aumento linear ( $P < 0,01$ ) na metabolização da energia à medida que se elevou a sua inclusão na dieta, sendo representado pela equação de  $y = 83,233643 + 0,007142 x$ . A máxima contribuição do complexo enzimático AG foi em 400 ppm de 86,09% de metabolização da energia, que representa um aumento de 3,43%.

O sorgo utilizado neste trabalho apresentou 64,98% de amido em sua constituição, sendo importante e representativo na contribuição da EM da dieta. Contudo, a hidrólise desse amido nem sempre é eficiente e, portanto, a adição de enzimas às dietas ajuda na hidrólise do amido presente no sorgo, facilitando a digestão no intestino delgado e conduzindo ao aumento na utilização dos nutrientes, com consequente melhoria na taxas de crescimento (Sheppy, 2001).

A utilização de amilases exógenas atua de modo a suplementar a atividade da amilase endógena, podendo reduzir a síntese endógena dessa enzima pelo pâncreas (Gracia et al., 2003), economizando energia, que se torna mais disponível para o crescimento. Esta seria uma explicação para a melhora na energia metabolizável com a adição de alfa-amilase e beta-glucanase, por meio da redução da síntese endógena de amilase a qual é requerida proporcionalmente em maior quantidade.

Ao se comparar a composição química do sorgo de baixo e alto tanino, observa-se que o de alto tanino tem valores menores de energia metabolizável e

digestível em relação ao de baixo tanino. Isso pode ser explicado pela influência negativa do tanino sobre o processo digestivo dos animais, que reduz as quantidades de nutrientes disponíveis para absorção, o que aumenta as perdas de minerais, vitaminas, lipídios e, principalmente, aminoácidos nas fezes, além de inibir a atividade de várias enzimas digestivas, podendo provocar erosões das células epiteliais. Uma solução para esse problema seria a suplementação das rações com metionina (acima das exigências) e óleo, auxiliando na redução dos efeitos prejudiciais do sorgo sobre o desempenho dos animais. A metionina funcionaria como doadora de grupos metil, que se ligam ao tanino, inativando parte de seus efeitos deletérios. O óleo, por outro lado, diminuiria a taxa de passagem dos nutrientes pelo trato gastrointestinal, melhorando também, dessa forma, a digestibilidade dos nutrientes, evitando que o desempenho seja deprimido (Sá, 2006).

Outra característica indesejável seria o teor superior de fibra bruta presente no sorgo, diminuindo os seus valores de energia digestível, quando comparado ao do milho. Outro fator de comparação é o perfil aminoacídico de ambos os alimentos. Os valores de proteína do sorgo são, geralmente, superiores ao milho, entretanto, mesmo apresentando níveis mais altos de proteína, este tem menores teores de lisina, metionina e cistina e teores semelhantes quanto aos demais aminoácidos. Segundo Garcia et al. (2005), ao analisarem a influência da utilização do sorgo em dietas de frangos de corte quanto aos parâmetros de rendimento de carcaça, não há diferença entre animais alimentados com milho e sorgo como fonte energética.

Contudo, esses fatos podem elucidar a influência do nível de substituição do sorgo na dieta basal e seus efeitos negativos apontados pelos coeficientes de digestibilidade e energia, quando se utilizou 40% de substituição. Portanto, a redução dos níveis de substituição de ingredientes que contêm algum fator

antinutricional é fundamental para a melhor compreensão do seu conteúdo e aproveitamento pelas aves.

## 6 CONCLUSÃO

O nível de substituição do sorgo afetou os coeficientes de digestibilidade dos nutrientes e a energia metabolizável. O nível de substituição de 20% de sorgo apresentou valores mais próximos aos encontrados na literatura.

O aproveitamento da energia metabolizável do sorgo, assim como o da matéria seca e proteína, é afetado pela idade das aves, sendo que, com o avançar da idade das aves, observa-se melhoria no aproveitamento dos nutrientes do sorgo.

O uso do complexo enzimático AG, contendo alfa-amilase e beta-glucanase, melhorou o aproveitamento do sorgo pelas aves. Com o avançar da idade das aves, os efeitos do uso do complexo enzimático AG sobre o sorgo são mais pronunciados que nas fases iniciais.

Contudo, demonstrou-se que a metodologia de substituição para determinar os valores de digestibilidade dos nutrientes e energia metabolizável dos ingredientes energéticos que apresentam algum fator antinutricional e avaliar a ação de enzimas sobre esses ingredientes deve levar em conta que o fator antinutricional interfere nos dados gerados, sugerindo a redução na substituição do ingrediente teste para 20%, para avaliação de digestibilidade do mesmo.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of Association of Official Analytical Chemists**. 17. ed. Gaithersburg, 2000. v. 2.

COBB. **Manual de manejo de frangos Cobb 500**: guia de manejo. São Paulo: Cobb-Vantress Brasil, 2004, 47p.

COMPÊNDIO BRASILEIRO DE ALIMENTAÇÃO ANIMAL. São Paulo: Sindirações/Anfal, 1998. 371p.

GARCIA, R. G. A.; MENDES, A.; ANDRADE, C.; PAZ, I. C. L. A.; TAKAHASHI, S. E.; PELÍCIA, K.; KOMIYAMA, C. M.; QUINTEIRO, R. R. Avaliação do desempenho e de parâmetros gastrintestinais de frangos de corte alimentados com dietas formuladas com sorgo alto tanino e baixo tanino. **Ciência & Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 6, p. 1248- 1257, nov./dez. 2005.

GRACIA, M. L.; ARANÍBAR, M. J.; LÁZARO, R.; MEDEL, P. ; MATEOS, G. G. á-Amylase supplementation of broiler diets based on corn. **Poultry Science**, Champaign, v. 82, n. 3, p. 436 442, Mar. 2003.

MAHAGNA, M.; NIR, I.; LARBIER, M. Effect of age and exogenous amylase and protease on development of the digestive tract, pancreatic enzyme activities and digestibility of nutrients in young meat-type chicks. **Reproduction, Nutrition, Development**, Paris, v. 35, n. 2, p. 201-212, 1995.

MATTERSON, L. D.; POTTER, L. M.; STUTZ, N. W.; SINGSEN, E. P. **The metabolizable energy of feeds ingredients for chickens**. Connecticut: The university of Connecticut, Agricultural Experiment Station, 1965. 11p. (Research Report, 7).

NIR, I.; NITSAN, Z.; MAHAGMA, M. Comparative growth and development of the digestive organs and some enzymes in the broiler chicks and egg type chicks after hatching. **British Poultry Science**, Oxford, v. 34, n. 3, p. 523-532, July 1993.

RODRIGUES, P. B.; ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; GOMES, P. C.; SANTANA, R. T.; NUNES, R. V. Aminoácidos digestíveis verdadeiros da soja e subprodutos, determinados com galos cecectomizados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 31, n. 2, p. 970-981, abr. 2002.

ROSTAGNO, H. S. **Tabelas brasileiras para aves e suínos**: composição de ingredientes e exigências nutricionais. Viçosa, MG: UFV, 2005. 186 p.

SÁ, L. M. **Alimentos alternativos para suínos**. Disponível em:  
<[http://www.polinutri.com.br/conteudo\\_artigos\\_anteriores\\_setembro\\_05.ht](http://www.polinutri.com.br/conteudo_artigos_anteriores_setembro_05.ht)>.  
Acesso em: 13 fev. 2010.

SAS INSTITUTE INC. **The SAS system for windows**: release 8.02. Cary, 2001.

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

ZANOTTO, D. L.; BELLAVER, C. **Método de determinação da granulometria de ingredientes para o uso em rações de suínos e aves**. Brasília: Embrapa Suínos e Aves, 1996. p. 1-5. (Comunicado Técnico, CT/215).

## ANEXOS

### Anexo 1

BN= balanço de nitrogênio = N ingerido – N excretado

BNV= BN verdadeiro= (N ingerido – (N excretado – N endógeno))

EMAn =  $\frac{(\text{energia bruta ingerida} - (\text{energia bruta excretada} - 8,22 \cdot \text{BN}))}{\text{matéria seca ingerida (g)}}$

EMVn =  $\frac{(\text{energia bruta ingerida} - (\text{energia bruta excretada} - \text{EB do endógeno} + 8,22 \cdot \text{BNV}))}{\text{matéria seca ingerida (g)}}$

CDAMS(%) =  $\frac{\text{matéria seca ingerida (g)} - \text{matéria seca excretada (g)}}{\text{matéria seca ingerida (g)}} \times 100$

Matéria seca ingerida (g)

CDVEE(%) =  $\frac{\text{extrato etéreo ingerido (g)} - (\text{extrato etéreo excretado (g)} - \text{extrato etéreo do endogeno})}{\text{matéria seca ingerida (g)}} \times 100$

### Anexo 2.

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

MS ingerida

EMA (ingrediente) =  $\text{EMA}_{\text{RR}} + \frac{(\text{EMA}_{\text{RT}} - \text{EMA}_{\text{RR}})}{\text{g/g de substituição}}$

g/g de substituição

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

MS ingerida

$$\text{EMAn (ingrediente)} = \text{EMA}_{\text{RR}} + \frac{(\text{EMA}_{\text{RT}} - \text{EMA}_{\text{RR}})}{\text{g/g de substituição}}$$

g/g de substituição

em que RT = ração teste; RR = ração referência e BN = balanço de nitrogênio

$$\text{BN} = \text{N ingerido} - \text{N excretado}$$

$$\text{CMAPB (RT ou RR)} = \frac{\text{PB ingerida} - \text{PB excretada}}{\text{PB ingerida}}$$

PB ingerida

$$\text{CMAPB (ingrediente)} = \frac{\text{CMAPB}_{\text{RR}} + (\text{CMAPB}_{\text{RT}} - \text{CMAPB}_{\text{RR}})}{\text{g/g de substituição}}$$

g/g de substituição

$$\text{CMAMS (RT ou RR)} = \frac{\text{MS ingerida} - \text{MS excretada}}{\text{MS ingerida}}$$

MS ingerida

$$\text{CMAMS (ingrediente)} = \frac{\text{CMAMS}_{\text{RR}} + (\text{CMAMS}_{\text{RT}} - \text{CMAMS}_{\text{RR}})}{\text{g/g de substituição}}$$

g/g de substituição

$$\text{CMEB} = (\text{EMAn/EB}) \times 100$$