



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MONTES CLAROS**

**CARBOIDRASES EM RAÇÕES PARA  
FRANGOS DE CORTE**

**DIOGO DE MORAES CARDOSO**

**2009**

**DIOGO DE MORAES CARDOSO**

**CARBOIDRASES EM RAÇÕES PARA FRANGOS DE CORTE**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Montes Claros como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração Produção Animal, para obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

**Orientadora:**

**Prof<sup>a</sup>. DSc. Mônica Patrícia Maciel**

**UNIMONTES  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2009**

C268c            Cardoso, Diogo de Moraes.  
                  Carboidrases em rações para frangos de corte  
                  [manuscrito] / Diogo de Moraes Cardoso. – 2009.  
                  68 p.

                  Dissertação (mestrado)-Programa de Pós-Graduação  
                  em Zootecnia, Universidade Estadual de Montes Claros-  
                  Unimontes, 2009.

                  Orientadora: Prof<sup>a</sup>. D.Sc. Mônica Patrícia Maciel.

                  1. Carboidrases. 2. Frango de corte. 3. Produção  
                  Animal. 4. Rendimento de carcaças. I. Maciel, Mônica  
                  Patrícia. II. Universidade Estadual de Montes Claros. III.  
                  Título.

CDD. 636.5

**DIOGO DE MORAES CARDOSO**

**CARBOIDRASES EM RAÇÕES PARA FRANGOS DE CORTE**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Montes Claros como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração Produção Animal, para obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

**APROVADA em 18 de DEZEMBRO de 2009.**

Prof. DSc. Cláudio Luiz Corrêa Arouca - UNIMONTES

Prof. DSc. Sidnei Tavares dos Reis - UNIMONTES

Prof. DSc. Daniel Emygdio Faria Filho - UFMG

**Prof<sup>a</sup>. DSc. Mônica Patrícia Maciel**  
**UNIMONTES**  
**(Orientadora)**

**UNIMONTES**  
**MINAS GERAIS – BRASIL**

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por me conceder a existência e sempre me acompanhar.

À Universidade Estadual de Montes Claros, pela oferta de curso de Pós-Graduação de qualidade.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior pela concessão da bolsa de estudos.

À minha orientadora, professora Mônica Patrícia Maciel, pelos conselhos e companheirismo durante todo o curso de mestrado.

Aos professores, pelo ensino, amizade e atenção sempre que solicitados.

Aos amigos de república, André, Bruno, Daniel, Dudu, Everton, Fernando, Gustavo, Leonardo, Luciano, Márcio, Renderson e Thiago que animaram os dias de dificuldades fazendo com que se tornassem mais alegres e proveitosos.

A todos os colegas de Pós-Graduação, pelo convívio fraterno e apreço.

Às empresas que acreditaram na parceria, depositando confiança e recursos financeiros para que este projeto pudesse ser executado.

Ao diretor comercial da Globoaves na pessoa do Sr. Joair, pela atenção e doação das aves experimentais.

Aos funcionários do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, Campus Guanambi-BA por não medirem esforços,

sempre dispostos a ajudarem, em especial a Vanderley, Antônio (Toninho), Elias, Aloísio, Adailton, Alessandro (Neguinho), Ansilon, Dedé, Ronaldo, Betinho, Carol, Jeferson, Vivi e Bruno. Aos alunos voluntários que dedicaram seus momentos de descanso para atuarem na pesquisa científica. Aos demais professores e diretores desta instituição.

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

## SUMÁRIO

|  |     |
|--|-----|
| LISTA DE TABELAS .....   | i   |
| RESUMO .....   | iii |
| ABSTRACT .....   | iv  |
| 1 INTRODUÇÃO .....   | 1   |
| 2 REVISÃO DE LITERATURA.....   | 4   |
| 2.1 Milho e farelo de soja na alimentação de aves.....   | 4   |
| 2.2 Polissacarídeos .....  | 6   |
| 2.3 Polissacarídeos não amiláceos .....  | 7   |
| 2.3.1 Polissacarídeos não-amiláceos solúveis.....  | 10  |
| 2.3.2 Polissacarídeos não-amiláceos insolúveis.....  | 12  |
| 2.4 Digestão dos carboidratos pelas aves .....   | 14  |
| 2.5 Enzimas .....  | 15  |
| 2.5.1 Objetivos da utilização de enzimas exógenas .....  | 17  |
| 2.5.2 Obtenção das enzimas para alimentação animal .....   | 18  |
| 2.5.3 Influência das enzimas exógenas sobre a digestibilidade dos nutrientes,<br>desempenho e rendimento de carcaça de frangos de corte..... | 21  |
| 3 MATERIAL E MÉTODOS.....  | 27  |
| 3.1 Localização e duração do experimento.....  | 27  |
| 3.2 Animais experimentais .....  | 27  |

|  |    |
|--|----|
| 3.3 Instalações e manejo experimental.....                                       | 27 |
| 3.4. Tratamentos e rações experimentais.....                                     | 29 |
| 3.5 Características avaliadas.....   | 34 |
| 3.5.1 Desempenho.....  | 34 |
| 3.5.2 Rendimentos de carcaça e cortes.....                                       | 36 |
| 3.5.3 Viabilidade econômica da utilização do complexo enzimático nas rações..... | 36 |
| 3.6 Delineamento experimental e análises estatísticas.....                       | 37 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....  | 39 |
| 4.1 Desempenho.....  | 39 |
| 4.1.1 Consumo de ração.....  | 41 |
| 4.1.2 Ganho de peso.....   | 44 |
| 4.1.3 Conversão alimentar.....   | 46 |
| 4.1.4 Fator de produção.....   | 48 |
| 4.2 Rendimento de carcaça e cortes.....  | 50 |
| 4.3 Viabilidade econômica.....   | 52 |
| 5 CONCLUSÕES.....  | 55 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....  | 56 |
| ANEXOS.....  | 66 |

## LISTA DE TABELAS

|  |    |
|--|----|
| <b>TABELA 1.</b> Efeitos de enzimas exógenas utilizadas em rações avícolas.....  | 22 |
| <b>TABELA 2.</b> Médias das temperaturas e umidade relativa do ar, máximas e mínimas, observadas no período experimental.....  | 29 |
| <b>TABELA 3.</b> Composição percentual e níveis nutricionais calculados das rações experimentais na fase inicial (1-21dias).....   | 30 |
| <b>TABELA 4.</b> Composição percentual e níveis nutricionais calculados das rações experimentais na fase de crescimento (22-35dias).....   | 32 |
| <b>TABELA 5.</b> Composição percentual e níveis nutricionais calculados das rações experimentais na fase final (36-42dias).....  | 33 |
| <b>TABELA 6.</b> Consumo médio de ração (CR), ganho médio de peso (GP) e conversão alimentar (CA) de acordo com os tratamentos, na fase de 1 a 21 dias.....  | 39 |
| <b>TABELA 7.</b> Consumo médio de ração (CR), ganho médio de peso (GP) e conversão alimentar (CA) de acordo com os tratamentos, na fase de 1 a 35 dias.....  | 40 |
| <b>TABELA 8.</b> Consumo médio de ração (CR), ganho médio de peso (GP) e conversão alimentar (CA) de acordo com os tratamentos, na fase de 1 a 42 dia.....   | 40 |
| <b>TABELA 9.</b> Fator de produção de 1 a 21 (FP1_21d), de 1 a 35 (FP1_35d) e de 1 a 42 (FP1_42d) dias de idade, de acordo com os tratamentos.....   | 49 |
| <b>TABELA 10.</b> Rendimento de carcaça (RC); rendimento de peito (RP); rendimento de coxa (RCX); rendimento de sobrecoxa (RSC); rendimento de perna inteira (RPR); rendimento de dorso (RD); rendimento de asa (RA); rendimento de pé (RPE) e percentagem de gordura abdominal (GA), de acordo com os tratamentos aos 42 dias de idade..... | 51 |

**TABELA 11.** Custo do kg do frango de corte, em função da conversão alimentar e do custo médio das rações e viabilidade econômica em função do rendimento de carcaça e do custo médio do kg do frango de acordo com os tratamentos..... 53

## RESUMO

**CARDOSO, Diogo de Moraes.** Carboidrases em rações para frangos de corte. 2009. 68 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba – MG.<sup>1</sup>

O experimento foi conduzido para avaliar os efeitos da suplementação de carboidrases de forma individual ( $\alpha$ -amilase) ou associada ao complexo enzimático ( $\alpha$ -galactosidase, galactomananase, xilanase e  $\beta$ -glucanase) em rações para frangos de corte. As rações foram formuladas à base de milho e farelo de soja, com reduções nos níveis nutricionais visando avaliar o desempenho, rendimento de carcaça e a viabilidade econômica do uso das enzimas. Foram utilizados 576 pintos de corte, fêmeas, da linhagem Cobb, distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado constituído por 4 tratamentos e 6 repetições de 24 aves alojadas em cada parcela, em galpão convencional de criação, localizado na cidade de Guanambi- BA. Os períodos avaliados foram de 1 a 21, 1 a 35 e 1 a 42 dias. Os tratamentos consistiram em T1 = ração-controle-positivo; T2 = ração-controle-negativo, com redução em 35 Kcal na fase inicial e 70 Kcal/kg de ração para as fases de crescimento e final; T3 = ração reformulada com 300g/ton de amilase exógena (isonutriente a T1) e T4 = ração reformulada com 300 g/ton de  $\alpha$ -amilase exógena + 200 g/ton de complexo enzimático carboidrase (isonutriente a T1). A matriz nutricional da amilase exógena na ração T3 foi de 116,67 Kcal/kg na fase inicial e 233,34 Kcal/kg nas fases de crescimento e final. Para a ração T4 a matriz nutricional da amilase exógena foi de 116,67 Kcal/kg na fase inicial e 200,00 Kcal/kg nas fases de crescimento e final. Houve valoração dos ingredientes milho e farelo de soja em 1,5 e 6% na EMAn, respectivamente e 2% nos aminoácidos limitantes para ambos ingredientes. A ração-controle-negativo, a controle-positivo e a aquela contendo apenas amilase exógena não promoveram diferenças no desempenho. A utilização de complexo enzimático composto por  $\alpha$ -galactosidase, galactomananase, xilanase e  $\beta$ -glucanase associado à enzima exógena  $\alpha$ -amilase piora o desempenho e gera mesma resposta econômica na produção de frangos de corte, sem alterar o rendimento de carcaça e de seus cortes.

**Palavras-chave:** desempenho, enzimas exógenas, frangos de corte, rendimento de carcaça.

---

<sup>1</sup> **Comitê de Orientação:** Prof<sup>ª</sup>. DSc. Mônica Patrícia Maciel – Departamento de Ciências Agrárias/UNIMONTES (Orientadora); Prof. DSc. Felipe Shindy Aiura – Departamento de Ciências Agrárias/UNIMONTES (Co-orientador).

## ABSTRACT

**CARDOSO, Diogo de Moraes.** Carbohydrases in diets for broiler. **2009. 68 p.** Dissertation (Master's degree in Animal Science) – Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba – MG.<sup>1</sup>

The experiment was carried out in order to evaluate the effects of supplemental carbohydrases individually ( $\alpha$ -amylase) or associated with the enzyme complex ( $\alpha$ -galactosidase, galactomananase, xylanase and  $\beta$ -glucanase) in diets for broilers. The diets were formulated based on corn and soybean meal, with reductions in nutrient levels to evaluate the performance, carcass yield and economic viability of the use of enzymes. Were used 576 females chicks, Cobb lineage, distributed in a completely randomized design consisting of 4 treatments and 6 replicates of 24 birds put in each plot in conventional poultry house, in Guanambi-BA. The evaluation periods were 1 to 21, 1 to 35 and 1 to 42 days. The treatments were T1 = positive control diet T2 = negative control diet with 35 kcal reduction in the initial phase and 70 kcal / kg of feed for the growth and final phase T3 = diet reformulated with 300g/ton of exogenous amylase (isonutrient to T1) and T4 = diet reformulated with 300 g / ton of exogenous  $\alpha$ -amylase + 200 g / ton of carbohydrases enzyme complex (isonutrient to T1). The nutritional matrix of the amylase exogenous in the diet was 116,67 kcal / kg in the initial phase and 233,34 kcal / kg in the growth and final stages. The nutritional matrix of the amylase exogenous in the diet T4 was 116,67 kcal / kg in the initial phase and 200,00 kcal / kg in the growth and final stages. There was appreciation of the ingredients corn and soybean meal at 1.5 and 6% in AMEn, and 2% respectively limiting amino acids for both ingredients. The negative control diet, the positive control one and the diet containing only exogenous amylase. did not make difference on performance. The use of enzyme complex compound of  $\alpha$ -galactosidase, galactomananase, xylanase and  $\beta$ -glucanase associated with exogenous enzyme  $\alpha$ -amylase worsens performance and generates the same economic response in the production of broilers, without changing the carcass and cuts yield.

Keywords: performance, exogenous enzymes, broilers, carcass yield.

---

<sup>1</sup> **Guidance committee:** Prof<sup>ª</sup>. DSc. Mônica Patrícia Maciel – Department of Agrarian Sciences/UNIMONTES (Adviser); Prof. DSc. Felipe Shindy Aiura – Department of Agrarian Sciences /UNIMONTES (Co-adviser).

## 1 INTRODUÇÃO

A avicultura tem se destacado no cenário econômico nacional, atingindo resultados cada vez mais expressivos. Devido a avanços tecnológicos constantes, obtidos com melhoramento genético, sanidade e nutrição das aves, foi possível atingir patamares cada vez mais positivos. Adicionados a esses fatores, pesquisas no campo do manejo e da nutrição têm contribuído de forma decisiva para o aumento da produtividade, melhorando ainda mais a eficiência produtiva da criação. Este progresso possibilitou ao setor importante evidência no panorama produtivo, contribuindo maciçamente para a economia do Brasil.

Mediante toda essa evolução, os nutricionistas atribuem grande parte de seus esforços à busca por alternativas para formulação de rações mais econômicas e eficientes, uma vez que constitui como item mais oneroso na produção de frangos de corte. Desta forma, investigações no âmbito da nutrição avícola tem sido foco de muitos pesquisadores, principalmente na tentativa de melhorar o uso dos ingredientes empregados para o balanceamento da dieta.

No Brasil, as rações para frangos de corte são compostas basicamente por milho e farelo de soja, em média 60 e 40% respectivamente e a utilização dos nutrientes contidos no milho pelos frangos de corte é considerada alta. Mesmo assim, nem todo conteúdo nutricional desse ingrediente é usado em sua totalidade. Fato semelhante ocorre com o farelo de soja, que apresenta em sua composição substâncias antinutricionais importantes, como os polissacarídeos não amiláceos (PNAs), que limitam o uso em sua plenitude pelo organismo das aves, restringindo a capacidade de aproveitamento dos nutrientes por estes animais.

Os animais não ruminantes são desprovidos de certas enzimas com capacidade de hidrolisarem os PNAs. Alguns alimentos utilizados em rações para aves apresentam elevados teores destes compostos, dentre eles destacam-se

a aveia, centeio, cevada, trigo e triticale, ingredientes tradicionalmente utilizados em países europeus e, em menores proporções, aqueles comumente utilizados no Brasil, como o milho e o farelo de soja.

O uso de enzimas exógenas na ração pode contribuir para a melhoria da eficiência produtiva das aves devido à melhoria da digestão de produtos considerados de baixa qualidade, além de contribuir com a redução da perda de nutrientes fecais, sendo possível reduzir os níveis nutricionais da dieta possibilitando retorno econômico ao produtor (TORRES *et al.*, 2003). No entanto, pouca atenção tem sido dada à utilização de enzimas exógenas em rações à base de milho e farelo de soja.

Os efeitos benéficos das enzimas exógenas, melhorando a digestibilidade dos nutrientes para aves, são muito citados na literatura. Entretanto, a maioria das pesquisas é feita com base no uso destas enzimas em rações contendo nutrientes com altas quantidades de PNAs, como aveia, cevada, farelo de trigo e farelo de arroz, realidade contrária à observada no Brasil. Pesquisas utilizando enzimas exógenas em rações à base de milho e farelo de soja são direcionadas para um melhor aproveitamento dos nutrientes contidos nestes ingredientes, principalmente os PNAs.

Devido aos custos de produção, somados ao maior aproveitamento nutricional dos ingredientes utilizados em ração para aves e ainda pela inconsistência dos resultados atuais, faz-se necessário a realização de mais pesquisas sobre o tema em questão. O principal intuito, no entanto, deve ser sustentado na avaliação da funcionalidade e no potencial das enzimas exógenas disponíveis no mercado.

Deste modo, objetivou-se com o presente trabalho avaliar os efeitos da suplementação de uma amilase ( $\alpha$ -amilase) e sua associação ao complexo enzimático composto por carboidrases ( $\alpha$ -galactosidase, galactomananase,

xilanase e  $\beta$ -glucanase) sobre o desempenho, rendimentos de carcaça e cortes, fator de produção e viabilidade econômica na criação de frangos de corte.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Milho e farelo de soja na alimentação de aves

De acordo com o Sindicato Nacional da Indústria de Alimentação Animal (SINDIRAÇÕES), mesmo com a queda na demanda por ração ocasionada pela crise econômica mundial (quase 1 milhão de toneladas comparado ao mesmo período do ano anterior), a indústria da Avicultura ainda demanda quase 50% da totalidade da ração produzida no país (ZANNI, 2009).

A falta de uniformidade e possíveis alterações na qualidade das matérias-primas existentes no mercado brasileiro ainda são alguns dos principais problemas enfrentados pela indústria de alimentos, afetando a qualidade das rações e, conseqüentemente, interferindo no desempenho animal (CARVALHO, 2002).

Apesar da busca constante por alimentos alternativos, o milho ainda é a fonte energética tradicional nas formulações, apresentando-se com maior representatividade para a Avicultura (HRUBY e PIERSON, 2005), contribuindo com aproximadamente 65 a 70% da energia total da dieta. Além disso, mesmo apresentando baixo conteúdo protéico, propicia cerca de 25% da proteína dietética (BERTECHINI *et al.*, 1999). Entretanto, algumas pesquisas demonstram que existem diferenças significativas na variação da composição bromatológica do milho (FREITAS *et al.*, 2000) entre regiões e dentro de uma mesma região (OSERA *et al.*, 2008).

Diferentes híbridos ou variedades de milho de uma mesma região ao serem submetidos à avaliação podem apresentar diferenças na digestibilidade dos nutrientes para aves, sem que sejam evidentes as variações na composição percentual dos nutrientes (RODRIGUES *et al.*, 2001a). A composição bromatológica e a digestibilidade dos nutrientes podem ser influenciadas pela

presença de diferentes variedades, influência do solo de cultivo, época e tipo de processamento dos alimentos (RODRIGUES *et al.*, 2001b).

A soja é um dos insumos de grande importância para a Avicultura brasileira e de outros países, dado a sua alta qualidade, seja pela quantidade ou qualidade no perfil de aminoácidos, especialmente lisina, além de contribuir no montante energético da dieta (BRUM *et al.*, 2006a). O farelo de soja é considerado fonte primária de proteína na produção de dietas animais, especialmente para não ruminantes. Atualmente, a demanda por este insumo tem se elevado ainda mais devido, principalmente, às pressões de países importadores de carne de frango que proíbem o uso de proteína de origem animal na dieta de animais de interesse zootécnico (GERBER, 2004).

A composição e a qualidade do grão dependem de fatores como genética das sementes, práticas culturais, condições climáticas durante o desenvolvimento, colheita, recebimento, processamento e armazenamento (FREITAS *et al.*, 2000; PARSAIE *et al.*, 2006). Além disso, a qualidade nutricional, tanto da proteína como da energia metabolizável está diretamente relacionada com o nível de inclusão de casca empregada na obtenção do farelo de soja (GERBER, 2004).

Para Ruiz *et al.* (2008), os carboidratos correspondem a 40% da matéria seca do farelo de soja e metade desse montante é composta por carboidratos de origem não-estrutural, abrangendo açúcares de baixo peso molecular, oligossacarídeos e pequenas quantidades de amido. O restante é composto por polissacarídeos estruturais.

O farelo obtido a partir do processamento do grão de soja, mesmo sendo a fonte protéica mais usada na nutrição animal no Brasil, não é tão bem utilizado pelas aves. A energia metabolizável do farelo de soja é baixa em relação à sua energia bruta, principalmente devido aos carboidratos não digeríveis, tais como a rafinose e estaquiase (BORGES, 2005).

Embora as rações compostas por milho e farelo de soja possuam digestibilidade relativamente alta, esses ingredientes, mesmo submetidos a processamentos, podem apresentar alguns fatores intrínsecos com características antinutricionais (OLUKOSI *et al.*, 2007), podendo ser degradados com eficiência somente com a inclusão de enzimas exógenas às rações.

Os valores apresentados de PNAs nos grãos também sofrem grande variação. Segundo Malathi e Devegowda (2001), o milho e farelo de soja possuem respectivamente 9,32 e 29,02% de PNAs totais. Ruiz *et al.* (2008) reportaram valores próximos a 9,7 e 10,3%. Já Tavernari *et al.* (2008) estimaram teores destes compostos em 8,10 e 30,3%. Os valores encontrados pelos diferentes pesquisadores demonstram grandes variações entre as frações de PNAs dentro das mesmas espécies de alimentos.

## **2.2 Polissacarídeos**

Os polímeros de açúcares apresentam uma variação progressiva no tamanho da cadeia. Aqueles que contêm mais de 20 unidades são chamados polissacarídeos, podendo conter centenas ou milhares de unidades monossacarídicas. Os polissacarídeos de origem vegetal, como o amido, consistem em unidades repetitivas de D-glicose, mas diferem entre si no tipo de ligação glicosídica, conseqüentemente têm propriedades e funções biológicas diferentes (LEHNINGER *et al.*, 2002).

O amido é produzido pelos vegetais como fonte de reserva nutricional. É depositado na forma de grânulos insolúveis compostos de  $\alpha$ -amilose e amilopectina. A  $\alpha$ -amilose é um polímero linear de milhares de resíduos de glicose em ligações  $\alpha$ -1,4. A amilopectina consiste principalmente de polímeros de glicose em ligações também  $\alpha$ -1,4, mas com ramificações  $\alpha$ -1,6. A relação entre amilose e amilopectina varia entre as variedades, condições de cultivo da

planta e espécies de grãos vegetais (VIEIRA, 2002). Essa relação também pode ocasionar na variação da digestibilidade dos carboidratos, uma vez que a amilopectina é mais facilmente digerida que a amilose. O milho, por exemplo, apresenta em média 28% de amilose e 72% de amilopectina e apresenta alta digestibilidade (PENZ JR., 1998).

Por outro lado, alguns aspectos físico-químicos do amido podem afetar a digestibilidade em um alimento. De modo geral, os principais fatores que podem interferir no aproveitamento deste polissacarídeo incluem: a sua origem botânica, a relação amilose e amilopectina, a forma física e o tipo de processamento do amido, assim como interações ocorridas entre esta substância e outros constituintes do alimento (LOBO e SILVA, 2003).

Segundo Garcia *et al.* (2003), a digestibilidade do amido é bastante alta em não ruminantes (95%). Entretanto, alguns estudos têm mostrado que a forma física do alimento é o principal fator determinante da velocidade de digestão do amido. Com o processamento, os alimentos sofrem modificações em sua estrutura física, fazendo o amido ficar mais acessível à ação das enzimas digestivas (LOBO e SILVA, 2003).

### **2.3 Polissacarídeos não amiláceos**

Polissacarídeo, de modo geral, é o nome dado às macromoléculas compostas por um grande número de resíduos de monossacarídeos (unidade simples de açúcar) unidos por ligações denominadas glicosídicas, sendo definidos e classificados segundo considerações estruturais e propriedades físico-químicas (LEHNINGER *et al.*, 2002). Geralmente, os de origem não amiláceas estão relacionados negativamente com a energia metabolizável dos cereais (OTT, 2005).

Os efeitos nutricionais dos polissacarídeos não amiláceos em não ruminantes são bastante distintos e, em alguns casos, extremos. Contudo, geralmente, os maiores efeitos observados, atribuíveis aos PNAs, estão associados à viscosidade, efeitos fisiológicos e morfológicos no sistema digestório, acarretando em alterações no tempo de trânsito intestinal, modificação na estrutura da mucosa intestinal, variação na taxa de absorção de nutrientes (FRANCESCH, 1996; TAVERNARI *et al.*, 2008), além de interação com a microbiota intestinal (MOURINHO, 2006).

Os polissacarídeos não amiláceos estão localizados, principalmente, nas paredes celulares dos cereais, sendo importantes do ponto de vista estrutural para a planta. Ligações entre os PNAs e a lignina restringem a digestibilidade de forragens em herbívoros e, naturalmente, restringem a digestibilidade dos polissacarídeos quando ingeridos por não ruminantes (FISCHER *et al.*, 2002), levando também a uma pobre utilização dos demais nutrientes da ração (CHOCT, 2009), desempenhando atividade antinutricional.

Nos grãos dos cereais, a maior parte dos carboidratos apresenta-se na forma de amido, de fácil digestão pelos não ruminantes. Porém, diversas outras formas de carboidratos ocorrem nos cereais e farelos protéicos. Dentre esses, os principais são os polissacarídeos, como celulose, hemicelulose, pectinas e oligossacarídeos, como a estaquiose e a rafinose, todos eles de baixa digestibilidade para aves (CARVALHO, 2006). Dessa maneira, os PNAs contribuem pouco no montante energético da ração para não ruminantes, podendo também provocar efeitos adversos na digestão quando presentes em altas concentrações (VIEIRA, 2002).

Determinados tratamentos térmicos, como a extrusão e a peletização, melhoram significativamente a digestibilidade dos grãos e conseqüentemente, maximizam o desempenho dos animais. Contudo, existem alguns fatores antinutricionais e constituintes de baixa digestibilidade que não são afetados por

estes tipos de tratamento, seja total ou parcialmente, como as pectinas, hemiceluloses e oligossacarídeos (OPALINSKI *et al.*, 2006).

As moléculas de glicose no amido estão unidas pelas ligações glicosídicas do tipo  $\alpha$ -1,4 e  $\alpha$ -1,6. Essas e outras ligações são rompidas pelas enzimas endógenas das aves. No entanto, PNAs (arabinoxilanos, D-xilanos,  $\beta$ -glucanos, D-mananos, galactomananos, xiloglucanos, raminogalacturonas, substâncias pécticas, entre outras) que por ventura estejam presentes nas dietas não são digeridos, por que suas ligações  $\beta$  não são hidrolisadas pelas enzimas endógenas das aves e ainda por intervirem na utilização dos demais nutrientes, devido à formação de gel e viscosidade da digesta (TORRES, 2003).

O amido geralmente está protegido dentro do endosperma e das células que o compõem. A parede dessas células é composta por frações de carboidratos solúveis e insolúveis, onde a maior parte desses é representada por fração de hemicelulose, integrada basicamente por pentosanas solúveis e também de uma parcela de  $\beta$ -glucanos. O teor dessa fração é muito variável nos grãos dos cereais (CARVALHO, 2006).

Em aves, somente a enzima amilase, produzida pelo pâncreas, pode hidrolisar o amido a unidades menores, passíveis de serem absorvidas. Tal enzima apresenta especificidade atuando sobre ligações glicosídicas do tipo  $\alpha$ -1,4.

As enzimas endógenas produzidas por aves e suínos não podem hidrolisar os PNAs contidos nos cereais (OPALINSKI *et al.*, 2006; SANTOS *et al.*, 2006; TEJEDOR *et al.*, 2001; TORRES *et al.*, 2003). Dessa forma, grande parte ou mesmo a totalidade destes compostos dietéticos passa pelo intestino delgado quase que inteiramente intactos, sendo fermentados no intestino grosso (ceco e cólon) pela microflora presente. Geralmente as plantas apresentam uma mistura de PNAs solúveis e insolúveis em uma relação que varia de acordo com a espécie e estágio vegetativo, sendo os principais fatores antinutricionais os

PNAs provenientes de beta-glucanos, arabinoxilans, pectinas e oligossacarídeos da família da rafinose (ARAÚJO, 2005).

Para Zanella (1998) e Choct (2006), os grãos de cereais utilizados na alimentação das aves estão classificados em cereais viscosos (aveia, cevada, centeio, trigo e triticale) e não viscosos ou de baixa viscosidade (milho, sorgo e soja).

Dependendo da solubilidade dos seus constituintes, os PNAs são classificados como solúveis e insolúveis. As fibras insolúveis são as celulosas, as ligninas e algumas hemiceluloses. As fibras solúveis são compostas por pectinas, gomas e principalmente pela hemicelulose. Esta, por sua vez, é constituída por arabinoxilanos,  $\beta$ -glucanos, D-xilanos, D-mananos, xiloglucanos, entre outros (TAVERNARI *et al.*, 2008).

Opalinski *et al.* (2006) destacam que, embora os polissacarídeos sejam classificados como solúveis e insolúveis, pela capacidade de formarem soluções homogênea ou não com a água, muitas das atividades antinutritivas são atribuídas diretamente aos polissacarídeos solúveis mesmo sabendo que os polissacarídeos insolúveis exercerem forte efeito na taxa de passagem da digesta e na retenção de água.

### **2.3.1 Polissacarídeos não amiláceos solúveis**

Os polissacarídeos não amiláceos solúveis são caracterizados por interagirem com o glicocálix da borda em escova intestinal, ocasionando aumento da espessura da camada de água na mucosa, reduzindo a eficiência da absorção dos nutrientes pela parede intestinal. Tais compostos, além de atuarem como barreiras físicas a digestão e absorção de nutrientes, pelo aumento da viscosidade intestinal, agem modificando a secreção endógena de água, proteínas, eletrólitos e lipídios (MOURINHO, 2006). O simples aumento da

viscosidade da digesta, por si só, pode levar a uma redução da digestibilidade aparente da proteína, do amido, e, em particular, dos lipídios (SMITS *et al.*, 1998).

No entanto, PNAs solúveis são conhecidos por possuir propriedades antinutricionais ou por encapsularem nutrientes e/ou deprimirem sua digestibilidade total através de alterações gastrointestinais. A depressão na digestão de nutrientes reduz a energia metabolizável da dieta, aumentando simultaneamente a taxa de conversão alimentar (WILLIAMS *et al.*, 2009).

Além de causarem mudanças nas características do intestino delgado, alguns PNAs apresentam a capacidade de se ligarem a sais biliares (MORGADO *et al.*, 2009), resultando em significativa perda desses ácidos pelas fezes (MATHLOUTHI *et al.*, 2002). Por sua vez, este fato pode resultar na elevação de síntese hepática dos ácidos biliares na tentativa de restabelecer esses metabólitos na circulação enteroepática.

A alta viscosidade no intestino, geralmente, diminui a taxa de difusão dos substratos e enzimas digestivas, obstruindo sua interação com a superfície intestinal devido ao fato dos nutrientes se tornarem menos disponíveis para a digestão (CONTE *et al.*, 2002).

O aumento da viscosidade da digesta pelos PNAs solúveis ocorre, principalmente, pelas frações solúveis da hemicelulose,  $\beta$ -glucanos e arabinosilanos (TAVERNARI *et al.*, 2008). Além destas, existe uma grande variedade de estruturas químicas e diferenças nas propriedades físicas dos polissacarídeos não amídicos (SILVERSIDES e BEDFORD, 1999). Francesch (1996) destaca que, normalmente, estes polissacarídeos não ocorrem de forma isolada nos alimentos. Alguns deles bloqueiam os nutrientes no lúmen da célula, o que é chamado de “efeito prisão”.

Grande parte dos PNAs integram a parede celular dos vegetais e apresentam ligações fortes, associadas com outros polissacarídeos e também a

outros nutrientes, como as proteínas e a lignina. Tais associações são importantes pois, possivelmente, irão influenciar no modo como estes polissacarídeos se comportam após a ingestão (TAVERNARI *et al.*, 2008). Não se sabe ao certo o motivo para tal efeito, mas algumas implicações fisiológicas estão envolvidas no processo. Dentre elas destacam-se piora na difusão das lipases e sais biliares pelo lúmen intestinal; limitações quanto ao contato entre os compostos da digesta e as secreções digestivas; dificuldade do transporte dos nutrientes até a superfície epitelial. Outro fator agravante seria ocasionado devido ao aumento da secreção de muco pela mucosa com aumento da viscosidade, interferindo na absorção dos nutrientes, além de maior secreção pancreático-biliar e menor capacidade de absorção de compostos endógenos, o que aumenta as perdas de substâncias endógenas (KIM *et al.*, 2003).

Segundo Gardiner *et al.* (1995), outra característica digestiva dos carboidratos constituintes da fibra solúvel é sua fácil fermentabilidade, dada à boa acessibilidade da flora microbiana no intestino delgado (ID). Deste modo, uma fração expressiva da fibra solúvel é degradada antes de chegar ao intestino grosso (IG), resultando na formação de ácido lático e ácidos graxos voláteis (AGV). O resíduo é degradado no IG pela flora comensal local. Os mesmos autores indicam que os AGV presentes no cólon atuam estimulando a proliferação de células da mucosa, aumentando o fluxo sanguíneo e a motilidade intestinal da mesma. Estes efeitos podem resultar na melhor manutenção da integridade da mucosa intestinal, atuando como barreira contra as bactérias e endotoxinas.

### **2.3.2 Polissacarídeos não amiláceos insolúveis**

Níveis elevados de PNAs insolúveis na dieta afetam a taxa de passagem no intestino delgado, podendo ser decorrente da estimulação física da fibra

insolúvel sobre as paredes do trato gastrointestinal, que tende a aumentar a motilidade e a taxa de passagem. Por consequência, reduzem o tempo de permanência da digesta sobre a atuação enzimática, ocasionando na redução da digestibilidade dos nutrientes (WARPECHOWSKI, 1996). O aumento dos teores dessa fração provoca a diminuição da energia da ração e, conseqüentemente, eleva o consumo na tentativa de se compensar a baixa densidade energética da mesma.

A fibra insolúvel afeta as funções do intestino e modula a digestão de nutrientes. Deste modo, a digestibilidade do amido é maior e a taxa de passagem da digesta é mais lenta quando um nível moderado de fibra insolúvel está presente na dieta. O efeito das fibras insolúveis sobre as funções do intestino decorrem de sua capacidade de se acumularem na moela, o que parece regular a taxa de passagem da digesta e digestão de nutrientes no intestino. Além disso, há indícios de que dietas ricas em fibras insolúveis podem servir como medida preventiva aos surtos de canibalismo em poedeiras. Especula-se que, com o desaparecimento mais rápido dos nutrientes do lúmen e a movimentação mais rápida da digesta pelo intestino, as aves passem mais tempo comendo e menos tempo bicando umas as outras. No entanto, a capacidade de fibras insolúveis em exercer estes efeitos parece estar relacionada, em parte, ao tamanho de partícula, uma vez que a moagem fina diminui sua influência estimulatória sobre a moela (HETLAND *et al*, 2004).

Os polissacarídeos não amiláceos insolúveis do farelo de soja são parcialmente resistentes à fermentação microbiana no intestino grosso e são constituintes insolúveis da parede celular. A importância nutricional desses polissacarídeos como fonte de energia para não ruminantes poderia ser melhorada se esses carboidratos fossem quebrados em seus constituintes monoméricos (MOURINHO, 2006).

## 2.4 Digestão dos carboidratos pelas aves

A principal forma de digestão adotada pelas aves é a enzimática, que ocorre no intestino delgado, embora o processo digestivo dos carboidratos envolva ações mecânicas e microbiológicas. De toda forma, o produto final oriundo da degradação dos carboidratos e responsável pelo aporte energético é a glicose (MINAFRA, 2007) que será absorvida pelo epitélio intestinal, vindo, principalmente, do amido dos cereais (LIMA *et al.*, 2007).

Conforme Boleli *et al.* (2002), em relação à ação enzimática, as aves, diferentemente dos suínos, não possuem a enzima  $\alpha$ -amilase salivar, portanto a digestão enzimática não se inicia na boca. No intestino delgado, a enzima pancreática  $\alpha$ -amilase quebra as ligações  $\alpha$ -1-4 das moléculas do amido, transformando-o em oligossacarídeos e dissacarídeos. Por sua vez, estes dois sofrem ação das enzimas da mucosa intestinal, quebrando as moléculas em monossacarídeos. Todavia, para que tal processo ocorra, é fundamental que o alimento fique exposto, por um determinado tempo, à ação das enzimas. Finalmente, os monossacarídeos são absorvidos pela mucosa intestinal, mormente, por meio de transporte ativo sódio dependente.

Todo esse processo é dependente de alguns fatores, considerados extrínsecos, como: taxa de passagem/tempo de trânsito intestinal, concentração de substrato disponível para ação enzimática e a presença de outros componentes da dieta que retardam a hidrólise enzimática (CHAPMAN *et al.*, 1985; CUMMINGS e ENGLYST, 1995).

As enzimas dissacaridases estão ligadas à membrana e apresentam sensibilidade a alterações que, por ventura, ocorram na superfície. Este fato sugere que tanto a digestão como a absorção de carboidratos pelas aves não são fixas, mas são altamente ajustáveis de acordo com a presença de substrato na dieta (UNI *et al.*, 1998). Segundo Hopher (1988), citado por Oliveira (2006), a

digestão do alimento depende de três fatores principais: o diâmetro das partículas que constituem o alimento ingerido, pelos quais se torna susceptível à ação das enzimas digestivas; a atividade dessas enzimas e o tempo de exposição do alimento ao sistema digestório.

A capacidade digestiva das aves está intimamente relacionada com a idade (LONGO, 2003) e com o tempo de contato após eclosão do trato gastrointestinal com o alimento (UNI *et al.*, 1998). Durante as primeiras semanas de vida, a atividade enzimática e do desenvolvimento fisiológico não estão consolidados. A digestibilidade da energia é significativamente inferior nas aves nas primeiras semanas de vida, elevando-se a partir da terceira semana (BRENES *et al.*, 1996). O segmento do intestino delgado que propicia maior crescimento inicial é o duodeno (OLUKOSI *et al.*, 2007).

A digestibilidade do amido também pode ser afetada por diversos fatores, tais como a composição e forma física do amido, interações entre proteína-amido, integridade celular e forma física do alimento, que são diferentes entre as diversas fontes empregadas (MURRAY *et al.*, 1999; ROONEY e PFLUGFELDER, 1986; WOLOVER e BOLOGNESI, 1996).

## **2.5 Enzimas**

Enzimas são proteínas com alto grau de especificidade por seu substrato, as quais atuam acelerando reações químicas específicas, podendo agir em diferentes soluções aquosas, em condições específicas de temperatura e pH. São muitas vezes classificadas de acordo com as reações de que participam. Algumas delas são proteínas simples, podendo também ser classificadas como conjugadas, e apresentar em sua composição grupos de íons metálicos, coenzimas ou ambos (LEHNINGER *et al.*, 2002).

A atuação enzimática permite que a energia de ativação entre as reações metabólicas seja reduzida, além de serem sintetizadas pelas próprias células, podendo sofrer ajustes conforme a demanda do próprio organismo. As enzimas têm a capacidade de acelerar as reações metabólicas, sendo que a sua ausência impossibilitaria a manutenção do equilíbrio metabólico (MARZZOCO e TORRES, 1999).

As enzimas apresentam estruturas bastante frágeis, podendo ser desarranjadas, tornando-as ineficazes. Vários processos podem contribuir para a ocorrência da desnaturação enzimática, como por exemplo, em situação de calor excessivo, presença de ácidos, vitaminas, minerais, ou agentes oxidantes (OSERA *et al.*, 2008). Por catalizarem as reações químicas nos sistemas biológicos, estão envolvidas em todo o processo metabólico do organismo animal. No trato digestório, são ativadas ao se misturarem aos fluidos digestivos, sob temperatura do organismo.

Strada *et al.* (2005) citam os fatores que influenciam a atuação das enzimas no organismo animal, destacando-se aqueles relacionados ao processamento da ração, pH do meio, comprimento do trato gastrointestinal, grau de hidratação, temperatura corporal, susceptibilidade da enzima exógena ao ataque da endógena, concentração do produto e tipo de ingrediente utilizado na ração.

As aves produzem enzimas específicas para hidrólise de carboidratos com ligações alfa, como a do amido; todavia, são inertes na degradação de carboidratos que possuem ligações beta e oligossacarídeos contendo galactose, como os galactomananos, presentes em várias sementes usadas nas dietas de aves (COTTA *et al.*, 2002).

### 2.5.1 Objetivos da utilização de enzimas exógenas

Em geral, a adição de enzimas exógenas na alimentação animal apresenta dois objetivos definidos, sendo eles a inserção de enzimas já produzidas pelo próprio animal, complementando as enzimas endógenas, como amilases e proteases, e também pelo fornecimento de enzimas não sintetizadas pelo animal, com relevância maior aos animais jovens (PENS JR., 1998). Desta forma, a presença das enzimas pode contribuir para melhoria da digestão de componentes que normalmente não seriam digeridos, ou ainda reduzir os efeitos prejudiciais dos fatores antinutricionais causados pelos PNAs. Assim a digestão se tornaria mais eficiente, disponibilizando maior quantidade de energia contida nos alimentos, além de reduzir o investimento energético do animal para a síntese enzimática endógena (ARAUJO, 2005; FISCHER *et al.*, 2002).

A viscosidade da ração pode ser minimizada pela utilização de enzimas exógenas, uma vez que provocam a ruptura da parede celular dos vegetais, tornando os nutrientes mais disponíveis para absorção do animal (SILVERSIDES e BEDFORD, 1999). A utilização de enzimas, em especial as carboidrases, vem se acentuando visando à utilização de alimentos que possuem quantidades significativas de PNAs. A função dessas enzimas seria melhorar a energia metabolizável e diminuir a viscosidade da digesta, fator esse considerado antinutritivo (CONTE *et al.*, 2002).

A hidrólise dos PNAs resulta na elevação da disponibilidade energética dos alimentos e no aumento dos componentes nutritivos dos alimentos, que se encontram encapsulados. Contudo, a produção dessas enzimas em nível comercial pelas indústrias deve e necessita de testes para comprovação de sua eficácia, principalmente, as carboidrases, muito utilizadas na Europa, onde os ingredientes a que se destinam são os cereais brancos como o trigo, cevada e centeio, ricos em PNAs (SCHOULTEN *et al.*, 2003). Após comprovação da

eficácia das carboidrases, estas poderiam promover o aumento da utilização de subprodutos de origem vegetal, reduzindo os custos de produção das rações, além de colaborar com a proteção ambiental devido à redução da excreção de nutrientes nas excretas (SCHOULTEN *et al.*, 2003).

Esboços sobre a eficácia de enzimas exógenas nas rações ainda apresentam resultados bastante controversos. A existência de uma variedade de ingredientes utilizados em alimentação animal pode implicar no uso de diferentes enzimas exógenas. A partir de resultados de diversos estudos, alguns pesquisadores vêm tentando ajustar a quantidade, ou mesmo combinação, de cada enzima a ser utilizada nas rações para determinados ingredientes. Outra possibilidade seria prever a resposta da adição das enzimas exógenas à concentração de algum componente da ração. Deste modo, seria possível usar concentrações específicas de enzimas, de atuação própria, resultando na melhoria da utilização dos outros componentes da ração e ainda disponibilizando energia a partir deste composto, anteriormente não degradados (OTT, 2005).

Enzimas exógenas também se relacionam à saúde intestinal das aves. A viscosidade elevada e a redução da taxa de passagem oferecem meios favoráveis à multiplicação indesejável de bactérias. Por sua vez, estas podem migrar para o intestino delgado, competindo pelos nutrientes e energia oriundos de compostos não digeridos pelo animal, interferindo, conseqüentemente, no seu desempenho (GOMES *et al.*, 2000). Outro entrave seria a degradação de enzimas biliares pelas bactérias colonizadoras, influenciando a digestibilidade dos lipídios (DOURADO, 2008).

### **2.5.2 Obtenção das enzimas para alimentação animal**

O processo de obtenção de enzimas exógenas tem sido baseado no cultivo de fungos do gênero *Aspergillus sp*, bactérias do gênero *Bacillus sp*, e

leveduras (FIREMAN e FIREMAN, 1998); sendo os microrganismos a principal fonte produtora de enzimas escolhida por laboratórios especializados (FISCHER *et al.*, 2002). Para produção das enzimas em nível industrial, são utilizados meios de cultivos aeróbicos, sendo o produto resultante de processos fermentativos (COTTA *et al.*, 2002).

Neste processo, ocorre a aplicação de inóculo (levedura) sobre um determinado substrato, condicionado em ambiente controlado propício à fermentação. Ao término desta etapa, a biomassa gerada é separada, posteriormente resfriada, centrifugada e concentrada. Em seguida, realiza-se a filtragem, padronização e controle da qualidade, de acordo com a apresentação física do produto disponibilizado no comércio, podendo este se apresentar na forma líquida, ou sólida, em pó (COWAN, 1993). As enzimas produzidas industrialmente e utilizadas na nutrição animal são consideradas aditivos, não apresentando função nutricional direta, mas pelo auxílio ao sistema digestório, melhorando a digestibilidade dos nutrientes contidos na dieta (CAMPESTRINI *et al.*, 2005).

Enzimas de origem bacteriana apresentam vantagens sobre as de origem fúngica, uma vez que sua produção é maior. No entanto, galactosidases de fungos são obtidas mais facilmente devido à sua localização extracelular e seu amplo perfil de estabilidade, sendo, portanto, viável sua produção em escala industrial (GÓES e RIBEIRO, 2002). Em vista disso, há um grande interesse no uso de  $\alpha$ -galactosidases de leveduras para aplicação em processos industriais (BRASIL, 2007).

As enzimas comerciais são disponibilizadas pelas indústrias na forma de enzimas específicas ou por meio de complexos multienzimáticos, adicionados a ração com intuito de melhorar o valor nutritivo dos alimentos (GIACOMETTI, 2002).

Inicialmente, as enzimas eram obtidas pelos subprodutos da indústria alimentícia. Assim, seus componentes, sua estabilidade e atividade eram questionadas quanto à forma de fabricação e eficácia. Os fatores limitantes em gêneros alimentícios, como os componentes de parede celular e fatores antinutricionais, foram distinguidos bioquimicamente. Atualmente, as enzimas são identificadas e testadas, sendo específicas e produzidas sob condições controladas (OLIVEIRA, 2006).

A amilase é produzida a partir do *Bacillus amyloliquifaciens*, a qual atua para aumentar a digestibilidade do amido. Já as hemicelulases são responsáveis pela quebra da hemicelulose existente no farelo de soja, como carboidratos estruturais de suas sementes e incluem as galactomanoses e galactooligosacarídeos. A celulase é obtida pela extração da fermentação do *Trichoderma viride*, podendo este vir misturado, quando em pó, ao amido de milho, que funciona como veículo da enzima em nível laboratorial (GIACOMETTI, 2002).

Para que as enzimas apresentem capacidade potencial para atuarem em seus substratos, devem apresentar características que propiciem a resistência e sua conservação após os processos de fabricação e ao passarem pelo processo de digestão nos animais. A estabilidade das enzimas pode ser influenciada pela própria origem (microrganismo), pelo tipo de atividade, composição da dieta, tipo de processamento adotado (em especial a temperatura empregada), armazenamento, condições durante o processo digestivo e pela ação das enzimas endógenas (FRANCESCH, 1996).

### **2.5.3 Influência das enzimas exógenas sobre a digestibilidade dos nutrientes, desempenho e rendimento de carcaça de frangos de corte**

Os nutricionistas têm dado atenção diferenciada ao emprego das enzimas exógenas na nutrição de animal, principalmente àquelas que não são produzidas pelo sistema digestório dos animais, como determinadas carboidrases e fitases. Todo este aparato enzimático visa a melhorar o aproveitamento de nutrientes que, normalmente, não estariam disponíveis para o animal, ou mesmo suplementam a ração com quantidades extras de enzimas já produzidas por ele, como amilases, proteases e lipases. Existe a tendência em se elevar o consumo desses produtos caso os custos com ingrediente como milho, farelo de soja e óleos se elevarem mais. Em determinadas situações, há a demanda pelos mesmos produtos por mercados competidores como no caso dos biocombustíveis (SILVA JR., 2009).

As enzimas limitam sua capacidade catalítica às condições ambientais sob as quais elas atuam. Portanto, o sucesso da utilização das enzimas exógenas necessita de conhecimento sobre os possíveis substratos a serem hidrolisados, juntamente com as condições nas quais as reações são realizadas (LIMA *et al.*, 2002). No milho, o amido, os xilanos (constituintes das paredes celulares), e na soja, as pectinas, os oligossacarídeos (estaquiose e rafinose), os xilanos e as proteínas de armazenamento podem servir de substrato para as enzimas como as carboidrases e as proteases (PENS JR. e DARI, 2008).

A combinação de mais de uma enzima na ração de não ruminantes pode potencializar os efeitos benéficos sobre a digestibilidade dos alimentos (ARAUJO, 2008). O resultado pode contribuir para a melhoria do desempenho animal. As enzimas atuam em conjunto, agindo de forma sinérgica, degradando os componentes dos alimentos que sofrerão posteriormente ação de outras enzimas adicionadas no complexo, ou até mesmo das enzimas endógenas

melhorando o aproveitamento dos nutrientes pelas aves (DOURADO, 2008). Individualmente, os efeitos das enzimas são bastante estabelecidos, conforme evidenciado na tabela 1.

**TABELA 1.** Efeitos de enzimas exógenas utilizadas em rações avícolas

| ENZIMA     | SUBSTRATO      | EFEITO   |
|------------|----------------|--|
| Xilanases  | Arabinoxilanas | Redução da viscosidade da digesta intestinal                               |
| Glucanases | Betaglucanas   | Redução da viscosidade da digesta intestinal<br>Diminuição de ovos sujos   |
| Pectinases | Pectinas       | Redução da viscosidade da digesta intestinal                               |
| Celulases  | Celulose       | Aumento da digestibilidade da matéria seca                                 |
| Proteases  | Proteínas      | Suplementação de enzimas endógenas<br>Maior digestibilidade dos nutrientes |
| Amilases   | Amido          | Suplementação de enzimas endógenas<br>Maior digestibilidade dos nutrientes |
| Fitases    | Ácido fítico   | Aumento na utilização do fósforo vegetal<br>Remoção do fósforo fítico      |

Fonte: Adaptado de Marquardt (1997).

Apesar de muitas pesquisas desenvolvidas com o uso de enzima exógena nas rações, até o momento, os resultados apresentados são bastante contraditórios (CARVALHO *et al.*, 2008).

Silva *et al.* (2000) postulam que enzimas exógenas aumentam a digestibilidade e a eficiência de uso dos alimentos. Os polissacarídeos não amiláceos seriam os principais constituintes afetados pela atuação enzimática, podendo modificar a formulação da ração, contribuindo para a redução dos custos sem, no entanto, afetar o desempenho dos animais. Contrariamente aos benefícios propostos, Fischer *et al.* (2002), ao usarem complexo enzimático

composto por protease, amilase e celulase, observaram piora no desempenho das aves comparadas às aquelas arraçadas sem enzima. Segundo os autores, a adição do complexo multienzimático testado não supriu a superestimação dos níveis protéico, energético e aminoacídico do farelo de soja. Deste modo, as enzimas não proporcionaram o incremento energético e protéico esperado, fazendo com que as aves consumissem mais ração, com o objetivo de satisfazer as suas necessidades energéticas e protéicas, resultando em pior desempenho comparado às aves dos demais tratamentos.

Yu e Chung (2004) observaram que frangos de corte alimentados com ração de baixo valor energético apresentaram ganhos de peso semelhantes aos alimentados por ração com energia adequada. Todavia, a ração menos energética foi suplementada com amilase, xilanase e protease, o que pode explicar possíveis atuações desses produtos sobre os ingredientes milho e farelo de soja.

Costa *et al.* (2004), ao suplementarem ração à base de milho e farelo de soja com complexo enzimático com atividade de xilanase, amilase e protease, no período de 1 a 42 dias, observaram melhores resultados para ganho de peso, conversão alimentar e gordura abdominal. Em pesquisa semelhante, Torres *et al.* (2003) encontraram ainda que a adição de enzimas exógenas melhorou o índice de eficiência produtiva avaliado; contudo, não verificaram efeito das mesmas sobre a gordura abdominal.

Contrariamente aos resultados reportados, Strada *et al.* (2005) não observaram diferença para ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar, ao avaliarem o período criatório de 8 a 21 dias, usando complexo enzimático composto por  $\alpha$ -galactosidase, pectinase, celulasas e proteases. Ao avaliarem a enzima  $\alpha$ -amilase, Brum *et al.* (2007) puderam superestimar a EMA do farelo de soja sem afetar o ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar no período de 1 a 42 dias de idade.

Considerando as enzimas protease, amilase e celulase sobre o desempenho de frangos de corte alimentadas por ração balanceada com milho e farelo de soja, Fischer *et al.* (2002) verificaram que o complexo não proporcionou ganhos no desempenho das mesmas. Concluíram ainda que o desenvolvimento das aves alimentadas com a ração superestimada em 5% nos seus níveis protéico, energético e aminoacídico, com a inclusão desse aditivo, não se igualou ao daquelas arraçadas sem enzima.

Garcia *et al.* (2000), estudando  $\alpha$ -galactosidade, pectinase, celulase, protease e lípase, não encontraram diferença entre os tratamentos sem e com enzimas. Os pesquisadores concluíram que a adição de complexo multienzimático às rações contribuiu para a melhoria da utilização da EM, da PB e dos aminoácidos (Met, Met+Cis e Lis) em 9; 7; e 5%, respectivamente, em rações contendo milho e soja, mesmo não promovendo melhoria no desempenho de frangos de corte.

Cotta *et al.* (2002), ao adicionarem as enzimas  $\alpha$ -amilase, protease e xilanase, em rações à base de milho e farelo de soja, constataram que se reduziu o consumo de ração, mas se manteve o desempenho das aves, melhorando a conversão alimentar e o fator de produção sem comprometer a viabilidade.

Opalinski *et al.* (2006) verificaram que os níveis ótimos de adição de complexos enzimáticos para ganho de peso e para consumo alimentar (1-42 dias de idade) foram de 45,94 g/t de enzima na ração e 49,30 g/t de enzima na ração, respectivamente. Para esse experimento, os autores usaram rações formuladas à base de milho, farelo de soja e soja integral desativada e níveis de inclusão do complexo enzimático composto por xilanase,  $\alpha$ -glucanase, mananase, pectinase e protease.

Souza *et al.* (2008) analisaram o efeito do complexo enzimático composto de  $\alpha$ -galactosidase, galactomanase, xilanase e  $\beta$ -glucanase sobre o desempenho e características de carcaça de frangos de corte e concluíram que a

energia metabolizável, tanto do milho como do farelo de soja, foi valorada em 2 e 9%, respectivamente; e a digestibilidade de aminoácidos em 4%, para ambos os ingredientes, na presença do complexo enzimático, sem prejudicar o desempenho dos frangos de corte. Resultados semelhantes foram encontrados por Leite *et al.* (2008) que também verificaram melhora na digestibilidade dos nutrientes e no valor nutritivo das rações formuladas com milho e farelo de soja. Para tanto, utilizaram complexo enzimático constituído por amilase, celulase e protease, resultando em melhor desempenho de frangos de corte.

Ebert *et al.* (2000), ao averiguarem a atuação de complexo enzimático constituído por amilase, celulase e protease, encontraram diferenças significativas ao submeterem as aves a um ambiente de estresse térmico. Os mesmos autores atribuíram tais resultados ao adensamento energético da dieta ocasionado pela ação das enzimas, propiciando maior disponibilidade energética da mesma, compensando o efeito adverso da redução de consumo ao submeterem as aves a condições fora de sua zona de conforto térmico.

Quanto a avaliações referentes a características de carcaça, Kidd *et al.* (2001) não observaram melhoria no rendimento de carcaças ao alimentarem frangos de corte com dietas suplementadas com  $\alpha$ -galactosidase (carboidrase exógena) à base de milho e farelo de soja.

Os trabalhos citados demonstram a necessidade de se buscar mais investigações com o intuito de desvendar imprecisões a respeito da atuação enzimática, sobretudo do mecanismo de ação e viabilidade econômica desses aditivos. Mesmo em rações à base de milho e farelo de soja, ainda que de alta digestibilidade, é possível melhorar a utilização de alguns componentes não aproveitados. Neste caso, os PNAs são alvos expressivos, passíveis de serem mais bem utilizados pelas aves, havendo a necessidade de mais pesquisas sobre estes componentes (SOUZA, 2005).

A tecnologia industrial caminha a passos largos, gerando novas enzimas, combinações e novas aplicações. Outrossim, existe um grande esforço de investigação em curso sobre a próxima geração de enzimas com foco na qualidade dos ingredientes, sobre a previsibilidade da resposta, mediante modelos, melhorias na segurança alimentar, efeito da idade da ave, consequência das atividades de várias doses de enzimas, maximização da receita líquida e redução da poluição ambiental. Algumas lacunas ainda comportam novas descobertas com implicações significativas. Entre elas são destaques o efeito das enzimas sobre necessidades de nutrientes e o valor líquido de energia e aminoácidos; uso de enzimas como agentes antimicrobianos com atuação direta na ruptura dos polissacarídeos constituintes da parede celular bacteriana, com possíveis efeitos dessas sobre a competência imune do animal. Por fim, o efeito da idade da ave sobre as recomendações de doses enzimáticas não está bem elucidado, sendo provável que animais mais jovens apresentem exigências diferentes para as enzimas que os animais mais velhos (COWIESON *et al.*, 2006).

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Localização e duração do experimento**

O projeto foi realizado nas dependências do Setor de Avicultura do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano (IFET), Campus Guanambi – BA, entre os meses de maio e julho de 2009, sendo o período experimental de 42 dias.

#### **3.2 Animais experimentais**

Foram utilizados 576 pintos de um dia, fêmeas sexadas, da linhagem comercial Cobb, devidamente vacinadas contra a doença de Marek e Bouba Aviária.

#### **3.3 Instalações e manejo experimental**

As aves foram alojadas em galpão de alvenaria, com piso cimentado e telha de barro, posicionado no sentido leste-oeste. Internamente, o galpão foi adaptado às condições experimentais, sendo dividido em 24 boxes, cada um medindo 2,0 m de comprimento por 1,0 m de largura (2,0 m<sup>2</sup>).

Cada unidade experimental foi constituída por 24 aves, com densidade de 12 aves por m<sup>2</sup>. O material utilizado como cama foi a maravalha, com altura média de 0,07 m.

Em cada box foi utilizado aquecimento por meio de campânula elétrica, com lâmpadas incandescentes de 150 W, proporcionando aos animais temperatura dentro do limite da sua zona de conforto térmico, conforme o estágio fisiológico das aves, mediante sua regulagem da altura entre o equipamento e a cama. Cortinas laterais do galpão também foram utilizadas a

fim de manter a zona de termoneutralidade, erguendo-as ao anoitecer e controlando sua altura durante o dia.

A ração e a água foram fornecidas à vontade, sendo que cada box foi provido de um comedouro e um bebedouro, ajustados semanalmente conforme a altura das aves. Na primeira semana, foram utilizados bebedouros do tipo copo de pressão, substituídos por bebedouros automáticos pendulares da segunda semana em diante.

O programa de iluminação contínua foi adotado durante todo o período experimental, constituído de luz natural + artificial, contemplando 24h de luminosidade diária. Para coleta das variáveis de desempenho, semanalmente, sempre pela manhã, foram anotados os pesos dos animais e coletadas sobras de ração nos comedouros para determinação do consumo médio semanal, ganho de peso e conversão alimentar das parcelas. Em seguida, os valores foram reduzidos aos períodos avaliados, sendo estes: inicial, de 1 a 21 dias; intermediário, 1 a 35 dias, e final, de 1 a 42 dias.

Diariamente, foram coletados dados referentes às temperaturas e umidade relativa do ar, máxima e mínima, obtidas no interior do galpão por meio de termo-higrômetros digitais instalados na altura corporal das aves. Os dados foram reduzidos a valores semanais, conforme demonstrado na tabela 2.

**TABELA 2.** Médias das temperaturas e umidade, máximas e mínimas, durante o período experimental

| IDADE<br>(semanas) | TEMPERATURA (°C) |        | UMIDADE (%) |        |
|--------------------|------------------|--------|-------------|--------|
|                    | Máxima           | Mínima | Máxima      | Mínima |
| 1                  | 34,23            | 23,71  | 71,33       | 53,00  |
| 2                  | 33,04            | 23,53  | 69,00       | 43,86  |
| 3                  | 34,19            | 21,57  | 68,57       | 38,29  |
| 4                  | 34,47            | 22,19  | 69,71       | 36,00  |
| 5                  | 34,00            | 23,16  | 68,43       | 34,14  |
| 6                  | 32,89            | 21,76  | 73,86       | 41,43  |
| Média              | 33,80            | 22,65  | 70,15       | 41,12  |

### 3.4. Tratamentos e rações experimentais

Foram utilizados 4 tratamentos, os quais constituíam 4 tipos diferentes de rações, suplementadas ou não com carboidrases<sup>1</sup>, sendo:

*Tratamento 1* = Ração-controle-positivo, de acordo com recomendações do manual da linhagem Cobb;

*Tratamento 2* = Ração-controle-negativo, com redução em 35 Kcal na fase inicial e 70 Kcal/kg de ração para as fases de crescimento e final;

*Tratamento 3* = Ração reformulada com amilase exógena - 300g/ton, sendo a matriz nutricional da amilase de 116,67 Kcal/kg na fase inicial e 233,34 Kcal/kg nas fases de crescimento e final (isonutriente a T1);

*Tratamento 4* = Ração reformulada com amilase exógena - 300g/ton, sendo a matriz nutricional da amilase de 116,67 Kcal/kg na fase inicial e 200,00 Kcal/kg

<sup>1</sup> Amilase exógena: mínimo de 14.400 AU/g; complexo enzimático produzido a partir da fermentação de *Aspergillus niger* composto pelas carboidrases:  $\alpha$ -galactosidase 35 u/g; galactomananase – 110 u/g;  $\beta$ -glucanase – 1.100 u/g e xilanase – 1.500 u/g. Complexo recomendado para rações avícolas de baixa viscosidade, à base de milho e farelo de soja.

nas fases de crescimento e final, associada ao complexo enzimático - 200 g/ton. Tratamento valorado em 1,5 e 6% na EMAn do milho e farelo de soja, respectivamente e 2% aminoácidos limitantes para ambos ingredientes (isonutriente T1).

As rações foram formuladas à base de milho, farelo de soja e aminoácidos sintéticos, seguindo programa alimentar com rações, inicial (1-21 dias), crescimento (22-35) e final (36-42 dias) de acordo com as recomendações nutricionais preconizadas pelo Manual da Linhagem (COBB – VANTRESS, 2004), (Tabelas 3, 4 e 5).

**TABELA 3.** Composição percentual e níveis nutricionais calculados das rações experimentais na fase inicial (1-21 dias)

| <b>Ingredientes</b>                        | <b>Controle positivo</b> | <b>Controle negativo</b> | <b>Reformulada amilase</b> | <b>Reformulada amilase + complexo enzimático</b> |
|--|--------------------------|--------------------------|----------------------------|--|
| Milho                                      | 53,119                   | 53,947                   | 53,885                     | 58,079   |
| Farelo de soja                             | 39,651                   | 39,500                   | 39,512                     | 37,209   |
| Óleo de soja                               | 3,433                    | 2,755                    | 2,776                      | 0,801  |
| Fosfato Bicálcico                          | 1,867                    | 1,865                    | 1,865                      | 1,870  |
| Calcário                                   | 0,865                    | 0,866                    | 0,866                      | 0,874  |
| Sal comum                                  | 0,456                    | 0,456                    | 0,456                      | 0,455  |
| Suplemento mineral vitamínico <sup>1</sup> | 0,500                    | 0,500                    | 0,500                      | 0,500  |
| DL-Metionina (99%)                         | 0,075                    | 0,074                    | 0,074                      | 0,070  |

...continua...

**TABELA 3. Cont.**

|                        |               |               |               |               |
|------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| L-Lisina (78%)         | 0,029         | 0,032         | 0,032         | 0,078         |
| L-Treonina (99%)       | 0,004         | 0,004         | 0,004         | 0,014         |
| Amilase                | 0,000         | 0,000         | 0,030         | 0,030         |
| Carboidrases           | 0,000         | 0,000         | 0,000         | 0,020         |
| <b>TOTAL</b>           | <b>100,00</b> | <b>100,00</b> | <b>100,00</b> | <b>100,00</b> |
| EMAn (kcal/kg)         | 3.000         | 2.965         | 3.000         | 3.000         |
| Proteína Bruta (%)     | 22,47         | 22,47         | 22,47         | 22,47         |
| Lisina digestível (%)  | 1,170         | 1,170         | 1,170         | 1,170         |
| Met+Cis (%)            | 0,870         | 0,870         | 0,870         | 0,870         |
| Treonina (%)           | 0,860         | 0,860         | 0,860         | 0,860         |
| Cálcio (%)             | 0,900         | 0,900         | 0,900         | 0,900         |
| Fósforo disponível (%) | 0,450         | 0,450         | 0,450         | 0,450         |
| Sódio (%)              | 0,200         | 0,200         | 0,200         | 0,200         |

<sup>1</sup>Composição por kg do produto: vit. A, 2.200.000 UI; vit. D3, 380.000 UI; vit. E 5.000 mg; vit. B1, 420 mg; vit B2, 1.000 mg; vit. B6, 520 mg; ác. pantotênico, 3.298 mg; biotina, 12 mg; vit. K 3,500 mg; ácido fólico, 100 mg; niacina, 7.194 mg; vit. B12, 2.600 mg; antioxidante 24.000 mg; manganês, 15.000 mg; ferro, 10.000 mg; zinco, 14.000 mg; cobre, 1.700 mg; cobalto, 40 mg; iodo 300 mg, selênio, 50 mg, colina, 84.000 mg e veículo QSP., 1.000g.

**TABELA 4.** Composição percentual e níveis nutricionais calculados das rações experimentais na fase de crescimento (22-35dias)

| <b>Ingredientes</b>                        | <b>Controle positivo</b> | <b>Controle negativo</b> | <b>Reformulada amilase</b> | <b>Reformulada amilase + complexo enzimático</b> |
|--|--------------------------|--------------------------|----------------------------|--|
| Milho                                      | 59,362                   | 61,018                   | 60,956                     | 64,475   |
| Farelo de soja                             | 33,074                   | 32,773                   | 32,784                     | 30,805   |
| Óleo de soja                               | 3,858                    | 2,502                    | 2,523                      | 0,907  |
| Fosfato Bicálcico                          | 1,739                    | 1,734                    | 1,735                      | 1,739  |
| Calcário                                   | 0,928                    | 0,931                    | 0,931                      | 0,938  |
| Sal comum                                  | 0,381                    | 0,380                    | 0,380                      | 0,379  |
| Suplemento mineral vitamínico <sup>1</sup> | 0,500                    | 0,500                    | 0,500                      | 0,500  |
| DL-Metionina (99%)                         | 0,067                    | 0,065                    | 0,065                      | 0,061  |
| L-Lisina (78%)                             | 0,061                    | 0,066                    | 0,066                      | 0,106  |
| L-Treonina (99%)                           | 0,031                    | 0,031                    | 0,031                      | 0,040  |
| Amilase                                    | 0,000                    | 0,000                    | 0,030                      | 0,030  |
| Carboidrases                               | 0,000                    | 0,000                    | 0,000                      | 0,020  |
| <b>TOTAL</b>                               | <b>100,00</b>            | <b>100,00</b>            | <b>100,00</b>              | <b>100,00</b>                                    |
| EMAn (kcal/kg)                             | 3.100                    | 3.030                    | 3.100                      | 3.100  |
| Proteína Bruta (%)                         | 20,00                    | 20,000                   | 20,00                      | 20,00  |
| Lisina digestível (%)                      | 1,040                    | 1,040                    | 1,040                      | 1,040  |
| Met+Cis (%)                                | 0,810                    | 0,810                    | 0,810                      | 0,810  |
| Treonina (%)                               | 0,800                    | 0,800                    | 0,800                      | 0,800  |
| Cálcio (%)                                 | 0,880                    | 0,880                    | 0,880                      | 0,880  |
| Fósforo disponível (%)                     | 0,420                    | 0,420                    | 0,420                      | 0,420  |
| Sódio (%)                                  | 0,170                    | 0,170                    | 0,170                      | 0,170  |

<sup>1</sup>Composição por kg do produto: vit. A, 2.200.000 UI; vit. D3, 380.000 UI; vit. E 5.000 mg; vit. B1, 420 mg; vit B2, 1.000 mg; vit. B6, 520 mg; ác. pantotênico, 3.298 mg; biotina, 12mg; vit. K3,500 mg; ácido fólico, 100mg; niacina, 7.194 mg; vit. B12, 2.600 mg; colina, 84.000 mg; antioxidante 24.000 mg; manganês, 15.000 mg; ferro, 10.000 mg; zinco, 14.000 mg; cobre, 1.700 mg; cobalto, 40 mg; iodo 300 mg; selênio, 50 mg e veículo QSP., 1.000g.

**TABELA 5.** Composição percentual e níveis nutricionais calculados das rações experimentais na fase final (36-42dias)

| <b>Ingredientes</b>                        | <b>Controle positivo</b> | <b>Controle negativo</b> | <b>Reformulada amilase</b> | <b>Reformulada amilase + complexo enzimático</b> |
|--|--------------------------|--------------------------|----------------------------|--|
| Milho                                      | 60,600                   | 62,256                   | 62,194                     | 65,538   |
| Farelo de soja                             | 30,700                   | 30,399                   | 30,410                     | 28,539   |
| Óleo de soja                               | 5,149                    | 3,793                    | 3,815                      | 2,270  |
| Fosfato Bicálcico                          | 1,646                    | 1,642                    | 1,642                      | 1,646  |
| Calcário                                   | 0,896                    | 0,899                    | 0,899                      | 0,907  |
| Sal comum                                  | 0,356                    | 0,356                    | 0,356                      | 0,355  |
| Suplemento mineral vitamínico <sup>1</sup> | 0,500                    | 0,500                    | 0,500                      | 0,500  |
| DL-Metionina (99%)                         | 0,106                    | 0,104                    | 0,104                      | 0,100  |
| L-Lisina (78%)                             | 0,041                    | 0,047                    | 0,046                      | 0,084  |
| L-Treonina (99%)                           | 0,004                    | 0,005                    | 0,005                      | 0,013  |
| Amilase                                    | 0,000                    | 0,000                    | 0,030                      | 0,030  |
| Carboidrases                               | 0,000                    | 0,000                    | 0,000                      | 0,020  |
| <b>TOTAL</b>                               | <b>100,00</b>            | <b>100,00</b>            | <b>100,00</b>              | <b>100,00</b>                                    |
| EMAn (kcal/kg)                             | 3.200                    | 3.130                    | 3.200                      | 3.200  |
| Proteína Bruta (%)                         | 19,00                    | 19,00                    | 19,00                      | 19,00  |
| Lisina digestível (%)                      | 0,960                    | 0,960                    | 0,960                      | 0,960  |
| Met+Cis (%)                                | 0,780                    | 0,780                    | 0,780                      | 0,780  |
| Treonina (%)                               | 0,760                    | 0,760                    | 0,760                      | 0,760  |
| Cálcio (%)                                 | 0,840                    | 0,840                    | 0,840                      | 0,840  |

...continua...

**TABELA 5. Cont.**

|                        |       |       |       |       |
|------------------------|-------|-------|-------|-------|
| Fósforo disponível (%) | 0,400 | 0,400 | 0,400 | 0,400 |
| Sódio (%)              | 0,160 | 0,160 | 0,160 | 0,160 |

<sup>1</sup>Composição por kg do produto: vit. A, 2.000.000 UI; vit. D3, 340.000 UI; vit. E 4.000 UI; vit. B1, 400 mg; vit B2, 800 mg; vit. B6, 400 mg; ác. pantotênico, 2.000 mg; vit. K3, 400 mg; ácido fólico, 100 mg; niacina, 10.600 mg; vit. B12, 2.000 mg, biotina, 10 mg, colina, 84.000 mg; antioxidante 22.000 mg; manganês, 15.000 mg; ferro, 10.000 mg; zinco, 14.000 mg; cobre, 1.700 mg; cobalto, 40 mg; iodo, 300 mg, selênio, 50 mg e veículo QSP., 1.000g.

### **3.5 Características avaliadas**

#### **3.5.1 Desempenho**

##### **a) Ganho de peso**

Todas as aves foram pesadas semanalmente para obtenção do peso vivo, expresso em gramas (g/ave), e posterior ganho de peso médio semanal, sendo os dados reduzidos ao período avaliado. Para tanto, as mesmas foram mantidas em jejum por 4 horas para a realização das pesagens, normalizando o arraçoamento em seguida.

##### **b) Consumo de ração**

Semanalmente, as rações destinadas aos boxes foram identificadas, pesadas e condicionadas em sacos plásticos. Ao final da semana, na manhã do dia da avaliação, as sobras dos comedouros e dos sacos foram reunidas e pesadas para a determinação do consumo de ração, expresso em gramas de ração consumida por ave (g/ave), sendo os registros reduzidos ao período avaliado.

c) Conversão alimentar

A conversão alimentar foi obtida por meio do consumo médio de ração dividido pelo ganho médio de peso, conforme dados de desempenho obtido anteriormente.

d) Fator de Produção (FP)

O FP foi avaliado ao final de cada período, sendo de 1 a 21 dias, 1 a 35 dias e 1 a 42 dias, obtido pela seguinte fórmula:

$$FP = Gmd \times Vb \times E.A. \times 100$$

Onde:

Ganho médio diário (Gmd) = Peso Vivo (kg) / Idade (dias)

Viabilidade criatória (Vb) = 100 – mortalidade do período (%)

Eficiência alimentar (EA) = 1 / Conversão Alimentar

e) Mortalidade (%)

A mortalidade foi registrada diariamente. O número de aves mortas foi relacionado em planilha com o respectivo dia da mortalidade para que fosse possível realizar os cálculos referentes ao consumo de ração e conversão alimentar considerando-se a data para calcular o número de aves corrigido, conforme estabelecido por Sakomura e Rostagno (2007). A mortalidade foi expressa em percentagem (%), utilizada para cálculo da viabilidade criatória e, por conseguinte, o fator de produção entre os períodos experimentais.

### **3.5.2 Rendimentos de carcaça e cortes**

O rendimento de carcaça foi avaliado ao final do período experimental (42 dias), sendo separadas 48 aves, 02 por unidade experimental, de peso igual a  $\pm 5\%$  da média do box de onde foi retirada. As aves foram submetidas a jejum de 12 horas e insensibilizadas por deslocamento cervical. Em seguida, foram submetidas à sangria, escaldagem (60 °C por 120 segundos), depena mecânica e evisceração manual. As carcaças quentes foram pesadas e tiveram a gordura abdominal (gordura aderida à moela + abdominal) retirada e pesada. Após estas etapas, foram realizados os processos de pré-resfriamento (temperatura da água controlada próximo a 20 °C por 30 minutos) e resfriamento (temperatura da água de 0 a 8 °C por 15 minutos). Após o resfriamento, as aves foram dependuradas para gotejamento (por 5 minutos) e, em seguida, foram feitos os cortes para a avaliação do rendimento de carcaça e das partes comerciais (peito, coxa, sobrecoxa, perna inteira, asa, dorso) além dos pés.

O rendimento de carcaça (%) foi obtido pela relação entre o peso da carcaça fria (sem pés, cabeça e pescoço) e o peso em jejum. O rendimento de peito, coxa, sobrecoxa, coxa + sobrecoxa, asa e dorso (%) foram obtidos pela relação entre o peso dessas partes e o da carcaça fria. A proporção de gordura abdominal e pés foram alcançados pela relação entre o peso desses componentes e o peso das aves em jejum.

Para pesagem e avaliação do rendimento dos cortes, foi utilizada balança digital com precisão de 1 grama.

### **3.5.3 Viabilidade econômica da utilização do complexo enzimático nas rações**

Ao término do período experimental, foi avaliada a viabilidade econômica dos tratamentos experimentais tomando como base os seguintes

parâmetros: custos com ingredientes utilizados para formulação das rações conforme descrito por Brum *et al.*, (2007), aquisição dos animais, depreciação dos equipamentos e instalações, manutenção, transporte, mão-de-obra e encargos tributários, energia elétrica, consumo de água, cama aviária, aquecimento, seguro e produtos veterinários, conforme demonstração em anexo (Tabela 1 A). O custo por kg de frango foi obtido pela relação entre o custo total gasto na produção e o peso médio dos animais dos tratamentos. O saldo/custo total (R\$/kg) dos tratamentos foi adquirido pela diferença entre o preço do frango vivo (R\$/kg) e o custo por kg de frango (R\$/kg), conforme a cotação do mercado financeiro no momento da análise. O valor obtido pelo saldo/custo total (R\$/kg) foi multiplicado pelo peso líquido alcançado com o rendimento de carcaça do tratamento. O valor resultante, expresso em moeda corrente (R\$), embasou-se nos dados e cotações disponibilizados pela Embrapa Suínos e Aves (2009) e Associação dos Avicultores (2009).

### **3.6 Delineamento experimental e análises estatísticas**

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, constituído por 4 tratamentos e 6 repetições, totalizando 24 unidades experimentais com 24 aves cada. Os resultados foram submetidos à análise de variância, utilizando-se o programa computacional SISVAR (Sistemas para análises de variância para dados balanceados), segundo Ferreira (2000). Os tratamentos foram comparados pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

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

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

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

**$\mu$**  = Média geral;

**$T_i$**  = Efeito do Tratamento  **$i$** , com  **$i= 1; 2; 3$**  e  **$4$** ;

**$e_{ij}$** = erro experimental associado aos valores observados ( **$Y_{ij}$** ).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Desempenho

Os resultados do consumo médio de ração (CR), ganho médio de peso (GP) e conversão alimentar (CA), referentes aos períodos de 1 a 21; 1 a 35 e 1 a 42 dias encontram-se nas tabelas 6, 7 e 8, respectivamente.

**TABELA 6.** Consumo médio de ração (CR), ganho médio de peso (GP) e conversão alimentar (CA) de acordo com os tratamentos, na fase de 1 a 21 dias

|          | TRATAMENTOS* |         |         |         | MÉDIA   | CV (%) | PROB.  |
|----------|--------------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|
|          | CP           | CN      | RA      | RCE     |         |        |        |
| CR (g)   | 1136,94      | 1125,20 | 1130,53 | 1146,70 | 1134,84 | 1,81   | 0,3302 |
| GP (g)   | 780,05a      | 764,57a | 770,11a | 744,05b | 764,69  | 2,13   | 0,0008 |
| CA (g/g) | 1,46a        | 1,47a   | 1,47a   | 1,54b   | 1,48    | 2,33   | 0,0019 |

<sup>a,b</sup>Médias com letras distintas na mesma linha indicam diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) pelo teste Skott-Knott;

\*CP = Ração-controle-positivo de acordo com recomendações do manual da linhagem;

\*CN = Ração-controle-negativo, com redução em 35 Kcal na fase inicial;

\*RA = Ração reformulada com amilase exógena - 300g/ton (isonutriente a T1);

\*RCE = Ração reformulada com amilase exógena - 300g/ton associada ao complexo enzimático - 200 g/ton (isonutriente T1).

**TABELA 7.** Consumo médio de ração (CR), ganho médio de peso (GP) e conversão alimentar (CA) de acordo com os tratamentos, na fase de 1 a 35 dias

|          | TRATAMENTOS* |          |          |          | MÉDIA   | CV (%) | PROB.  |
|----------|--------------|----------|----------|----------|---------|--------|--------|
|          | CP           | CN       | RA       | RCE      |         |        |        |
| CR (g)   | 3084,90      | 3113,28  | 3057,86  | 3040,43  | 3074,11 | 2,79   | 0,4921 |
| GP (g)   | 1842,91a     | 1849,70a | 1806,93a | 1729,58b | 1807,28 | 3,72   | 0,0217 |
| CA (g/g) | 1,67a        | 1,68a    | 1,69a    | 1,76b    | 1,70    | 2,14   | 0,0019 |

<sup>a,b</sup>Médias com letras distintas na mesma linha indicam diferenças significativas (P<0,05) pelo teste Skott-Knott;

\*CP = Ração-controle-positivo de acordo com recomendações do manual da linhagem;

\*CN = Ração-controle-negativo, com redução em 70 Kcal/kg de ração para a fase de crescimento;

\*RA = Ração reformulada com amilase exógena - 300g/ton (isonutriente a T1);

\*RCE = Ração reformulada com amilase exógena - 300g/ton associada ao complexo enzimático - 200 g/ton (isonutriente T1).

**TABELA 8.** Consumo médio de ração (CR), ganho médio de peso (GP) e conversão alimentar (CA) de acordo com os tratamentos, na fase de 1 a 42 dias

|          | TRATAMENTOS* |         |         |         | MÉDIA   | CV (%) | PROB.  |
|----------|--------------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|
|          | CP           | CN      | RA      | RCE     |         |        |        |
| CR (g)   | 4158,88      | 4274,88 | 4264,93 | 4292,68 | 4249,09 | 2,39   | 0,1178 |
| GP (g)   | 2291,65      | 2346,56 | 2333,14 | 2276,44 | 2311,94 | 2,72   | 0,2038 |
| CA (g/g) | 1,82a        | 1,82a   | 1,83a   | 1,89b   | 1,84    | 1,97   | 0,0081 |

<sup>a,b</sup>Médias com letras distintas na mesma linha indicam diferenças significativas (P<0,05) pelo teste Skott-Knott;

\*CP = Ração-controle-positivo de acordo com recomendações do manual da linhagem;

\*CN = Ração-controle-negativo, com redução em 70 Kcal/kg de ração para a fase final;

\*RA = Ração reformulada com amilase exógena - 300g/ton (isonutriente a T1);

\*RCE = Ração reformulada com amilase exógena - 300g/ton associada ao complexo enzimático - 200 g/ton (isonutriente T1).

#### 4.1.1 Consumo de ração

O consumo de ração, em todos os períodos, não diferiu significativamente entre os tratamentos avaliados ( $P>0,05$ ). A adição da enzima  $\alpha$ -amilase, ou mesmo sua associação ao complexo enzimático composto por  $\alpha$ -galactosidase; galactomananase;  $\beta$ -glucanase e xilanase não satisfizeram à superestimação dos ingredientes; portanto, não contribuíram para elevação do valor energético dos tratamentos, conforme observado nas tabelas 6, 7 e 8.

Mesmos resultados foram encontrados por Brum *et al.* (2006b) ao utilizarem níveis de inclusão de  $\alpha$ -amilase na ração de frangos de corte, na fase inicial. Em trabalho mais recente, Brum *et al.* (2007), usando a mesma enzima exógena, de 1 a 21, 1 a 35 e 1 a 42 dias de idade, em períodos semelhantes aos avaliados nesta investigação, não encontraram diferenças significativas ( $P>0,05$ ) entre os tratamentos ao avaliarem o consumo de ração.

Fato interessante pôde ser observado neste experimento pelos resultados atingidos pelo tratamento controle negativo (CN), formulado para conter, teoricamente, menos energia. Este tratamento proporcionou mesmo resultado, quanto ao consumo de ração, dos demais. Tal fato pode estar relacionado à baixa redução no teor de energia a ponto de não influenciar o consumo de ração ou mesmo pela variabilidade dos ingredientes utilizados para a fabricação das rações, possibilitando que os valores calculados se diferenciassem dos valores obtidos na prática com a produção das mesmas. Possivelmente, se a valoração das rações fosse maior, poderíamos obter diferença entre os tratamentos ao avaliar o consumo de ração. Esta tentativa poderia culminar numa deficiência nutricional mais perceptível das aves que passariam a consumir mais ração na tentativa de suprirem suas necessidades basais.

Embasando os resultados obtidos, Malathi e Devegowda (2001) atribuem a ausência de resposta significativa à adição do complexo enzimático composto

por xilanase, pectinase e  $\beta$ -glucanase à baixa disponibilidade de substrato para atuação enzimática. Segundo os pesquisadores, o milho possui baixa quantidade de pectinas e os valores de  $\beta$ -glucanos muitas vezes não são relatados ou são desprezíveis neste ingrediente.

Corroborando os resultados obtidos, alguns autores que utilizaram complexos enzimáticos como Santos *et al.* (2004), pentosanas, protease e fitase; e Pucci (2008), amilase, celulase e protease, não observaram alteração no consumo de ração na fase de 1 a 21 dias. Já Santos *et al.* (2006), amilase, xilanase e protease, não constataram diferenças no período total (1 a 42 dias).

Os resultados obtidos nesta e nas demais pesquisas citadas podem estar relacionados à estreita margem de redução dos níveis energéticos ofertada entre os tratamentos. Este quadro implica, ao reduzir a energia da ração, na incapacidade de provocar uma possível resposta negativa pelos animais, indetectável entre os tratamentos.

Mesmas respostas foram encontradas por Ebert *et al.* (2000); Fischer *et al.* (2002) e Leite *et al.* (2008) ao avaliarem o desempenho de frangos alimentados com ração de baixa viscosidade, à base de milho e farelo de soja, com ou sem adição de enzimas (amilases, celulasas e proteases). Eles concluíram que os complexos multienzimáticos testados não supriram a superestimação dos níveis protéico, energético e aminoacídico do farelo de soja. Na prática, a redução energética proposta pelos tratamentos deste e nos demais experimentos em questão é praxe de algumas empresas que adotam uma margem mínima para balanceamento das rações, sendo este valor muitas vezes imperceptível sob o ponto de vista do desempenho animal.

Dourado (2008) observou, em seu experimento, que na fase inicial (1 a 21 dias), aves que receberam ração-controle-negativo com ou sem suplementação de enzimas (amilase, xilanase e protease) consumiram mais e apresentaram pior desempenho comparado àquelas que consumiram ração-

controle-positivo. Entretanto, ao avaliar o período total (1 a 42 dias), não foi observada diferença significativa no consumo de ração. Pode ter havido um ganho compensatório, ao passo que as diferenças energéticas entre as rações, nas fases avaliadas, foram pequenas (40 e 70 kcal), semelhantes a esta pesquisa. Provavelmente, o valor energético da ração-controle-negativo não foi suficiente para provocar deficiência nutricional nas aves, e por isso não apresentaram consumo de ração diferente daquelas alimentadas com a ração-controle-positivo. Contudo, mesmo não havendo diferença no consumo de ração no período total, o desempenho das aves submetidas à ração-controle-negativo (com ou sem enzimas) foi inferior ( $P < 0,0001$ ) ao das aves que receberam ração-controle-positivo.

Opalinski *et al.* (2006), ao avaliarem a fase total de criação, observaram que o consumo de ração foi afetado significativamente pela adição do complexo enzimático; entretanto, o maior consumo foi justamente entre as aves que receberam ração acrescida de enzimas.

Contrariando os resultados anteriores, Garcia *et al.* (2000) não observaram diferença entre os tratamentos em nenhuma das variáveis analisadas, independente do período avaliado, o que pode ter caracterizado a atuação das enzimas (amilase, protease e celulase) sobre os nutrientes da ração, formulada com valores reduzidos em EM, PB e aminoácidos. Tais resultados podem estar relacionados ao aumento da digestibilidade do amido e ao maior valor de EMAn, indicando que, mesmo com o sistema digestório completo, aos 28 dias de idade, houve efeito benéfico da adição de enzimas exógenas, mediante a valoração dos ingredientes. Da mesma forma, Cotta *et al.* (2002) reportaram que a inclusão de enzima nas rações (xilanase, amilase e protease) levou a uma redução no consumo, em todas as fases de criação, provavelmente devido à liberação da energia contida nos ingredientes, possibilitando maior adensamento energético da mesma.

#### **4.1.2 Ganho de peso**

O ganho de peso diferenciou significativamente entre os tratamentos ( $P < 0,05$ ) nos períodos de 1 a 21 dias e de 1 a 35 dias (tabelas 6 e 7, respectivamente). Ao avaliar o ganho de peso no período total, de 1 a 42 dias, não foi observada diferença significativa entre os tratamentos ( $P > 0,05$ ), conforme mostrado na tabela 8. Os animais submetidos à ração valorada em seus níveis energéticos e aminoacídicos, e acrescidas das enzimas  $\alpha$ -amilase associada ao complexo enzimático, apresentaram ganho de peso significativamente inferior àqueles submetidos às demais rações, nos períodos indicados. Este fato pode estar relacionado à falta da efetividade das enzimas exógenas em recuperar os valores energéticos dos ingredientes milho e farelo de soja, bem como dos aminoácidos limitantes, caracterizando a ração com menor valor nutricional que as demais, o que pode ter interferido no ganho de peso das aves.

Resultados semelhantes a estes foram encontrados por Dourado (2008), observando que a suplementação com complexo xilanase, amilase e protease não foi eficiente em recuperar o ganho de peso dos frangos na fase total (1-42 dias), mesmo havendo melhoria do ganho de peso na fase inicial. Diferenças energéticas entre as dietas controle positivo e controle negativo foram pequenas (40 e 70 kcal). Segundo o pesquisador, as aves que receberam ração-controle-negativo possivelmente puderam se beneficiar com o ganho compensatório, igualando o ganho de peso ao das aves que receberam ração-controle-positivo. Da mesma forma que nesta investigação, resultados semelhantes foram conseguidos pelos animais submetidos à ração-controle-negativo. Provavelmente, a explicação para tal efeito pode incidir no valor energético desta ração não ter sido satisfatório para representar deficiência para a ave, e por

isso não apresentou ganho de peso diferente ao das aves alimentadas com as demais rações.

Ao avaliar apenas a adição da enzima  $\alpha$ -amilase neste experimento, com valoração do milho e farelo de soja mediante matriz nutricional da enzima (116 Kcal/kg na fase inicial e 200 Kcal/kg na fase de crescimento), as aves deste tratamento apresentaram ganho de peso igual às daquelas do tratamento controle positivo (CP), e ao tratamento controle negativo (CN). Mais uma vez, a margem energética (35 kcal/Kg e 70 kcal/Kg), tanto da ração CN, como na RA, comparada à ração CP, parece não ter sido suficiente para expressar uma possível atuação da enzima  $\alpha$ -amilase, uma vez que os mesmos resultados quanto ao ganho de peso foram encontrados nas aves alimentadas pela ração controle negativa, sem a presença dessa enzima.

Utilizando apenas a adição da enzima  $\alpha$ -galactosidase em rações à base de milho e farelo de soja, Waldroup *et al.* (2006) não verificaram diferenças entre os tratamentos, em nenhuma idade avaliada, quanto ao peso corporal das aves.

Santos *et al.* (2006) e Pucci (2008) não registraram diferença significativa no ganho de peso ao utilizarem complexo enzimático (xilanase, amilase e protease) em rações fareladas (milho e farelo de soja) para frango de corte na fase inicial. No entanto, os mesmos concluíram que a formulação com 95% das exigências nutricionais, com complexo enzimático, atendeu as necessidades nutricionais das aves, mesmo não havendo diferença no ganho de peso entre elas.

No presente trabalho, houve redução dos níveis energéticos da ração em 35 kcal/kg para a fase inicial e em 70 kcal/kg para as fases de crescimento e final. Em trabalho similar, Yu e Chung (2004) encontraram resultados semelhantes de ganho de peso entre aves alimentadas com rações consideradas controle positivo e controle negativo com redução em 100 kcal/kg, sem efeito

significativo da adição dos complexos enzimáticos composto por xilanase, amilase e protease. Para Olukosi *et al.* (2007), rações-controle-negativo, com redução de 115 kcal/kg para a fase inicial, utilizando-se do mesmo complexo enzimático, não foi suficiente em recuperar o ganho de peso das aves.

Resultados opostos a esta pesquisa foram apresentados por Opalinski *et al.* (2006) e Leite *et al.* (2008), em que as aves que receberam ração com complexo enzimático apresentaram maior ganho de peso em relação àquelas que não receberam. Contrariamente, Meng *et al.* (2005), ao avaliarem rações de alta viscosidade, registraram benefícios ao utilizarem complexo enzimático composto por xilanase,  $\beta$ -glucanase, celulase. Observaram que a adição deste complexo melhorou significativamente o aproveitamento dos nutrientes, sendo o ganho de peso maior ( $P < 0,05$ ) do que das aves alimentadas com a ração-controle, sem enzimas. Entretanto, o uso individual da enzima xilanase não se mostrou tão eficaz. Os autores alegam que o rompimento da parede celular, ocasionado pelo complexo enzimático, pode ter proporcionado liberação de nutrientes encapsulados, contribuindo, conseqüentemente para a melhoria do desempenho dos animais.

#### **4.1.3 Conversão alimentar**

A pior conversão alimentar ( $P < 0,05$ ) foi obtida pelos animais submetidos à ração com complexo enzimático, conforme demonstrado nas tabelas 6, 7 e 8. Este resultado pode ser mais bem interpretado pelo menor ganho de peso atingido pelas aves deste tratamento. Mesmo não havendo diferença significativa do consumo de ração entre os tratamentos nos períodos, numericamente, o consumo médio das aves submetidas à ração com complexo enzimático foi superior, tanto no período inicial como no período total. No período de 1 a 35 dias, o ganho de peso foi inferior ( $P < 0,05$ ) aos demais tratamentos (tabela 7).

Pelo fato da conversão alimentar consistir na relação entre o consumo e o ganho de peso, os resultados anteriores culminaram numa conversão mais elevada desses animais também para este período.

Resultados semelhantes foram encontrados por Opalinski *et al.* (2006), onde a suplementação com complexo enzimático xilanase,  $\beta$ -glucanase, mananase, pectinase e protease não proporcionou diferença significativa ( $p < 0,05$ ) para conversão alimentar entre os tratamentos avaliados. Fischer *et al.* (2002) comprovaram que as aves alimentadas com a ração superestimada contendo enzima desde o primeiro dia de vida, alcançaram pior conversão alimentar na última semana experimental ( $P < 0,05$ ). Esse evento pode significar que a enzima não propiciou o incremento energético e protéico esperado, fazendo com que as aves consumissem mais ração, com o objetivo de satisfazer suas necessidades nutricionais.

Contrariamente aos efeitos apontados por este trabalho, alguns pesquisadores relataram ocorrência de melhoria na conversão alimentar nas rações fareladas com enzimas amilase, protease e celulasas (BRITO *et al.*, 2006; COSTA *et al.*, 2004; COTTA *et al.*, 2002; LEITE *et al.*, 2008). Segundo esses autores, os resultados obtidos podem ter sido ocasionados pela ação conjunta das enzimas, o que contribuiria para uma possível diminuição da viscosidade da digesta com aumento da absorção dos nutrientes da ração.

Zanella *et al.* (1999) relataram que a inclusão de enzimas exógenas (amilase, protease e xilanase) reduz a produção endógena de amilase em 23,4% e a de tripsina pancreática em 35,8%, o que poderia favorecer a síntese protéica no tecido muscular, pela maior disponibilização dos aminoácidos.

Da mesma forma, Souza *et al.* (2008) observaram melhoria linear ( $P < 0,05$ ) na conversão alimentar na fase inicial, atribuída pela redução do consumo de ração sem prejuízo no ganho de peso das aves pela elevação dos níveis de suplementação do complexo enzimático. A justificativa para tal

resultado baseia-se na melhoria da digestibilidade dos nutrientes do milho e farelo de soja. Deste modo, acredita-se que as aves possam regular seu consumo pela ingestão de energia disponibilizada pela atuação das enzimas exógenas, indicando possível aumento no valor energético das rações. Entretanto, Brum *et al.* (1998) afirmaram que, apesar das aves consumirem alimentos para atenderem suas necessidades energéticas, o mecanismo não é linearmente perfeito e, ao se aumentar o nível energético das rações, o declínio no consumo de ração pode não ocorrer.

Implicações negativas quanto à utilização das enzimas exógenas foram apontadas por Han (1997), relatando que a adição de enzimas em dosagem elevada (1%) reduziu a digestibilidade dos nutrientes. Tal fato foi explicado devido à menor atividade da sacarase e maltase endógena, com a suplementação de enzima exógena ( $P < 0,01$ ). Os resultados sugeriram que as dissacaridasas produzidas nas células intestinais poderiam ter sido afetadas pelas enzimas exógenas. Estas, por sua vez, não puderam ser absorvidas na mucosa intestinal e, portanto, não participam diretamente na digestão dos açúcares da membrana.

#### **4.1.4 Fator de produção**

Os resultados do fator de produção obtidos pelos tratamentos, nos intervalos de 1 a 21; 1 a 35 e 1 a 42 dias de criação, encontram-se na tabela 9.

**TABELA 9.** Fator de produção de 1 a 21 (FP1\_21d), de 1 a 35 (FP1\_35d) e de 1 a 42 (FP1\_42d) dias de idade, de acordo com os tratamentos

|          | TRATAMENTOS* |         |         |         | MÉDIA  | CV (%) | PROB.  |
|----------|--------------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|
|          | CP           | CN      | RA      | RCE     |        |        |        |
| FP 1_21d | 249,50a      | 245,70a | 249,80a | 225,20b | 242,54 | 4,14   | 0,0009 |
| FP 1_35d | 305,30a      | 307,50a | 303,00a | 273,20b | 297,25 | 4,96   | 0,0127 |
| FP 1_42d | 292,00a      | 298,30a | 301,80a | 279,00b | 292,83 | 4,33   | 0,0351 |

<sup>a,b</sup>Médias com letras distintas na mesma linha indicam diferenças significativas (P<0,05) pelo teste Skott-Knott;

\*CP = Ração-controle-positivo de acordo com recomendações do manual da linhagem;

\*CN = Ração-controle-negativo, com redução em 35 Kcal na fase inicial e 70 Kcal/kg de ração para as fases de crescimento e final;

\*RA = Ração reformulada com amilase exógena - 300g/ton (isonutriente a T1);

\*RCE = Ração reformulada com amilase exógena - 300g/ton associada ao complexo enzimático - 200 g/ton (isonutriente T1).

Em todos os intervalos avaliados, houve diferença significativa entre os fatores de produção (P<0,05), indicando que os animais submetidos à ração com complexo enzimático apresentaram piores resultados (tabela 9). Este parâmetro adotado por muitas empresas avícolas integradoras leva em questão os resultados alcançados com o ganho de peso diário, viabilidade criatória e eficiência alimentar das aves. Os resultados apontaram para uma piora quanto ao ganho de peso atingido pelo tratamento RCE, concomitantemente aos valores referentes à eficiência alimentar, apresentando pior conversão alimentar que os demais.

Pode-se observar que, mesmo havendo diferença significativa entre os tratamentos, o fator de produção atingiu valores satisfatórios, do ponto de vista comercial, principalmente quando se observa o período de criação total, de 1 a 42 dias. Este fato pode estar relacionado, além do bom manejo dos animais, ao desempenho conferido ao potencial genético da linhagem avaliada e,

principalmente, pela baixa mortalidade notada durante o período experimental, fazendo com que a viabilidade criatória fosse bem elevada em sua totalidade.

Resultados semelhantes foram encontrados por Torres *et al.* (2003) ao avaliarem o fator de produção no período total de criação. Concluíram que os níveis enzimáticos praticados em sua pesquisa não proporcionaram efeito positivo nesta variável.

Cotta *et al.* (2002) observaram melhor fator de produção nos períodos iniciais entre as aves submetidas a níveis crescentes de complexo enzimático comparado àquelas que consumiram ração-controle. Entretanto, ao avaliarem o período total, não foi observada diferença estatística entre os tratamentos. Os autores indicaram que este fato pode ser explicado pelo menor consumo de ração, com consequente melhoria na conversão alimentar das aves proporcionadas pelo tratamento-controle.

#### **4.2 Rendimento de carcaça e cortes**

Resultados do rendimento de carcaça e cortes encontram-se na tabela 10.

**TABELA 10.** Rendimento de carcaça (RC); rendimento de peito (RP); rendimento de coxa (RCX); rendimento de sobrecoxa (RSC); rendimento de perna inteira (RPR); rendimento de dorso (RD); rendimento de asa (RA); rendimento de pé (RPE) e percentagem de gordura abdominal (GA), de acordo com os tratamentos aos 42 dias de idade

|         | TRATAMENTOS* |       |       |       | MÉDIA | CV (%) | PROB. <sup>ns</sup> |
|---------|--------------|-------|-------|-------|-------|--------|---------------------|
|         | CP           | CN    | RA    | RCE   |       |        |                     |
| RC (%)  | 73,03        | 72,15 | 73,47 | 73,14 | 72,95 | 1,88   | 0,4077              |
| RP (%)  | 38,09        | 38,15 | 38,74 | 37,97 | 38,24 | 3,73   | 0,7948              |
| RCX (%) | 13,31        | 12,64 | 12,89 | 13,16 | 13,00 | 4,12   | 0,1737              |
| RSC (%) | 15,71        | 15,64 | 15,50 | 15,79 | 15,66 | 4,20   | 0,8897              |
| RPR (%) | 29,03        | 28,28 | 28,42 | 28,97 | 28,68 | 3,58   | 0,4977              |
| RD (%)  | 22,38        | 23,05 | 22,32 | 22,52 | 22,57 | 5,40   | 0,7232              |
| RA (%)  | 10,18        | 10,29 | 10,19 | 10,34 | 10,25 | 3,91   | 0,8779              |
| RPE (%) | 2,97         | 2,95  | 2,89  | 2,97  | 2,94  | 3,70   | 0,5128              |
| GA (%)  | 1,79         | 1,83  | 1,74  | 1,65  | 1,75  | 15,44  | 0,6683              |

\*CP = Ração-controle-positivo de acordo com recomendações do manual da linhagem;

\*CN = Ração-controle-negativo, com redução em 35 Kcal na fase inicial e 70 Kcal/kg de ração para as fases de crescimento e final;

\*RA = Ração reformulada com amilase exógena - 300g/ton (isonutriente a T1);

\*RCE = Ração reformulada com amilase exógena - 300g/ton associada ao complexo enzimático - 200 g/ton (isonutriente T1).

<sup>ns</sup> Não significativo.

Conforme resultados obtidos, não houve diferença significativa no rendimento de carcaça e de nenhum corte avaliado ( $P>0,05$ ). A redução dos níveis energéticos, como as observadas nos tratamentos (CN) e pelos valorados (RA e RCE), não foi suficiente para que houvesse diferenças nos rendimentos de carcaça e nos cortes.

Semelhante aos resultados obtidos, Torres *et al.* (2003) e Osera *et al.* (2008) também verificaram que a inclusão de enzimas em rações formuladas à

base de milho e farelo de soja não influenciaram o rendimento de carne e das partes nobres da carcaça de frangos de corte.

De forma similar, a porcentagem da gordura abdominal não foi influenciada pela presença de enzimas exógenas nas rações ( $P>0,05$ ), tampouco pela diferença nos valores nutricionais entre os tratamentos. Torres *et al.* (2003) afirmaram que a utilização de enzimas digestivas exógenas pelas aves não alterou ( $P>0,05$ ) os teores de gordura abdominal dos frangos pela mesma justificativa que não influenciou os resultados referentes aos rendimentos deste trabalho.

Efeito contrário quanto à porcentagem de gordura na carcaça das aves foram apresentados por Costa *et al.* (2004) e Souza *et al.* (2008). Eles atribuíram os resultados ao possível aumento na liberação de energia dos nutrientes através da suplementação enzimática. Deste modo, o excesso de energia ingerida além das necessidades teria sido a causa do acúmulo da gordura na carcaça do frango. Entretanto, ao avaliarem o rendimento de cortes nobres, não houve diferença no rendimento de peito, coxa e sobrecoxa ( $P>0,05$ ).

Contrariando os resultados obtidos, Santos *et al.* (2006) observaram redução significativa no rendimento de carcaça ao adicionarem complexo multienzimático em rações para frangos de corte. Neste caso, uma provável possibilidade está relacionada à falta de habilidade das enzimas exógenas em recuperar os constituintes nutricionais da ração, interferindo diretamente na deposição protéica na musculatura das aves, o que conseqüentemente pode comprometer o rendimento de carcaça das mesmas.

### **4.3 Viabilidade econômica**

Na tabela 11 são apresentados os valores referentes à viabilidade econômica de cada tratamento, estabelecida pelo custo do frango (kg) em função do rendimento de carcaça e do custo médio do mesmo.

**TABELA 11.** Custo do kg do frango de corte, em função da conversão alimentar e do custo médio das rações e viabilidade econômica em função do rendimento de carcaça e do custo médio do kg do frango, de acordo com os tratamentos aos 42 dias de idade

|   | TRATAMENTOS* |         |         |         | MÉDIA   | CV (%) | PROB. <sup>ns</sup> |
|---|--------------|---------|---------|---------|---------|--------|---------------------|
|   | CP           | CN      | RA      | RCE     |         |        |                     |
| Peso médio dos animais (g)                | 2291,65      | 2346,56 | 2333,14 | 2276,44 | 2311,94 | 2,72   | 0,2038              |
| Custo por quilo de Frango (R\$)           | 1,691        | 1,649   | 1,663   | 1,666   | 1,667   | 1,89   | 0,1642              |
| Saldo/Custo Total (R\$/kg)                | 0,309        | 0,351   | 0,337   | 0,334   | 0,334   | 9,46   | 0,1642              |
| Rendimento de carcaça (%)                 | 73,03        | 72,15   | 73,47   | 73,14   | 72,95   | 1,88   | 0,4077              |
| Peso líquido obtido com o rendimento (kg) | 1,674        | 1,694   | 1,715   | 1,666   | 1,687   | 4,00   | 0,6036              |
| Valor obtido por animal (R\$)             | 0,518        | 0,596   | 0,579   | 0,559   | 0,563   | 12,59  | 0,2901              |

\*CP = Ração-controle-positivo de acordo com recomendações do manual da linhagem;

\*CN = Ração-controle-negativo, com redução em 35 Kcal na fase inicial e 70 Kcal/kg de ração para as fases de crescimento e final;

\*RA = Ração reformulada com amilase exógena - 300g/ton (isonutriente a T1);

\*RCE = Ração reformulada com amilase exógena - 300g/ton associada ao complexo enzimático - 200 g/ton (isonutriente T1).

<sup>Ns</sup> Não significativo.

Pode-se verificar igualdade econômica entre os tratamentos experimentais, sendo observado que o custo total dos tratamentos não foi influenciado pelas formulações das rações, mesmo havendo valorização dos ingredientes milho e farelo de soja.

O ganho médio de peso proporcionado pelos tratamentos, embora iguais estatisticamente, contribuiu para a composição do custo do kg do frango. Da mesma forma, ainda que os resultados inerentes ao rendimento de carcaça não tenham se diferenciado ( $P>0,05$ ), os valores médios observados proveram o valor final obtido por animal submetido a cada tratamento.

A utilização das enzimas exógenas não diferenciou o custo da alimentação. Contrariamente, Santos *et al.* (2006) alegaram que o uso do complexo multienzimático (xilanasase, amilase e protease) aumentou o custo do quilo da carne produzida, possivelmente, devido a não valorização dos ingredientes.

Resultados similares foram encontrados por Santos *et al.* (2004) ao utilizarem um índice bioeconômico, levando em consideração o ganho de peso atingido pelas aves, deduzido pelo preço médio do quilo da ração pelo preço do frango vivo, multiplicado pelo consumo médio de ração. O uso de complexo enzimático não surtiu efeito sobre o índice avaliado. Ao avaliar a enzima  $\alpha$ -amilase em dietas para frangos de corte, Brum *et al.* (2007) observaram que a margem econômica bruta não apresentou efeito significativo entre os tratamentos ( $P>0,05$ ).

Inversamente, Tejedor *et al.* (2001) observaram que a adição de misturas enzimáticas às rações de aves podem ser economicamente viável em áreas onde o milho e o farelo de soja são os principais ingredientes utilizados.

## 5 CONCLUSÕES

A utilização de complexo enzimático composto por  $\alpha$ -galactosidase, galactomananase, xilanase e  $\beta$ -glucanase associado à enzima exógena  $\alpha$ -amilase piora o desempenho e gera mesma resposta econômica na produção de frangos de corte, sem alterar o rendimento de carcaça e de seus cortes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, D. M. **Avaliação do farelo de trigo e enzimas exógenas na alimentação de frangos e poedeiras**. 2005. 81 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)-Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2005.

\_\_\_\_\_.; SILVA, J. H. V.; MIRANDA, E. C. et al. Farelo de trigo e complexo enzimático na alimentação de poedeiras semipesadas na fase de produção. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 5, p. 843-848, 2008.

ASSOCIAÇÃO DOS AVICULTORES DE MINAS GERAIS. PORTAL AVIMIG. Cotação/preço de mercado. Disponível em: <<http://www.avimig.com.br/cotacao.php>>. Acesso em: 16 set. 2009.

BERTECHINI, A. G.; FASSANI, E. J.; FIALHO, E. T. Utilização do milho QPM (quality protein maize) para aves. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 23, n. 2, p. 434-440, 1999.

BOLELI, I. C.; MAIORCA, A.; MACARI, M. Estrutura funcional do trato digestório. In: MACARI, M.; FURLAN, R. L.; GONZALES, E. (Ed.) **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 2002. 375 p.

BORGES, C. A. Q. Avanços nutricionais para otimização de resultados na avicultura. In: FÓRUM INTERNACIONAL DE AVICULTURA, 1., 2005, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: Animal World, 2005. p. 185-193.

BRASIL, A. P. R. **Avaliação bioquímica e nutricional de farinha de soja processada enzimaticamente para remoção dos oligossacarídeos de rafinose**. 2007. 90 p. Dissertação (Mestrado Bioquímica Agrícola)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

BRENES, A.; LÁZARO, R.; GARCÍA, M. et al. Utilización práctica de complejos enzimáticos en avicultura. In: \_\_\_\_\_. **Avances en nutrición y alimentación animal**. Madrid: FEDNA, 1996.

BRITO, C. O.; ALBINO, L. F. T.; ROSTAGNO, H. S. et al. Adição de complexo multienzimático em dietas à base de soja extrusada e desempenho de pintos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 2, p. 457-461, 2006.

BRUM, P. A. R.; AVILA, V. S.; LIMA, G. J. M. M. et al. **Efeito da utilização de alfa-amilase em dietas a base de milho e farelo de soja na digestibilidade da energia das rações e no desempenho de frangos de corte.** Concórdia: Embrapa, n. 425, 2006 b. Comunicado técnico.

\_\_\_\_\_.; LIMA, G. J. M.; MAZZUCO, et al. M. Efeito do nível de trigo na dieta, percentual de grãos germinados e forma física da ração sobre o desempenho de frangos de corte. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 1998, São Paulo. **Anais...** São Paulo: FACTA, p. 10, 1998.

\_\_\_\_\_.; AVILA, V. S. et al. **Uso de alfa-amilase em dietas, superestimando ou não a energia metabolizável do farelo de soja, no desempenho de frangos de corte.** Concórdia: Embrapa, n.461, 2007. Comunicado técnico.

\_\_\_\_\_. et al. **Características nutricionais da soja desativada por diferentes processos térmicos para alimentação de frangos de corte.**Concórdia: Embrapa, n.451, 2006 a. Comunicado técnico.

CAMPESTRINI, E.; SILVA, V. T. M.; APPELT, M. D. Utilização de enzimas na alimentação animal. **Revista Eletrônica Nutritime**, Viçosa, v. 2, n. 6, p. 254-267, 2005.

CARVALHO, D. C. O. **Valor nutritivo do milho para aves, submetido a diferentes temperaturas de secagem e tempo de armazenamento.** 2002. 90 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.

CARVALHO, E. M.; LIMA, J. A. F.; FIALHO, E. T. et al. Utilização de complexo enzimático em rações para leitões na creche. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 6, n. 1, p. 21-26, 2008.

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, 2006.

CHAPMAN, R. W.; SILLERY, J.K.; GRAHAM, M.M. et al. Absorption of starch by healthy ileostomates: effect of transit time and of carbohydrate load. **American Journal of Clinical Nutrition**, New York, v. 41, p. 1244-1248, 1985.

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

\_\_\_\_\_. **Enzymes in animal nutrition: the unseen benefits.** Disponível em: <[http://www.idrc.ca/es/ev\\_0919-201-1-DO\\_TOPIC.html](http://www.idrc.ca/es/ev_0919-201-1-DO_TOPIC.html)>. Acesso em: 06 jan. 2009.

COBB-VANTRESS INC. **Cobb-Broiler Nutrition Supplement.** Cobb-Vantress Inc., Siloan Springs. 2004. 1 folder. 4 p.

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

COSTA, F. G. P.; CLEMENTINO, R. H.; JÁCOME, I. M. T. D. et al. Utilização de um complexo multienzimático em dietas de frangos de corte. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 5, n. 2, p. 63-71, 2004.

COTTA, T.; TORRES, D. M.; OLIVEIRA, A. I. G. Efeitos da adição de um complexo enzimático sobre o desempenho de frangos de corte. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 4, p. 852-857, 2002.

COWAN, W. D. Understanding the manufacturing, distribution, application, and overall, quality of enzymes in poultry feeds. **Journal of Applied Poultry Research**, Athens, v. 2, n. 1, p. 93-97, 1993.

COWIESON, A. J.; HRUBY, M.; PIERSON, E. E. M. Evolving enzyme technology: Impact on commercial poultry nutrition. **Nutrition Research Reviews**, Cambridge, v. 19, n. 1, p. 90-103, 2006.

CUMMINGS, J. H.; ENGLYST, H. N. Gastrointestinal effects of food carbohydrate. **American Journal of Clinical Nutrition**, New York, v. 61, p. 938-945, 1995.

DOURADO, L. R. B. **Enzimas exógenas em dietas para frangos de corte.** 2008. 94 p. Tese (Doutorado em Zootecnia)-Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2008.

EBERT, A.R.; KESSLER, A.M.; PENZ JR. et al. Effect of adding vegpro in two energy level diets on the performance of broilers exposed to heat stress. **Poultry Science**, Champaign, v. 79, p. 19, 2000. Suplemento.

EMBRAPA SUÍNOS E AVES. Disponível em:  
<<http://www.cnpsa.embrapa.br/?ids=Sn6p54k7p>> Acesso em: 16 set. 2009.

FERREIRA, D. F. **SISVAR Sistema de análise estatística para dados balanceados**. Lavras: UFLA, 2000. Software.

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

FISCHER, G.; MAIER, J.C.; RUTZ, F. et al. Desempenho de frangos de corte alimentados com dietas à base de milho e farelo de soja, com ou sem adição de enzimas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 402-410, 2002.

FRANCESCH, M. Bases de la utilización de complejos enzimáticos en avicultura. In: \_\_\_\_\_. **Avances en nutrición y alimentación animal**. Madrid: FEDNA, p. 119-131, 1996.

FREITAS, E. R.; FUENTES, M. F. F.; ESPÍNDOLA, G. B. Efeito da suplementação enzimática em rações à base de milho e farelo de soja sobre o desempenho de poedeiras comerciais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 4, p. 1103-1109, 2000.

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

GARDINER, K. R.; KIRK, S. J.; ROWLANDS, B. J. Novel substrates to maintain gut integrity. **Nutrition Research Reviews**, Cambridge, v. 8, p. 43-66, 1995.

GERBER, L. F. P. **Efeito da composição do farelo de soja no desempenho de frangos de corte**. 2004. 86 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

GIACOMETTI, R. A.; TEIXEIRA, A. S.; RODRIGUES, P. B. et al. Valores energéticos do farelo de arroz integral suplementado com complexos enzimáticos para frangos de corte. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 3, p. 703-707, 2003.

GÓES, S. P.; RIBEIRO, M. L. L. Alfa-galactosidase: aspectos gerais e sua aplicação em produtos a base de soja. In: SEMINÁRIO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, 1., 2002, Londrina. **Anais...** Londrina: Semina, 2002. v. 23, n. 1, p. 111-119.

GOMES, P. C.; RAMALHO, R. M.; ROSTAGNO, H. S. et al. Efeito do complexo multienzimático nos valores de energia metabolizável e coeficientes de digestibilidade dos aminoácidos do triticale para aves. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 6, p. 2268-2275, 2000.

GRACIA, M. I.; ARANÍBAR, M. J.; LÁZARO, R. et al. Amylase supplementation of broiler diets based on corn. **Poultry Science**, Champaign, v. 82, p. 436-442, 2003.

HAN, Z. Effect of enzyme supplementation of diets on the physiological function and performance of poultry. In: MARQUARDT, R. R.; HAN Z. (Ed.) **Enzymes in poultry and swine nutrition**. Ottawa: IDRC. 1997. cap. 4, p. 29-44.

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

HRUBY, M.; PIERSON, E. E. M. **Implications of enzyme use in corn/sorghum/soy poultry diets on performance, nutrient utilization and gut microflora**. Disponível em: <<http://ag.ansc.purdue.edu/poultry/multistate/HrubyPiersonFinnfeeds.pdf>>, Acesso em: 2 set. 2009.

KIDD, M. T.; MORGAN JR., G. W., ZUMWALT, C. D.  $\alpha$ -galactosidase enzyme supplementation to corn and soybean meal broiler diets. **Journal of Applied Poultry Research**, Athens, v. 10, p. 186-193, 2001.

KIM, S. W.; KNABE, D. A.; HONG, K. J. et al. Use of carbohydrases in corn-soybean meal-based nursery diets. **Journal Animal Science**, Champaign, v. 81, p. 2496-2504, 2003.

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

LEITE, J. L. B.; RODRIGUES, P. B.; FIALHO, E. T. et al. Efeito da peletização e adição de enzimas e vitaminas sobre o desempenho e aproveitamento da

energia e nutrientes em frangos de corte de 1 a 21 dias de idade. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 4, p. 1292-1298, 2008.

LIMA, A. C. F.; MACARI, M.; PIZAURO JÚNIOR, J. M. e t al. Atividade enzimática pancreática de frangos de corte alimentados com dietas contendo enzima ou probiótico. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, Campinas, v. 4, n. 3, p. 187-193, 2002.

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

LOBO, A. R.; SILVA, G. M. L. Amido resistente e suas propriedades físico-químicas. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 16, n. 2, 2003.

LONGO, F. A. **Avaliação de fontes de carboidrato e proteína e sua utilização na dieta pré-inicial de frangos de corte**. 2003. 98 p. Tese (Doutorado em Agronomia)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2003.

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

MARQUARDT, R. R. Enzyme enhancement of the nutritional value of cereals: role of viscous, water-soluble, nonstarch polysaccharides in chick performance In: MARQUARDT, R.R. ; HAN Z. (Ed.) **Enzymes in poultry and swine nutrition**. Ottawa: IDRC. 1997. cap. 2, p. 5-18.

MARZZOCO, A.; TORRES, B. B. **Bioquímica básica**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara, 1999. p. 360.

MATHLOUTHI, N.; LALLÈS, J. P.; LEPERCQ, P. et al. Xylanase and  $\beta$ -glucanase supplementation improve conjugated bile acid fraction in intestinal contents and increase villus size of small intestine wall in broiler chickens fed a rye-based diet. **Journal Animal Science**, Champaign, v. 80, p. 2773-2779, 2002.

MENG, X.; SLOMINSKI, B. A.; NYACHOTI, C. M. et al. Degradation of cell wall polysaccharides by combinations of carbohydrase enzymes and their effect on nutrient utilization and broiler chicken performance. **Poultry Science**, Champaign, v. 84, p. 37-47, 2005.

MINAFRA, C. S. **Produção e suplementação com alfa amilase de *Cryptococcus flavus* e *Aspergillus niger* hm2003 na dieta de frangos de corte de um a 21 dias de idade.** 2007. 141 p. Tese (Doutorado Bioquímica Agrícola)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

MORGADO, E.; GALZERANO, L. Fibra na nutrição de animais com fermentação no intestino grosso. **Revista Electrónica de Veterinária**, España, v. 10, n. 7, p.1-14, 2009.

MOURINHO, F. L. **Avaliação nutricional da casca de soja com ou sem adição de complexo enzimático para leitões na fase de creche.** 2006. 42 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)-Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2006.

MURRAY, S. M.; FAHEY JR, G. C.; MERCHEN, N. R. et al. Evaluation of selected high-starch flours as ingredients in canine diets. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 77, n. 8, p. 2180-2186, 1999.

OLIVEIRA, G. R. **Digestibilidade de nutrientes em ração com complexo enzimático para tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*).** 2006. 90 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.

OLUKOSI, O. A.; COWIESON, A. J.; ADEOLA, O. Age-related influence of a cocktail of xylanase, amylase, and protease or phytase individually or in combination in broilers. **Poultry Science**, Champaign, v. 86, n. 1, p. 77-86, 2007.

OPALINSKI, M.; MAIORKA, A.; CUNHA, F. et al. Adição de níveis crescentes de complexo enzimático em rações com soja integral desativada para frangos de corte. **Archives of Veterinary Science**, Curitiba, v. 11, n. 3, p. 31-35, 2006.

OSERA, R. H.; DALANEZI, J. A.; JUNQUEIRA, O. M. Efeito da inclusão de enzimas digestivas sobre o rendimento de partes nobres de frangos de corte. **PUBVET**, v. 2, n. 23, 2008. Disponível em: <<http://www.pubvet.com.br/textophp?id:250>>. Acesso em: 16 set. 2009.

OTT, R. P. **Utilização de carboidrases em dietas para frangos de corte.** 2005. 83 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)-Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

PARSAIE, S.; SHARIATMADARI, F.; ZAMIRI, M. J. et al. Evaluation of Starch, Soluble and Insoluble Non-starch Polysaccharides and Metabolizable Energy of 15 Cultivars of Iranian Wheat. **Journal of Agriculture & Social Sciences**, Pakistan, v. 2, n. 4, p. 260-263, 2006.

PENZ JR, A. M. Enzimas em rações para aves e suínos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998, Botucatu-SP. **Anais...** Botucatu: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1998. p.165-178.

PENZ JR, A. M.; DARI, R. **Enzimas em dietas vegetais para frangos de corte**. Disponível em: <<http://www.aveworld.com.br/index.php/documento/1418>>. Acesso em: 21 dez. 2008.

PUCCI, L. E. A. **Efeito de processamento de rações com diferentes níveis nutricionais e suplementados com enzimas para frangos de corte: desempenho e digestibilidade de nutrientes**. 2008. 113 p. Tese (Doutorado em Zootecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

RODRIGUES, P. B.; ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T. et al. Aminoácidos Digestíveis verdadeiros do milheto, do milho e subprodutos do milho, determinados com galos adultos cecectomizados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, p.2046-2058, 2001a. Suplemento.

\_\_\_\_\_. Valores energéticos do milheto, do milho e subprodutos do milho, determinados com frangos de corte e galos adultos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 6, p. 1767-1778, 2001b.

ROONEY, L. W.; PFLUGFELDER, R. L. Factors affecting starch digestibility with special emphasis on sorghum and corn. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 63, p. 1607-1623, 1986.

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

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

SANTOS, M. S. V.; ESPÍNDOLA, G. B.; FUENTES, M. F. F. et al. Utilização de complexo enzimático em dietas à base de sorgo-soja para frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 3, p. 811-817, 2006.

SANTOS, R.; ZANELLA, I.; BONATO, E. L. et al. Diminuição dos níveis de cálcio e fósforo em dietas com farelo de arroz integral e enzimas sobre o desempenho de frangos de corte. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 2, p. 517-521, 2004.

SCHOULTEN, N. A.; TEIXEIRA, A. S.; RODRIGUES, P. B. et al. Desempenho de frangos de corte alimentados com ração contendo farelo de arroz e enzimas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras. v. 27, n. 6, p. 1380-1387, 2003.

SILVA JR, A. Interações químico-fisiológicas entre acidificantes, probióticos, enzimas e lisofosfolípídios na digestão de leitões. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, p. 238-245, 2009.

SILVA, H. O.; FONSECA, R. A.; GUEDES FILHO, R. S. Características produtivas e digestibilidade da farinha de folhas de mandioca em dietas de frangos de corte com e sem adição de enzimas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 823-829, 2000.

SILVERSIDES, F. G.; BEDFORD, M. R. Effect of pelleting temperature on the recovery and efficacy of a xylanase enzyme in wheat-based diets. **Poultry Science**, Champaign, v. 78, p. 1184-1190, 1999.

SMITS, C. H. M.; VELDMAN, A.; VERKADE, H. J. et al.. The inhibitory effect of carboxymethylcellulose with high viscosity on lipid absorption in broiler chickens coincides with reduced bile salt concentration and raised microbial numbers in the small intestine. **Poultry Science**, Champaign, v. 77, p. 1534-1539, 1998.

SOUZA, R. M.; BERTECHINI, A. G.; SOUSA, R. V. et al. Efeitos da suplementação enzimática e da forma física da ração sobre o desempenho e as características de carcaça de frangos de corte. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 2, p. 584-590, 2008.

\_\_\_\_\_. **Uso de complexo enzimático em rações fareladas e peletizadas para frangos de corte**. 2005. 59 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)- Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.

STRADA, E. S. O.; ABREU, R. D.; OLIVEIRA, G. J. C. et al. Uso de enzimas na alimentação de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 6, p. 2369-2375, 2005.

TAVERNARI, F. C.; CARVALHO, T. A.; ASSIS, A. P. et al. Polissacarídeos não amiláceo solúvel na dieta de suínos e aves. **Revista Eletrônica Nutritime**, Viçosa, v. 5, n. 5, p.673-689, 2008.

TEJEDOR, A. A.; ALBINO, L. F. T.; ROSTAGNO, H. S. et al. Efeito da adição de enzimas em dietas de frangos de corte à base de milho e farelo de soja sobre a digestibilidade ileal de nutrientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 3, p. 809-816, 2001.

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

\_\_\_\_\_.; TEIXEIRA, A. S.; RODRIGUES, P. B. et al. Eficiência das enzimas amilase, protease e xilanase sobre o desempenho de frangos de corte. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras. v. 27, n. 6, p. 1401-1408, 2003.

UNI, Z.; GANOT, S.; SKLAN, D. Posthatch development of mucosal function in the broiler small intestine. **Poultry Science**, Champaign, v. 77, n. 1, p. 75-82, 1998.

VIEIRA, S. L. Carboidratos: digestão e absorção. In: MACARI, M.; FURLAN, R. L.; GONZALES, E. (Ed.) **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. Jaboticabal: FUNEP, 2002. 375 p.

WALDROUP, P. W.; KEEN, C. A.; YAN, F. et al. The effect of levels of  $\alpha$ -galactosidase enzyme on performance of broilers fed diets based on corn and soybean meal. **Journal of Applied Poultry Research**, Athens, v. 15, p. 48-57, 2006.

WARPECHOWSKI, M. B. **Efeito da fibra insolúvel da dieta sobre a passagem no trato gastrointestinal de aves intactas, cecectomizadas e fistuladas no íleo terminal**. 1996. 125 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)-Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1996.

WILLIAMS, P. E. V.; GERAERT, P. A.; UZU, G. et al. Factors affecting non-starch polysaccharide digestibility in poultry. **CIHEAM-Options Mediterraneennes**, Paris, p.125-134. Disponível em: <<http://ressources.ciheam.org/om/pdf/c26/97605979.pdf>>. Acesso em: 28 set. 2009.

WOLOVER, T. M. S.; BOLOGNESI, C. Source and amount of carbohydrate affect postprandial glucose and insulin in normal subjects. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 126, p. 2798-2806, 1996.

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

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

ZANELLA, I. **Suplementação enzimática em dietas a base de milho e sojas processadas sobre a digestibilidade de nutrientes e desempenho de frangos de corte**. 1998. 179 p. Tese (Doutorado em Zootecnia)-Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1998.

ZANNI, A. Boletim trimestral-Setor de alimentação animal. **SINDIRAÇÕES**, 2009. Disponível em: <[http://www.sindiracoes.org.br/images/stories/noticias/sindiracoes\\_boletim\\_jun2009.pdf](http://www.sindiracoes.org.br/images/stories/noticias/sindiracoes_boletim_jun2009.pdf)>. Acesso em: 09 set. 2009.

## ANEXOS

|   |    |
|---|----|
| <b>TABELA 1 A.</b> Custos por animal na produção avícola, de acordo com os tratamentos no período de 1 a 42 dias..... | 68 |
|---|----|

**TABELA 1A.** Custos por animal na produção avícola, de acordo com os tratamentos no período de 1 a 42 dias<sup>1</sup>

|  | TRATAMENTOS* |       |       |       |
|--|--------------|-------|-------|-------|
|  | CP           | CN    | RA    | RCE   |
| 1. CUSTOS VARIÁVEIS (A)                  | (R\$/ave)    |       |       |       |
| 1.1 – Cama                               | 0,072        | 0,072 | 0,072 | 0,072 |
| 1.2 – Calefação                          | 0,043        | 0,043 | 0,043 | 0,043 |
| 1.3 – Energia Elétrica                   | 0,019        | 0,019 | 0,019 | 0,019 |
| 1.4 – Água                               | 0,001        | 0,001 | 0,001 | 0,001 |
| 1.5 – Mão de Obra Produção               | 0,099        | 0,099 | 0,099 | 0,099 |
| 1.6 – Mão de Obra de Carregamento        | 0,029        | 0,029 | 0,029 | 0,029 |
| 1.7 – Manutenção das Instalações         | 0,010        | 0,010 | 0,010 | 0,010 |
| 1.8 – Seguro                             | 0,001        | 0,001 | 0,001 | 0,001 |
| 1.9 – Pintos                             | 0,600        | 0,600 | 0,600 | 0,600 |
| 1.10 – Ração                             | 2,876        | 2,871 | 2,883 | 2,793 |
| 1.11 – Produtos Veterinários             | 0,003        | 0,003 | 0,003 | 0,003 |
| 1.12 – Transportes                       | 0,069        | 0,069 | 0,069 | 0,069 |
| 2. CUSTOS FIXOS (B)                      | (R\$/ave)    |       |       |       |
| 2.1 – Depreciação das Instalações        | 0,017        | 0,017 | 0,017 | 0,017 |
| 2.2 – Depreciação dos Equipamentos       | 0,034        | 0,034 | 0,034 | 0,034 |
| Custo Total (A+B)                        | 3,873        | 3,868 | 3,880 | 3,790 |
| Preço do Frango Vivo (R\$/kg)<br>"Venda" | 2,00         | 2,00  | 2,00  | 2,00  |

\*CP = Ração-controle-positivo de acordo com recomendações do manual da linhagem;

\*CN = Ração-controle-negativo, com redução em 35 Kcal na fase inicial e 70 Kcal/kg de ração para as fases de crescimento e final;

\*RA = Ração reformulada com amilase exógena - 300g/ton (isonutriente a T1);

\*RCE = Ração reformulada com amilase exógena - 300g/ton associada ao complexo enzimático - 200 g/ton (isonutriente T1).

<sup>1</sup> Valores obtidos com base nas tabelas dos custos de produção disponibilizadas pela Embrapa Suínos e Aves (2009) e cotação segundo Associação dos Avicultores de Minas Gerais (2009).