

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

CARBOIDRASES EM PROGRAMAS ENZIMÁTICOS DE
RAÇÕES PARA FRANGOS DE CORTE

Autor: José Otávio Berti Sorbara
Orientadora: Prof^a Dr^a Alice Eiko Murakami

Tese apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de DOUTOR EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá - área de concentração: Produção Animal.

MARINGÁ
Estado do Paraná
março – 2008

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

CARBOIDRASES EM PROGRAMAS ENZIMÁTICOS DE
RAÇÕES PARA FRANGOS DE CORTE

Autor: José Otávio Berti Sorbara
Orientadora: Prof^a Dr^a Alice Eiko Murakami

Tese apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de DOUTOR EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá - área de concentração: Produção Animal.

MARINGÁ
Estado do Paraná
março – 2008

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação
(CIP)

B713 Sorbara, José Otávio Berti
Carboidrases em programas enzimáticos de rações
para frangos de corte/José Otávio Berti Sorbara. --
Maringá: [s.n.],2008.
68 f.

Orientador : Prof^a Dr^a Alice Eiko Murakami.
Tese (doutorado) - Programa de Pós-Graduação em
Zootecnia. Universidade Estadual de Maringá.

1. AMILASE. 2. CARBOIDRASE. 3. DIGESTIBILIDADE. 4.
ENZIMAS. 5. FRANGOS DE CORTE. 6. GLUCANASE. 7.
XILANASE. I. TÍTULO

CDD 636.51

Bibliotecária responsável: Marinalva A. S. Almeida
CRB 9/1094



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

CARBOIDRASES EM PROGRAMAS ENZIMÁTICOS DE RAÇÕES PARA FRANGOS DE CORTE

Autor: José Otávio Berti Sorbara
Orientadora: Prof^a Dr^a Alice Eiko Murakami

TITULAÇÃO: Doutor em Zootecnia - Área de Concentração Produção
Animal

APROVADA em 26 de março de 2008.

Prof. Dr. José Fernando
Machado Menten

Prof. Dr. Evandro de Abreu
Fernandes

Prof. Dr. Antonio Claudio Furlan

Prof. Dr. Elias Nunes Martins

Prof^a Dr^a Alice Eiko Murakami
(Orientadora)

Dedico

Aos meus pais, Antônio e Cecília, e Júnior,
Camila, Giuliana e Bernadete, pelo amor,
amizade e exemplo de vida.

Ao Massato, Saeko, Paula, Rodrigo e Bob,
pelo carinho e exemplo de família.

Às sobrinhas Sarah e Livia.

Ofereço

À Eliana Saiuri, pelo amor e
companheirismo.

... e ao nosso bebê que vem por ai.

AGRADECIMENTOS

A Deus e ao nosso Senhor Jesus Cristo pelo amor, saúde, alegria e sabedoria a mim concedidos.

À Universidade Estadual de Maringá, à Fazenda Experimental de Iguatemi e ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia que possibilitou o desenvolvimento desse trabalho.

À Prof^ª Dr^ª Alice Eiko Murakami, pela orientação, profissionalismo e paciência, meu respeito e agradecimento por tudo.

À DSM - Produtos Nutricionais Ltda, em especial aos Srs. Augusto José Adami, Francisco Piracés e Jeffersson Lecznieski, pelo apoio e incentivo em concluir essa etapa.

Aos Professores do Programa de Pós-graduação em Zootecnia, em especial Prof. Dr. Antônio Cláudio Furlan, Prof. Dr. Antônio Ferriani Branco, Prof^ª Dr^ª. Claudete Regina Alcalde, Prof. Dr. Cláudio Scapinello, Prof. Dr. Elias Nunes Martins, Prof. Dr. Francisco de Assis Fonseca de Macedo, Prof. Dr. Geraldo Tadeu dos Santos, Prof. Dr. Ivan Moreira, Prof. Dr. Júlio Cesar Damasceno, Prof. Dr. Luis Daniel Giusti Bruno, Prof^ª Dr^ª. Rosa Maria Gomes de Macedo e Prof^ª Dr^ª Simara Marcato, pela amizade e pelos ensinamentos durante o curso.

Aos Professores Ruben Pablo Schocken-Iturrino, Vera Maria Barbosa de Moraes e José Fernando Machado Menten, que foram meus orientados no Programa de Iniciação Científica e Mestrado, pelos ensinamentos que guardo até hoje.

Aos funcionários da Fazenda Experimental Iguatemi, em especial, ao Célio Passolongo, pelo auxílio na condução dos trabalhos.

Aos colegas e bolsistas que me acompanharam e ajudaram na condução dos experimentos, em especial Luciana Maria Garcia de Souza, Rafael Lachinski de Holanda Guerra, Elkin Varela, Alexandra Potença, Leandro Eiji Nakagawa, Ana Flávia Quiles Marques Garcia, Elyane Batista, Jovanir Inês Müller Fernandes, Suellen Regina Ferreira, Ely Mitie Massuda, Rafael Lara Tonussi, Fernando Urganani e Fábio César Bratti.

Aos Secretários do curso de Pós-graduação em Zootecnia, Denilson dos Santos Vicentin, Rose Mary Pepinelli e Waldirene Rossi Silva, pelo auxílio.

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

BIOGRAFIA DO AUTOR

JOSÉ OTÁVIO BERTI SORBARA, filho de Antônio Sorbara e Cecília Wey Berti Sorbara, nasceu em Registro, Estado de São Paulo, no dia 22 de setembro de 1976.

Em março de 1995, ingressou no curso de Zootecnia da Universidade Estadual Paulista, Campus de Jaboticabal, onde foi bolsista no Programa de Iniciação Científica, pelo CNPq de 1996 a 1998, sob a orientação do Professor Dr. Ruben Pablo Schocken-Iturrino e bolsista no Programa de Iniciação Científica, pela FAPESP de 1998 a 1999, sob a orientação da Professora Dra. Vera Maria Barbosa de Moraes e, em julho de 2000, graduou-se no referido curso.

Em agosto de 2001, iniciou no Mestrado em Agronomia, área de concentração: Ciência Animal e Pastagens, na Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Esalq, concluindo em maio de 2003; no mesmo mês ingressou na equipe Técnico-Comercial da empresa MCassab - Indústria e Comércio Ltda, onde permaneceu até maio de 2006.

Em março de 2006, iniciou no Doutorado em Zootecnia, área de concentração: Produção Animal, na Universidade Estadual de Maringá, realizando estudos na área de Nutrição de Frangos de Corte. Em maio de 2006, ingressou na equipe Técnica da DSM - Produtos Nutricionais Ltda, onde permanece até hoje.

No dia 26 de março de 2008, submeteu-se à banca para defesa da Tese.

ÍNDICE

	Página
LISTA DE TABELAS.....	vii
RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	xi
I – INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Revisão de Literatura.....	2
1.1.1. Enzimas.....	2
1.1.2. Efeito das enzimas sobre o desempenho de aves.....	3
1.1.3. Polissacarídeos não-amiláceos.....	5
1.1.4. Amido.....	9
1.1.5. Digestão e absorção de nutrientes em aves.....	10
1.2. Literatura Citada.....	12
II – OBJETIVOS GERAIS.....	18
III – Programas Enzimáticos para Frangos de Corte: Desempenho, Digestibilidade Ileal Aparente e Avaliação Econômica.....	19
Resumo.....	19
Abstract.....	21
Introdução.....	22
Material e Métodos.....	23
Resultados e Discussão.....	35
Conclusões.....	52
Agradecimentos.....	52
Bibliografia.....	52
IV – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	56

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Tipos e níveis de PNAs presentes em alguns grãos de cereais (% da MS).....	7
Tabela 2. Tipos e níveis de carboidratos em algumas leguminosas (% da MS).....	8
Tabela 1. Percentagem de amido, polissacarídeos não-amiláceos (PNAs) e ácido urônico de uma ração inicial e uma ração crescimento (base na matéria natural).....	28
Tabela 2. Composição das rações de crescimento (g/kg, da material natural) do Experimento 1.....	29
Tabela 3. Tratamentos utilizados na fase inicial e crescimento do Experimento 2.	30
Tabela 4. Composição da ração controle positivo da fase inicial e das rações controle positivo e negativo da fase crescimento (g/kg, da material natural) utilizadas no Experimento 2.....	31
Tabela 5. Tratamentos utilizados na fase inicial e crescimento do Experimento 3.....	32
Tabela 6. Composição das rações iniciais (g/kg, da material natural) do Experimento 3.....	33
Tabela 7. Composição das rações crescimento (g/kg, da material natural) do Experimento 3.....	34
Tabela 8. Conversão alimentar (CA), ganho de peso (GP), consumo de ração (CR), conversão alimentar ajustada para um mesmo peso corporal (CAA), e coeficiente de sobrevivência de frangos de corte alimentados com uma ração à base de milho e farelo de soja de 21 a 40 dias de idade (Experimento 1).....	40
Tabela 9. Custo de produção (R\$/kg de frango vivo) aos 40 dias de idade tendo por base a variação dos preços das principais matérias-primas da ração de 60 a 140% em relação aos custos atuais 100% (Experimento 1).....	41
Tabela 10. Conversão alimentar (CA), ganho de peso (GP), e consumo de ração (CR) de frangos de corte alimentados com uma ração à base de milho e farelo de soja de 1 a 20 dias de idade (Experimento 2).....	42
Tabela 11. Conversão alimentar (CA), ganho de peso (GP), consumo de ração (CR), e conversão alimentar ajustada para um mesmo peso corporal (CAA) de frangos de corte alimentados com ração à base de milho e farelo de soja de 21 a 40 dias de idade (Experimento 2).....	43
Tabela 12. Conversão alimentar (CA), ganho de peso (GP), consumo de ração (CR), conversão alimentar ajustada para um mesmo peso corporal (CAA), e coeficiente de sobrevivência de frangos de corte alimentados com ração à base de milho e farelo de soja de 1 a 40 dias de idade (Experimento 2).....	44

Tabela 13.	Custo de produção (R\$/kg de frango vivo) aos 40 dias de idade tendo por base a variação dos preços das principais matérias-primas da ração de 60 a 140% em relação aos custos atuais 100% (Experimento 2).....	45
Tabela 14.	Conversão alimentar (CA), ganho de peso (GP), consumo de ração (CR), e conversão alimentar ajustada para o mesmo peso corporal (CAA), g de pâncreas por 100 g de peso vivo (Pâncreas) de frangos de corte alimentados com ração à base de milho e farelo de soja de 1 a 19 dias de idade (Experimento 3).....	46
Tabela 15.	Conversão alimentar (CA), ganho de peso (GP), consumo de ração (CR), conversão alimentar ajustada para um mesmo peso corporal (CAA), e g de pâncreas por 100 g de peso vivo (Pâncreas) de frangos de corte alimentado com a ração à base de milho e farelo de soja de 20 a 40 dias de idade (Experimento 3).....	47
Tabela 16.	Conversão alimentar (CA), ganho de peso (GP), consumo de ração (CR), conversão alimentar ajustada para um mesmo peso corporal (CAA), e coeficiente de sobrevivência (Sobrevivência) de frangos de corte alimentado com a ração à base de milho e farelo de soja de 1 a 40 dias de idade (Experimento 3).....	48
Tabela 17.	Digestibilidade ileal aparente (D.I.A., %) da energia bruta (EB), proteína bruta (PB), amido, matéria seca (MS), e aminoácidos aos 19 dias de idade de frangos de corte alimentado com a ração à base de milho e farelo de soja (Experimento 3).....	49
Tabela 18.	Digestibilidade ileal aparente (D.I.A.,%) da energia bruta (EB), proteína bruta (PB), amido, matéria seca (MS), e aminoácidos aos 40 dias de idade de frangos de corte alimentado com ração à base de milho e farelo de soja, média seguida do desvio-padrão (Experimento 3).....	50
Tabela 19.	Custo de produção (R\$/kg de frango vivo) aos 40 dias de idade tendo por base a variação dos preços das principais matérias-primas da ração de 60 a 140% em relação aos custos atuais 100% (Experimento 3).....	51

RESUMO

Foram conduzidos três experimentos no aviário experimental da Universidade Estadual de Maringá, com o objetivo de avaliar o desempenho de frangos de corte, custo de produção e a digestibilidade ileal aparente das rações suplementadas com diferentes programas de enzimas carboidrases em diferentes idades. O objetivo do Experimento 1 foi avaliar a possibilidade de uso de enzimas exógenas em rações à base de milho e farelo de soja, a partir de 21 dias até 40 dias de idade, sobre o desempenho de frangos de corte. O delineamento foi inteiramente casualizado com quatro tratamentos e cinco repetições de 34 aves cada. Os tratamentos consistiam de um controle positivo (CP); um controle negativo (CN) com redução de energia metabolizável (EM) em 120 kcal/kg em relação ao CP; CN+amilase (AMI); e CN+AMI+xilanase (XIL) de 21 a 40 dias de idade. Observou-se redução no ganho de peso (GP) dos frangos de corte quando foram alimentados com a ração do CN ($P<0,05$). No entanto, quando os frangos receberam a ração CN+AMI+XIL, o GP retornou ao valor encontrado no CP. A análise econômica desse experimento demonstrou que as enzimas proporcionaram redução de 4 a 15% dependendo do custo das matérias-primas e das enzimas utilizadas. No Experimento 2, foi adotado um delineamento inteiramente casualizado e, na fase inicial de um a 20 dias de idade, foram utilizados apenas dois tratamentos (CP e CP+AMI) com 32 repetições cada, e, cada tratamento na fase inicial, foi desdobrado em quatro na fase crescimento com oito repetições cada. Os quatro tratamentos da fase crescimento provindos do tratamento da fase inicial que não recebeu enzima foram: CP, CN com 120 kcal a menos que o CP, CN+AMI e CN+AMI+XIL. Os outros quatro tratamentos da fase crescimento provindos do tratamento da fase inicial com a suplementação de amilase foram: CP+AMI, CP+AMI+XIL, CN+AMI, CN+AMI+XIL. O uso de AMI suplementado ao CP na fase inicial afetou apenas o consumo de ração que foi maior ($P<0,05$) para o tratamento CP+AMI. A redução de 120 kcal de EM/kg de ração na fase crescimento (CN) evidenciou o efeito negativo ($P<0,05$) sobre a conversão alimentar no tratamento CN quando comparado ao CP. No entanto, apesar das enzimas terem

melhorado o desempenho das aves que receberam a ração do CN, nenhum dos programas enzimáticos utilizados foi eficiente em retornar os índices zootécnicos aos mesmos patamares do CP. A avaliação econômica desse experimento demonstrou que qualquer dos programas enzimáticos utilizados proporcionou redução no custo de produção por kg de frango vivo levando-se em consideração os atuais preços de matéria-prima ou superiores. No Experimento 3, foi utilizado um delineamento casualizado e, durante a fase inicial, foram sete tratamentos com oito repetições cada, exceto o tratamento CP que nessa fase tinha 16 repetições; na fase crescimento, foram utilizados oito tratamentos com oito repetições cada. Os tratamentos utilizados na fase inicial foram: CP, CN50 com redução da EM da ração em 50 kcal/kg em relação ao CP; CN75 com redução da EM da ração em 75 kcal/kg em relação ao CP; CN100 com redução da EM da ração em 100 kcal/kg em relação ao CP; CN100+AMI; CN100+AMI+XIL; e CN+Glucanase (GLU). Na fase crescimento, os tratamentos utilizados foram os mesmos utilizados na fase inicial, exceto que das 16 repetições do tratamento CP, na fase inicial, oito delas começaram a receber a ração CN+AMI na fase crescimento e o tratamento que recebeu CN+GLU, na fase inicial, recebeu a ração CN+AMI+XIL na fase crescimento. A avaliação econômica demonstrou que a viabilidade econômica do uso de enzimas depende dos custos das matérias-primas e do tipo de programa enzimático utilizado. Aos 19 e 40 dias de idade, dez e cinco aves/repetição, respectivamente, foram sacrificadas para coleta do conteúdo ileal para determinação da digestibilidade ileal aparente das rações dos tratamentos utilizados. Nesse experimento, foi necessário reduzir a EM das rações em 100 kcal/kg para conseguir detectar piora ($P<0,05$) na CA, quando comparado ao CP. Na fase inicial, nenhum dos programas enzimáticos utilizados foi suficiente para recuperar a CA aos mesmos níveis do CP. No entanto, o tratamento que recebeu a ração do CN+AMI na fase crescimento e a ração do CP, na fase inicial, teve melhora ($P<0,05$) na CA e no GP, quando comparado ao CN100. Pelos dados de digestibilidade ileal aparente não foi possível explicar totalmente a melhora de desempenho das aves que receberam CN+AMI apenas na fase crescimento. Pelos resultados encontrados nesse trabalho, é possível afirmar que a utilização de um programa enzimático, para frangos de corte com AMI ou AMI+XIL em uma ração à base de milho e farelo de soja somente de 19 dias a 40 dias de idade, é possível e resulta em melhora de desempenho de frangos de corte.

Palavras-chave: amilase, carboidrase, digestibilidade ileal, enzimas, frangos de corte, glucanase, xilanase

ABSTRACT

Three experiments were performed in the experimental poultry house of Maringá State University to evaluate the performance of broilers, production cost and ileal apparent digestibility of feed supplemented with different carbohydrases enzyme programs at different ages. The first trial was carried out to evaluate the possibility of supplementing corn and soybean meal based diets for broilers after 21 days of age with exogenous enzymes. A complete randomized design was used with four treatments and five replicates with 34 birds each. The treatments included a positive control (PC); a negative control (NC) with a 120 kcal/kg reduction of the metabolizable energy (ME) in the PC; NC+amylase (AMI); and NC+AMI+ xylanase (XIL) from 21 to 40 d. The body weight gain (BWG) was reduced in the broilers fed the NC diet. However, when the birds were fed the NC diet + AMI+XIL, the BWG improved and reached the same level as the PC. The economic evaluation demonstrated that enzymes reduce cost production by 4 to 15% depending on the cost of feed ingredients and the enzymes that were used. A complete randomized design was also used in the second trial. Two treatments were used from 1 to 19 days of age, with 32 replicates each with 36 birds each: a PC (without enzyme) and a PC+AMI. Eight treatments were used from 20 a 40 days of age, with eight replicates. Each treatment of the starter phase was further divided into four during the grower phase. The four treatments of the grower phase originated from the starter phase that did not include enzymes were: PC, NC with 120 kcal less than PC, NC+AMI and NC+AMI+XIL. The other four treatments in the grower phase originated from the starter phase with amylase supplementation were: PC+AMI, PC+AMI+XIL, NC+AMI, NC+AMI+XIL. The treatment PC+AMI in the starter phase had higher ($P<0.05$) feed intake than the PC. The ME reduction by 120 kcal/kg in the growing phase had great impact on the feed conversion rate (FCR) which was higher for the NC group than for the PC. However, even though the performance parameters improved when enzymes were used, none of the enzyme supplementation programs was efficient enough to reach

the PC parameters ($P>0.05$). The economic evaluation shows that all the enzyme supplementation programs resulted in a reduction of the cost production per kg of live body weight, based on the present prices of feedstuffs or higher. A complete randomized design was used in the third trial, with seven treatments and eight replicates in the starter phase, except for the PC treatment that had 16 replicates in this phase. The starter phase treatments were: PC, NC50, NC75 and NC100 with 50, 75 and 100 kcal less than PC, respectively, NC100+AMI, NC100+AMI+XIL and NC100+Glucanase (GLU). In the grower phase, 8 treatments with 8 replicates were used and the PC treatment was further divided into two treatments, one remaining as PC and the other receiving NC100+AMI. The other difference was that the group receiving the NC100+GLU treatment in the starter phase received NC100+AMI+XIL in the grower phase. At 19 and 40 d of age, 10 and 5 birds/replicate, respectively, were euthanized and the ileum contents collected to determine the ileal apparent digestibility of the feeds that were used in the treatments. It was found in this experiment that it was necessary to lower the ME by 100 kcal/kg in order to detect a worsening in FCR when comparing the PC with the NC. During the starter phase, none of the enzyme supplementation programs that were used was able to achieve the performance parameters obtained in the PC group. However, the group that received NC+AMI in the growing phase and the PC feed in the starter phase had better ($P<0.05$) FCR and BWG than NC100. The performance improvement obtained using NC+AMI only in the growing phase could not be explained by the ileal apparent digestibility data. The economic analysis demonstrates that enzyme supplementation depends on the enzyme program used and the price of feedstuffs. Based on the results obtained it can be stated that the use of enzymatic program with AMI or AMI+XIL supplementation only after 19 d of age has a positive effect on broiler performance.

Key words: amylase, carbohydrase, ileal digestibility, enzymes, broilers, glucanase, xylanase

I – INTRODUÇÃO

O estudo de enzimas, em nutrição animal, é muito antigo, sendo a primeira referência conhecida de 1925 (Rosen, 2002). A enzima mais estudada na história da nutrição animal tem sido a fitase. Entretanto, o rápido sucesso das β -glucanases e xilanases, na apresentação de resultados em dietas com trigo, aveia, cevada e centeio, abriu grande expectativa entre os nutricionistas com relação à melhoria da digestibilidade de ingredientes alternativos. Oportunidades similares também existem em alimentos de uso rotineiro como o milho, o farelo de soja, arroz, canola, girassol, além de subprodutos de origem animal com o uso de amilases, pectinases, galactosidases e proteases.

Além de ganhos em digestibilidade, ganhos em paralelo, também, podem ser esperados quando a degradação é destinada a compostos que interferem negativamente no metabolismo animal, caso de compostos que aumentam a viscosidade intestinal e como no caso do ácido fítico que se complexa com outros nutrientes tornando-os indisponíveis. De uma forma ou de outra, a melhoria, na utilização do alimento pelos animais, tem que ser passível de mensuração de forma que a obtenção do benefício da sua ação seja comprovada.

As xilanases e as glucanases têm demonstrado melhora na digestibilidade de ingredientes em rações à base de trigo e cevada (Cowieson, 2005, Juanpere *et al.*, 2005, Meng *et al.*, 2005) pela redução de fatores antinutricionais dos polissacarídeos não-amiláceos (PNAs) (Choct *et al.* 2004, Preston *et al.*, 2001). No entanto, PNAs não são encontrados em grandes quantidades em rações à base de milho e farelo de soja, principalmente, nas rações abate em que o nível de proteína desejado é mais baixo que nas rações pré-iniciais e iniciais. Por esse motivo, em poucos trabalhos é investigado o efeito das xilanases e glucanases em rações de frangos de corte à base de milho e farelo de soja. Enzimas exógenas, que contêm várias combinações de amilases, proteases, xilanases, glucanases, celulasas, mananases e pectinases são adicionadas às rações à

base de milho e farelo de soja obtendo-se respostas positivas no desempenho das aves (Cowieson e Adeola, 2005, Yu e Chung, 2004 e Zanella, 1998), na energia metabolizável aparente (Meng e Slominski, 2005, Saleh *et al.*, 2005) e na digestibilidade ileal da proteína (Cowieson e Adeola, 2005, Meng e Slominski, 2005, Saleh *et al.*, 2005, Zanella, 1998) e aminoácidos (Zanella, 1998, Rutherford *et al.*, 2007). Porém, ainda não é claro o mecanismo pelo qual se encontra uma melhora na energia metabolizável aparente com o uso de enzimas.

Meng e Slominski (2005) e Zanella (1998) encontraram melhora na digestibilidade do amido (a primeira fonte de energia) com a suplementação de algumas enzimas. Pequeno reflexo na digestibilidade da gordura, proteínas e dos PNAs também é observado (Meng e Slominski, 2005, Saleh *et al.*, 2005, Zanella, 1998).

Em trabalho recente, Olukosi *et al.* (2007) estudaram o efeito de uma mistura enzimática (contendo xilanase, amilase e protease) ou fitase individualmente ou em conjunto sobre o desempenho de frangos de corte e digestibilidade dos nutrientes em diferentes idades entre um e 21 dias, e verificaram que as enzimas contribuíram mais no início do que no final do período experimental.

Atualmente, são poucos os trabalhos que estudaram o efeito de programas enzimáticos com diferentes enzimas em diferentes idades dos frangos de corte levando-se em consideração os ingredientes das rações.

1.1. Revisão de Literatura

1.1.1. Enzimas

Enzimas são catalisadores biológicos que aceleram reações químicas intra ou extracelulares. As enzimas exógenas, ou seja, aquelas adicionadas à ração, atuam no lúmen intestinal, a partir do momento que encontrarem condições de pH, temperatura e umidade para ficarem ativas.

Para poder entender as limitações e potencialidades do uso de enzimas na nutrição de aves, é importante lembrar alguns aspectos de enzimologia: as enzimas são moléculas proteicas complexas (com número e sequência de aminoácidos constante) que catalisam uma reação química; são altamente específicas para as reações que catalisam e para os substratos que estão envolvidos na reação; exigem que sua estrutura

permaneça inalterada para garantir sua atividade, a qual depende de vários fatores (exemplo: tipo e quantidade de substrato, pH, temperatura, presença de inibidores enzimáticos) e, por serem proteínas, podem ser inativadas e desnaturadas por pH extremos e calor, e também podem ser degradadas por outras enzimas (proteases) (Nagashiro, 2007).

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

- O suplemento enzimático deve conter um espectro apropriado de atividade enzimática de tal forma que os efeitos antinutricionais do substrato alvo seja neutralizado (exemplo: β -glucanos presente na cevada e aveia, arabinosilanos presente no centeio, trigo e triticale).
- O suplemento deve conter quantidades adequadas de substância ativa de enzimas apropriadas para neutralizar os efeitos antinutricionais da dieta.
- Cereais diferentes possuem quantidades distintas de fator antinutricional sensíveis às enzimas. Portanto, a resposta pode variar de acordo com o cereal ou a dose a ser utilizada, devendo ser de acordo com a quantidade e tipo de substrato.
- Os resultados são afetados pela classe e idade das aves. As respostas em suínos, normalmente, são menores que as encontradas em aves, e ainda não foram bem estudadas.
- As enzimas exógenas não devem ser inativadas pelo processamento da ração, pelo baixo pH ou serem degradadas pelas enzimas endógenas presentes no trato gastrintestinal.

1.1.2. Efeito das enzimas sobre o desempenho de aves

O uso de enzimas comerciais em rações para animais de produção tem menos de 20 anos de história e essa tecnologia tem evoluído muito nesse período, tendo por base a eficácia dos novos produtos e o melhor entendimento da relação entre a atividade enzimática e o substrato disponível para degradação (Choct, 2006).

O efeito do uso de enzimas, particularmente xilanases e β -glucanases, sobre o valor nutritivo em rações à base de trigo e cevada já foram bem estudadas e revisões de literatura feitas por Bedford e Schulze (1998) e Acamovic (2001) tratam com propriedade esse assunto. No entanto, ainda são poucos os estudos que envolvem o uso

de enzimas exógenas, com exceção da fitase, para ração à base de milho e farelo de soja porque esses ingredientes são considerados de alta digestibilidade. Por possuírem baixas concentrações de PNAs e fatores antinutricionais, os efeitos das enzimas sobre o desempenho são menores do que os encontrados em rações com alta concentração de PNAs.

Vários trabalhos indicam que o uso de uma ou mais enzimas em rações para frangos de corte à base de milho e farelo de soja resultam em melhora no desempenho, no entanto, as respostas são muito variáveis. Trabalhos que utilizam mistura de xilanase, amilase e protease, em frangos de corte, encontraram melhora na conversão alimentar de 2,2% (Zanella *et al.*, 1999), 10,5% (Iji *et al.* 2003) e 0,78% (Pack e Bedford, 1998) e piora na conversão alimentar de 7,1% (Yu e Chung, 2004), quando comparados aos tratamentos-controle. Para ganho de peso, as respostas encontradas foram de melhora de 1,9% (Zanella *et al.*, 1999), 10,3% (Iji *et al.* 2003) e 3,6% (Pack e Bedford, 1998) e piora de ganho de peso de 1,7% (Yu e Chung, 2004). Por esses trabalhos, percebe-se que os resultados encontrados em desempenho são muito variáveis e depende de outros fatores como idade do animal, condições ambientais e estresse a que o animal está submetido, além de questões como a qualidade bromatológica do milho ou sorgo e do farelo de soja utilizados nos experimentos.

Segundo Dourado (2008), existem duas abordagens econômicas quando se considera a incorporação de enzimas exógenas nas formulações das dietas. Uma aplicação mais prática, chamada de “*on top*”, que consiste em suplementar com as enzimas uma formulação-padrão, sem alterar os níveis nutricionais, com intuito de melhorar o desempenho. A segunda alternativa seria alterar a formulação da ração e reduzir os nutrientes e adicionar enzimas exógenas para restaurar o valor nutricional da dieta-padrão, visando o mesmo desempenho de uma dieta com os níveis nutricionais normais, de forma mais econômica.

A utilização do controle negativo com redução da energia e outros nutrientes da ração é, normalmente, utilizado em experimentos de desempenho com enzimas, pois o objetivo das enzimas é melhorar a digestibilidade dos ingredientes que compõem a ração, e que serão convertidos em energia; dessa forma, o uso de rações com níveis nutricionais ótimos para experimentos com enzimas é pouco utilizado porque se acredita que, quando os frangos de corte recebem esse tipo de ração mais enzima, há pouco espaço para que as enzimas demonstrem melhora de desempenho, visto que todas necessidades nutricionais das aves já estão sendo atendidas pela ração sem a enzima.

O uso de combinações de enzimas carboidrases, proteases e fitases para melhorar a digestão e aumentar a retenção de nutrientes, melhorando o desempenho parece claro, no entanto, o uso de duas ou mais enzimas resultam em respostas que variam de antagonista (Naveed *et al.*, 1999; Saleh *et al.*, 2004), subaditivo (Zyla *et al.*, 2000; Wu *et al.*, 2004; Kim *et al.*, 2005; Leslie *et al.*, 2007), aditivo (Zyla *et al.*, 1996; Mulyantini *et al.*, 2005) e sinérgico (Ravindran *et al.*, 1999).

Os mecanismos pelos quais as enzimas proporcionam melhora no desempenho quando suplementadas em rações à base de milho e farelo de soja podem ser:

- Hidrólise de polissacarídeos envolvidos no encapsulamento do amido ou proteína para permitir que sejam digeridos pelas enzimas e que antes estavam inacessíveis (Bedford, 1996).
- Hidrólise ou inativação de fatores antinutricionais como fitatos e inibidores de tripsina (Huo *et al.*, 1993; Cowieson *et al.* 2004)
- Reduzir as perdas endógenas por descamação da mucosa (Danicke *et al.*, 2000; Selle *et al.*, 2000; Cowieson *et al.*, 2003)
- Reduzir o número de bactérias presente na parte distal do intestino (Apajalahti e Bedford, 1999; Fernandez *et al.*, 2000)

Os benefícios do uso de enzimas em rações para monogástricos não incluem somente a melhora do desempenho, mas a redução da excreção de fósforo e nitrogênio são questões ambientais importantes e que devem ser levadas em consideração. A melhora da acurácia e maior flexibilidade nas formulações de mínimo custo, assim como, o bem-estar animal são pontos importantes e que são beneficiados pelo uso de enzimas exógenas (Choct, 2006).

1.1.3. Polissacarídeos não-amiláceos

Polissacarídeos são polímeros de monossacarídeos unidos por uma ligação glicosídica e são definidos e classificados de acordo com a seguinte estrutura: (a) identidade do monossacarídeo presente, (b) forma do anel do monossacarídeo (C6-piranosose ou C5-furanose), (c) posição da ligação glicosídica, (d) configuração (α ou β) da ligação glicosídica, (e) sequência em que estão ordenados os resíduos de monossacarídeos na cadeia, e (f) presença ou ausência de não-carboidratos substituintes (Choct, 1997).

A parede celular dos vegetais é altamente ordenada e consiste de mesclas de diferentes polissacarídeos, polifenóis, glucoproteínas e glucolipídeos. Os componentes estão ordenados em três padrões principais: os polissacarídeos da fibra (principalmente celulose), a matriz de polissacarídeos (principalmente hemicelulose e pectinas) e substâncias incrustadas (principalmente os compostos polifenóis lignina). Os ácidos fenólicos como as proteínas estão presentes em pequenas quantidades, mas têm papel importante na estabilidade da parede celular. Os polissacarídeos não-amiláceos (PNAs) foram reconhecidos por Trowell *et al.*, 1985 (citado por Englyst, 1989), como os componentes principais da fibra dietética. As concentrações dos componentes variam entre os diferentes vegetais e entre diferentes partes das plantas e também são influenciados pelo grau de maturidade da planta (Nagashiro, 2007). As organizações estruturais dentro da parede celular também afetam as propriedades químicas e físicas dos polissacarídeos os quais influem fisiologicamente na digestão e absorção dos nutrientes presentes (Theander *et al.*, 1989, Classen, 1996, Smits e Annison, 1996, Bach Knudsen, 2001).

Os PNAs representam uma diversidade de compostos que possuem diferentes propriedades físico-químicos. Os componentes da fibra dos grãos consistem basicamente de PNAs, os quais nos cereais fazem parte da estrutura da parede celular. Nas leguminosas, os PNAs também têm papel importante como depósito de energia. Os polissacarídeos neutros arabinosilanos (pentosanas), β -glucanos [(1,3), (1,4)- β -D-glucanos] e pequenas quantidades de celulose (polímeros de 1,4- β -D-glucanos) constituem os principais PNAs da parede celular do endosperma de grãos cereais (Nagashiro, 2007). A concentração de PNAs do trigo, centeio, triticale e cevada é alta. A fração arabinosilanos predomina no trigo (5-10% da MS), centeio e triticale, e em menor quantidade que os β -glucanos na cevada e aveia (3-6% da MS). O milho e o sorgo contêm níveis de PNAs totais baixos, de 8,1 e 4,8% da MS, respectivamente, sendo quase a totalidade PNAs insolúveis, arabinosilanos e celulose (Choct, 1997; Huisman *et al.*, 2000) (Tabela 1) que, por serem insolúveis, não causam aumento da viscosidade intestinal.

Tabela 1. Tipos e níveis de PNAs presentes em alguns grãos de cereais (% da MS).

Cereal	Composição de Polissacarídeos não-amiláceos (%MS)						
	Celulose	Arabinoxilanos	β -glucanos	Mananos	Galactanos	Ácido Uronico	Total
Grão de Trigo							
<i>Solúvel</i>		1,8	0,4		0,2		2,4
<i>Insolúvel</i>		6,3	0,4		0,1	0,2	9,0
Total	2,0	8,1	0,8		0,3	0,2	11,4
Grão de Centeio							
<i>Solúvel</i>		3,4	0,9	0,1	0,1	0,1	4,6
<i>Insolúvel</i>		5,5	1,1	0,2	0,2	0,1	8,6
Total	1,5	8,9	2,0	0,3	0,3	0,2	13,2
Grão de Cevada							
<i>Solúvel</i>		0,8	3,6		0,1		4,5
<i>Insolúvel</i>		7,1	0,7	0,2	0,1	0,2	12,2
Total	3,9	7,9	4,3	0,2	0,2	0,2	16,7
Grão de Milho							
<i>Solúvel</i>		0,1					0,1
<i>Insolúvel</i>		5,1		0,2	0,6		8,0
Total	2,0	5,2		0,2	0,6		8,1
Grão de Sorgo							
<i>Solúvel</i>		0,1	0,1				0,2
<i>Insolúvel</i>		2,0	0,1	0,1	0,15		4,6
Total	2,2	2,1	0,2	0,1	0,15		4,8

Adaptado de Choct, 1997.

A concentração de PNAs é relacionada negativamente com o valor nutritivo do ingrediente (Choct e Annison, 1990; Annison e Choct, 1991; Choct, 1997). Os efeitos antinutricionais dos PNAs, em monogástricos, são diversos e em alguns casos extremos, como por um lado o efeito da fração solúvel e por outro lado a fração insolúvel. Os efeitos negativos dessas frações são provocados, principalmente, por dois mecanismos de ação:

- A parcial solubilização dos arabinoxilanos do trigo, centeio e triticale, e o β -glucanos da cevada e aveia produz aumento na viscosidade do conteúdo intestinal, razão pela qual são chamados de grão de cereais viscosos. Estes impedem a ação de enzimas digestivas, aumentam o tempo de passagem do alimento pelo trato gastrintestinal e reduzem a absorção de nutrientes e, conseqüentemente, produzem fezes pastosas, motivos pelos quais o desempenho animal é afetado drasticamente.
- Os PNAs insolúveis têm pouco ou nenhum efeito negativo nos monogástricos, no entanto, nutrientes como proteínas e amido que poderiam estar disponíveis para digestão e absorção estão encapsulados ou incorporados na parede celular das células do endosperma do grão e, em ambos os casos, estão impenetráveis à ação de

enzimas endógenas, tais como amilases e proteases. Esses efeitos são muito importantes em grãos de cereais não-viscosos como milho e sorgo (Classen,1996; Choct, 1997; Broz e Beardsworth, 2002; Choct, 2006).

Os aspectos principais da composição química dos ingredientes protéicos vegetais, como soja integral desativada ou extrusada e farelo de canola, e seu uso como alimento para animais monogástricos, são o conteúdo de energia e proteína, o padrão de aminoácidos e a quantidade de fatores antinutricionais. Esses ingredientes são, amplamente, utilizados como fonte de proteína (variando de 22 a 50% de proteína) em dietas de aves, e seus valores de energia metabolizável aparente (EMA) são, geralmente, baixos quando comparados aos grãos de cereais, com exceção da soja extrusada por sua alta concentração de óleo (Kocher, 2001). A diferença entre os grãos de cereais e os ingredientes proteicos vegetais, além da alta concentração de proteína tem também alta concentração de PNAs e baixa concentração de amido. A concentração de PNAs dos ingredientes proteicos vegetais está entre 18 e 35% da MS (Tabela 2). Os PNAs que predominam são insolúveis e os polissacarídeos da parede celular dos cotilédones são, predominantemente, polissacarídeos pecticos complexos e diversos (Nagashiro, 2007).

Nas leguminosas, os PNAs servem como fonte de reserva de energia para a semente. O conteúdo de PNAs dos ingredientes vegetais usados na alimentação de aves varia de acordo com a origem da planta, da variedade, do grau de processamento e, posteriormente, da proporção de casca (que é rica em PNAs) no produto final.

Tabela 2. Tipos e níveis de carboidratos em algumas leguminosas (% da MS).

	PNA Totais	Celulose	Rami- nose	Fu- cose	Ara- binose	Xi- lose	Ma- nose	Galac- tose	Glu- cose	Ácido Urônico.
Soja										
<i>Solúvel</i>	2,7	4,4	0,1		0,5	0,1	0,2	0,6	0,2	1,1
<i>Insolúvel</i>	16,5	4,4	0,2	0,3	2,4	1,7	0,7	3,9	0,3	2,5
Total	19,2		0,3	0,3	2,9	1,8	0,9	4,5	0,5	3,6
Girassol										
<i>Solúvel</i>	4,5	8,7	0,2	0,1	0,6		0,1	0,3		3,2
<i>Insolúvel</i>	23,1	8,7	0,3	0,1	3,0	5,3	1,1	0,9	0,4	3,4
Total	27,6									

Adaptado de Choct, 1997.

1.1.4. Amido

O amido é uma fonte importante de energia para rações de aves e provê mais de 60% da EMA em condições práticas. Em alimentos crus, não-processados, o amido nativo é um material semicristalino sintetizado na forma de grânulos, os quais têm tamanhos e forma característica para cada espécie vegetal. Nos grãos de cereais, os grânulos de amido estão localizados dentro das células do endosperma, as quais são diferenciadas pela complexa parede celular. O amido puro consiste de polímeros de α -glucanos de estrutura diferente; a amilose é uma molécula linear e a amilopectina é uma molécula altamente ramificada e de maior peso molecular (Carré, 2004). Os amidos, em seu estado natural, diferem no tamanho do grânulo e na relação amilose:amilopectina do amido. Os amidos são definidos como cerosos, quando a relação amilose:amilopectina é baixa (amilose < 15%), normal (amilose entre 16 e 35%) e alta amilose (amilose > 36%). A relação amilose:amilopectina da maioria dos grãos cereais está em torno de 20-28:80-72%. No entanto, existem genótipos com concentração de amilose abaixo de 1% (do conteúdo total de amido), e os ricos em amilose com mais de 70% (do conteúdo total de amido) (Tester *et al.*, 2004).

De acordo com estudos de cristalinidade, por meio de difração de raio-X, os amidos naturais podem ser divididos em: Tipo A, de estrutura aberta (presente na maioria dos amidos de cereais), Tipo B que é mais compactado (encontrados em amido de tubérculos como batata) e Tipo C que é uma combinação do Tipo A e B, que está presente em leguminosas. O amido, presente nos cereais e leguminosas, está associado com proteínas, muitas das quais hidrofóbicas, e a rede proteína amido está rodeada pela parede celular. Portanto, o amido tende a estar no interior das partículas protegido da água. Os principais processos que facilitam a disponibilidade do amido e, conseqüentemente a ação da amilase, são processos físicos de quebra e moagem dos grãos e também pelo processo térmico como peletização, expansão e extrusão. É importante fazer distinção entre os grânulos de amido naturais (no estado cru) e gelatinizados que, normalmente, são amorfos e não possuem estrutura cristalina (Carré, 2004; Tester *et al.*, 2004; Svihus *et al.*, 2005; Nagashiro, 2007) e por isso são muito fáceis de serem digeridos.

O maior contribuinte na EMA dos grãos de cereais são os amidos, mas existe relação direta entre o valor de EMA e a digestibilidade do amido (Wiseman, 2006). Já foi demonstrado que a digestibilidade do amido, em grãos de cereais viscosos, é afetado

negativamente pelos PNAs solúveis (Choct e Annison, 1990; Annison e Choct, 1991; Classen, 1996; Wiseman *et al.*, 2000). Mas existem poucos trabalhos sobre a digestibilidade do amido em grãos de cereais não-viscosos como milho e sorgo para aves. Os resultados encontrados por técnicas de digestibilidade aparente, coleta total de fezes (Zanella *et al.*, 1999; Batal e Parsons, 2002; Gracia *et al.*, 2003; Slominski *et al.*, 2006) e por técnicas de digestibilidade ileal (Choct, 1997; Zanella *et al.*, 1999; Weurding *et al.*, 2001; Slominski *et al.*, 2006) têm demonstrado que a digestibilidade do amido é alta. No entanto, Zanella *et al.* (1999) encontraram diferenças na digestibilidade do amido medida por três técnicas (Sibbald, coleta total e coleta ileal) e, em geral, não foi maior que 90%. Sabe-se que a fermentação do amido, no intestino grosso, é energeticamente menos eficiente que a digestão enzimática no intestino delgado (Weurding *et al.*, 2001; Wiseman, 2006). Ainda não foi identificada a causa clara, mas existem indícios que a fração resistente à digestão enzimática se deve ao efeito encapsulador dos PNAs insolúveis. Qualquer aumento da digestibilidade do amido presente na ração pode representar aporte substancial de energia metabolizável para o animal, pela presença do amido em grande quantidade e do seu alto valor energético.

Na nutrição humana, os amidos, por afetarem o índice glicêmico, foram classificados de acordo com a susceptibilidade enzimática como sendo: amido rapidamente digerido (na sigla em inglês RDS, rapidly digestible starch), amidos lentamente digeridos (SDS, slow digestible starch) e amido resistente (RS, resistant starch) que escapam da digestão no intestino delgado. Os RS foram subdivididos em quatro frações: RS tipo I (RS1), fisicamente inacessível à digestão por estar atrelado a uma matriz não-digestível; RS tipo II (RS2), amido natural não-gelatinizado com cristalinidade tipo B, lentamente hidrolisado por α -amilase, como os amidos presentes na batata e banana; RS tipo III (RS3): amido retrógrado formado durante o processamento térmico; RS tipo IV (RS4) amido modificado quimicamente (Englyst e Hudson, 1996; Haralampu, 2000). Os efeitos dessas frações sobre o desempenho de frangos de corte são pouco estudados. Weurding *et al.*, (2003) encontraram diferenças no desempenho de frangos de corte alimentados com diferentes tipos de RS.

1.1.5. Digestão e absorção de nutrientes em aves

Noy & Sklan (1995) relataram que o aproveitamento de um nutriente pela ave está na dependência da digestão e absorção deste, a partir do trato digestório, e que a

digestão de macromoléculas requer suficiente hidrólise enzimática para ser absorvida. Em aves recém-nascidas, quando ocorre rápido aumento na taxa de consumo alimentar, maior tempo de retenção pode ser necessário para a hidrólise no intestino delgado, promovendo maior exposição do alimento à atividade enzimática. Vieira e Moran Jr. (1999) comentaram que, geralmente, o trato digestório das aves não é totalmente competente para a digestão e absorção até duas semanas de idade.

As enzimas digestivas do pâncreas iniciam a digestão, mas uma completa digestão de certos carboidratos e peptídeos depende da atividade de enzimas localizadas na superfície da mucosa intestinal (Tarvid, 1995). As dissacaridases são enzimas ligadas à membrana intestinal, e qualquer alteração, na superfície da membrana, pode alterar sua atividade.

A concentração de carboidrato da dieta promove mudanças na atividade das dissacaridases. Siddons (1972) observou que dietas sem carboidratos levaram à redução da atividade das dissacaridases e Sell *et al.* (1989) encontraram que, alimentando aves com dietas ricas em carboidratos, as atividades das dissacaridases aumentavam, comprovando que o carboidrato presente na dieta estimula a atividade das dissacaridases intestinais.

A deficiência no aproveitamento dos nutrientes pelas aves leva a um decréscimo dos valores de energia metabolizável das dietas. Resultados mostraram que esses valores são menores principalmente entre quatro e sete dias de idade dos pintainhos (Murakami *et al.*, 1992; Sulistyanto *et al.*, 1999). Palander *et al.* (2001), trabalhando com perus de 4, 8 e 12 semanas de idade, verificaram que a digestibilidade ileal aparente da proteína e EM é afetada pela idade com tendência de piora do coeficiente com o aumento da idade.

O uso da metodologia de digestibilidade ileal é a mais indicada para ensaios de metabolismo em que se pretende determinar a digestibilidade de aminoácidos, isso porque essa metodologia coleta parte do bolo alimentar antes de sofrer a fermentação microbiana no intestino grosso. Zanella *et al.* (1999), estudando diferentes metodologias de digestibilidade para rações, também concluíram que só foi possível determinar diferença de digestibilidade da energia da ração entre os tratamentos com e sem enzimas somente quando utilizou a metodologia de digestibilidade ileal.

Literatura Citada

- Acamovic, T. 2001. Commercial applications of enzymes technology for poultry production. *World's Poult. Sci. J.* 57:225-243.
- Annisson, G., and M. Choct. 1991. Anti-nutritive activities of cereal non-starch polysaccharides in broiler diets and strategies minimizing their effects. *World's Poult. Sci. J.* 47:232-242.
- Apajalahti, J., and M. R. Bedford. 1999. Improve bird performance by feedings its microflora. *World's Poult. Sci.* 15:20-23.
- Bach Knudsen, K. E. 2001. The nutritional significance of "dietary fibre" analysis. *Anim. Feed Sci. Technol.* 90:3-20.
- Batal, A. B., and C. M. Parsons. 2002. Effects of age on nutrient digestibility in chicks fed different diets. *Poult. Sci.* 81:400-407.
- Bedford, M. R., and H. Schulze. 1998. Exogenous enzymes for pigs and poultry. *Nutr. Res. Rev.* 11:91-114.
- Bedford, M. R. 1996. The effects of enzymes on digestion. *J. Appl. Poult. Res.* 5:370-378.
- Broz, J., and P. Beardsworth. 2002. Recent trends and future developments in the use of feed enzymes in poultry nutrition. Pages 345-361 in *Poultry feedstuff: supply, composition, and nutritive value*. J. McNab and N. Boorman, (Ed.). CABI Publishing. 345-361. (Poultry science symposium series, v. 26).
- Carré, B. 2004. Causes for variation in digestibility of starch among feedstuffs. *World's Poult. Sci. J.* 60:76-89.
- Choct, M. 1997. Feed non-starch polysaccharides: chemical structures and nutritional significance. *Feed Milling International*. June Issue:13-26.
- Choct, M. 2006. Enzymes for the feed industry: past, present and future. *World's Poult. Sci. J.* 62:5-15.

- Choct, M., and G. Annison. 1990. Anti-nutritive activity of wheat pentosans in broiler diets. *Brit. Poult. Sci.* 31:811-821.
- Choct, M., A. Kocher, D. L. E. Waters, D. Pettersson, and D. Ross. 2004. A comparison of three xylanases on the nutritive value of two wheats for broiler chickens. *Br. J. Nutr.* 92: 53-61.
- Classen, H. L. 1996. Cereal grain starch and exogenous enzymes in poultry diets. *Anim. Feed Sci. Technol.* 62:21-27.
- Cowieson, A. J., T. Acamovic, and M. R. Bedford. 2003. Supplementation of diets containing pea meal with exogenous enzymes: effects on weight gain, feed conversion, nutrient digestibility and gross morphology of the gastrointestinal tract of growing broiler chicks. *Br. Poult. Sci.* 44:427-437.
- Cowieson, A. J., and O. Adeola. 2005. Carbohydrases, proteases and phytase have an additive beneficial effect in nutritionally marginal diets for broiler chicks. *Poult. Sci.* 84: 1860-1867.
- Cowieson, A. J., T. Acamovic, and M. R. Bedford. 2004. The effects of Phytase and phytic acid on the loss of endogenous aminoacids and minerals from broiler chickens. *Br. Poult. Sci.* 45:101-108.
- Cowieson, A. J., 2005. Factors that affect the nutritional value of maize for broilers. *Anim. Feed Sci. Technol.* 119:293-305.
- Danicke, S., H. Jeroch, and O. Simon. 2000. Endogenous N-losses in broilers estimated by a [N-15]-isotope dilution technique: effect of dietary fat type and xylanase addition. *Arch. Anim. Nutr.* 53:75-97.
- Dourado, L. R. B. 2008. Enzimas exógenas em dietas para frangos de corte. PhD Diss. Univ. Estadual Paulista, Jaboticabal.
- Englyst, H. 1989. Classification and measurement of plant polysaccharides. *Anim. Feed Sci. Technol.* 23:27-42.
- Englyst, H. N., and G. J. Hudson. 1996. The classification and measurement of dietary carbohydrates. *Food Chem.* 57:15-21.
- Fernandez, F., F. Sharma, M. H. Hinton, and M.R. Bedford. 2000. Diet influences the colonisation of *Campylobacter jejuni* and distribution of mucin carbohydrates in chick intestinal tract. *Cell. Mol. Life Sci.* 57:1793-1801.
- Gracia, M. I., M. J. Aranibar, R. Lázaro, P. Medel, and G. G. Mateos. 2003. α -Amylase supplementation of broiler diets based on corn. *Poult. Sci.* 82:436-442

- Haralampu, S. G. 2000. Resistant starch: a review of the physical properties and biological impact of RS3. *Carb. Polym.* 41:285-292.
- Huisman, M. M. H., H. A. Schols, and A. G. J. Voragen. 2000. Glucuronarabinoxylans from maize kernel cell walls are more complex than those from sorghum kernel cell walls. *Carb. Polym.* 43:269-279.
- Huo, G. C., V. R. Fowler, J. Inborr, and M. R. Bedford. 1993. The use of enzymes to denature antinutritive factors in soybean. In *Proc. 2nd Int. Workshop on Antinutritive Factors in Legume Seed*, Wageningen, Netherlands.
- Iji, P. A., K. Khumalo, S. Slippers, and R. M. Gous. 2003. Intestinal function and body growth of broiler chickens on diets based on maize dried at different temperatures and supplemented with microbial enzymes. *Reprod. Nutr. Dev.* 43:77-90.
- Juanpere, J., A. M. Pérez-Vendrell, E. Angulo, and J. Brufau. 2005. Assessment of potential interactions between phytase and glycosidase enzyme supplementation on nutrient digestibility in broilers. *Poult. Sci.* 84:571-580.
- Kim, J. C., P. H. Simmins, B. P. Mullan, and J. R. Pluske. 2005. The effect of wheat phosphorus content and supplemental enzymes on digestibility and growth performance of weaner pigs. *Anim. Feed Sci. Technol.* 118:139-152.
- Kocher, A. 2001. Enzymatic degradation of non-starch polysaccharides in vegetable proteins in poultry diets. Pages 163-168 in *Recent advances in animal nutrition in Australia*. University of New England, Armidale-Australia. 163-168.
- Leslie, M. A., E. T. Moran Jr., and M. R. Bedford. 2007. The effect of phytase and glucanase on the ileal digestible energy of corn and soybean meal fed to broilers. *Poult. Sci.* 86:2350-2357.
- Marquardt, R.R., A. Brenes, Z. Zhang and D. Boros. 1996. Use of enzymes to improve nutrient availability in poultry feedstuffs. *Anim. Feed Sci. Technol.* 60:321-330.
- Meng, X., and A. Slominski. 2005. Nutritive value of corn, soyaabean meal, canola meal, and peas for broiler chickens as affected by a multicarbohydase preparation of cell wall degrading enzymes. *Poult. Sci.* 84:1242-1251.
- Meng, X., A. Slominski, C. M. L. Nyachoti, D. Campbell, and W. Guenter. 2005. Degradation of cell wall polysaccharides by combinations of carbohydrase enzymes and their effect on nutrient utilization and broiler chicken performance. *Poult. Sci.* 84:37-47.

- Mulyantini, N. G. A., M. Choct, X. Li, and U. R. Lole. 2005. The effect of xylanase, phytase and lipase supplementation on the performance of broiler chickens fed a diet with a high level of rice bran. *Proc. Aust. Poult. Sci. Symp.* 17:305-307.
- Murakami, H.; Y. Akiba, and M. Horiguchi. 1992. Growth and utilization of nutrients in newly-hatched chick with or without removal of residual yolk. *Growth Dev Aging.* 56:75-84.
- Nagashiro, C. 2007. Enzimas en la nutrición de aves. 2007. Pages 309-328 in *Conferência Apinco 2007 de Ciência e Tecnologiaa avícolas.*
- Naveed, A., T. Acamovic, and M. R. Bedford. 1999. The influence of carbohydrase and protease supplementation on amino acid digestibility of lupin-based diets for broiler chicks. *Proc. Aust. Poult. Sci. Symp.* 11:93-96.
- Noy, Y., and D. Sklan. 1995. Digestion and absorption in the young chick. *Poult. Sci.* 74:366-373.
- Olukosi, O. A., A. J. Cowieson, and O. Adeola. 2007. Age-related influence of a cocktail of xylanase, amylase, and protease or phytase individually or in ombination in broilers. *Poult. Sci.* 86:77-86.
- Pack, M., and M. R. Bedford. 1998. Feed enzymes may improve corn and sorghum diets. *Feedstuffs.* 18-19.
- Palander, S. P., J. M. Nsi and S. S. Jrvinen. 2001. Effect of age of growing turkeys on digesta viscosity and nutrient digestibility of maize, wheat, barley and oats fed as such or with enzyme supplementation. *Proc. Europ. Symp. Poult. Nutr.* 13:198-199.
- Preston, C. M., K. J. Mccracken, and M. R. Bedford. 2001. Effect of wheat content, fat source and enzyme supplementation on diet metabolisability and broiler performance. *Br. Poult. Sci.* 42:625-631.
- Ravindran, V., P. H. Selle, and W. L. Bryden. 1999. Effects of phytase supplementation, individually and in combination, with glycanase, on the nutritive value of wheat and barley. *Poult. Sci.* 78:1588-1595.
- Rosen, G. D. 2002. Exogenous enzymes as pro-nutrients in broiler diets. Pages 89-104 in *Recent advances in animal nutrition.* P. C. Garnsworthy and J. Wiseman (Ed.). Nottingham University Press, Nottingham.
- Rutherford, S. M., T. K. Chung, and P. J. Moughan. 2007. The effect of a commercial enzymes preparation on apparent metabolizable energy, the true ileal amino acid digestibility, and endogenous ileal lysine losses in broiler chickens. *Poult. Sci.* 86:665-672.

- Saleh, F., A. Ohtsuka, T. Tanaka, and K. Hayashi. 2004. Carbohydrases are digested by proteases present in enzyme preparations during in vitro digestion. *J. Poult. Sci.* 41:220-235.
- Saleh, F., A. Ohtsuka, T. Tanaka, and K. Hayashi. 2005. Effect of dietary enzymes on the ileal digestibility and abdominal fat content in broilers. *Anim. Sci. J.* 76:475-478.
- Sell, J. L.; O. Kolodovski, and B. L. Reid. 1989. Intestinal disaccharidase of young turkeys: temporal development and influence of diet composition. *Poult. Sci.* 68:265-277.
- Selle, P. H., V. Ravindran, R. A. Caldwell, and W. L. Bryden. 2000. Phytate and phytase: consequences for protein utilization. *Nutr. Res. Rev.* 13:255-278.
- Siddons, R. C. 1972. Effect of diet on disaccharidase activity in the chick. *Br. J Nutr.* 27:343-352.
- Slominski, B. A., X. Meng, W. Jia, W. Guenter and O. Jones. 2006. The effect of lipase, amylase and protease addition on growth performance and nutrient digestion in young broiler chickens. *Proc. XII Europ. Poult. Conf. Verona, Italy.*
- Smits, C. H. M., and G. Annison. 1996. Non-starch plant polysaccharides in broiler nutrition - towards a physiologically valid approach to their determination. *World's Poult. Sci. J.* 52:203-221.
- Sulistiyanto, B.; Y. Akiba, and K. Satoh. 1999. Energy utilization of carbohydrates, fat and protein sources in newly hatched broiler chicks. *Br. Poult. Sci.* 40:653-659.
- Svihus, B., A. K. Uhlen, and O. M. Harstad. 2005. Effect of starch granule structure, associated components and processing on nutritive value of cereal starch: A review. *Anim. Feed Sci. Technol.* 122:303-320.
- Tarvid, I. L. 1995. The development of protein digestion in poultry. *Poult. Avian Biol. Rev.* 6:35-54.
- Tester, R. F., J. Karkalas, and X. Qi. 2004. Starch structure and digestibility, enzyme-substrate relationship. *World's Poult. Sci. J.* 60:186-195.
- Theander, O., E. Westerlund, P. Aman, and H. Grahan. 1989. Palnt cell walss ans monogastric diets. *Anim. Feed Sci. Technol.* 23:205-225.
- Vieira, S. L., and E. T. Moran Junior. 1999. Effects of egg of origin and chick posthatch nutrition on broiler live performance and meat yields. *World's Poult. Sci. J.* 55:125-142.

- Weurding, R. E., A. Veldman, W. A. G. Veen, P. J. van der Aar, and M. W. A. Verstegen. 2001. Starch digestion rate in the small intestine of broiler chickens differs among feedstuffs. *J. Nutr.* 131:2329-2335.
- Weurding, R. E., H. Enting, and M. W. Verstegen. 2003. The relation between starch digestion rate and amino acid level for broiler chickens *Poult. Sci.* 82:279-284.
- Wiseman, J. 2006. Variations in starch digestibility in non-ruminants. *Anim. Feed Sci. Technol.* 130:66-77.
- Wiseman, J., N. T. Nicol, and G. Norton. 2000. Relationships between apparent metabolisable (AME) values and in vivo/in vitro starch digestibility of wheat for broilers. *World's Poult. Sci. J.* 56:305-318.
- Wu, Y. B., V. Ravindran, D. G. Thomas, M. J. Birtles, and W. H. Hendriks. 2004. Influence of phytase and xylanase, individually or in combination, on performance, apparent metabolisable energy, digestive tract measurements and gut morphology in broiler fed wheat-based diets containing adequate level of phosphorus. *Br. Poult. Sci.* 45:76-84.
- Yu, B., and T. K. Chung. 2004. Effects of multiple-enzyme mixtures on growth performance of broilers fed corn-soya meal diets. *J. Applied Poult. Res.* 13:178-182.
- Zanella, I. 1998. Suplementação enzimática em dietas à base de milho e sojas processadas sobre a digestibilidade de nutrientes e desempenho de frangos de corte. PhD Diss. Univ. Estadual Paulista, Jaboticabal.
- Zanella, I., N. K. Sakomura, F. G. Silversides, A. Figueirido, and M. Pack. 1999. Effect Of enzyme supplementation of broiler diets based on corn and soybeans. *Poult. Sci.* 78:561-568.
- Zyla, K., A. Wikiera, J. Koreleski, S. Swiatkiewicz, J. Piironen, and D. R. Ledoux. 2000. Comparison of the efficacies of a novel aspergillus niger mycelium with separate and combined effectiveness of phytase, acid phosphatase, and pectinase in dephosphorylation of wheat-based feeds fed to growing broilers. *Poult. Sci.* 79:1434-1443.
- Zyla, K., D. R. Ledoux, M. Kujawski, and T. L. Veum. 1996. The efficacy of an enzymic cocktail and a fungal mycelium in dephosphorylating corn-soybean meal-based feeds fed to growing turkeys. *Poult. Sci.* 75:381-387.

II – OBJETIVOS GERAIS

O objetivo deste estudo foi investigar a possibilidade do uso de programas enzimáticos com diferentes carboidrases em dietas à base de milho e farelo de soja, nas diferentes idades dos frangos de corte.

III – Programas Enzimáticos para Frangos de Corte: Desempenho, Digestibilidade Ileal Aparente e Avaliação Econômica

RESUMO: Foram realizados três experimentos de desempenho em boxes e um ensaio de digestibilidade. No Experimento 1, foram utilizados quatro tratamentos com cinco repetições de 34 aves cada e teve início quando as aves completaram 21 dias de idade. Os tratamentos utilizados foram: controle positivo (CP); controle negativo (CN) com nível marginal de energia metabolizável (EM); CN+amilase (AMI); e CN+AMI+xilanase (XIL). Observou-se redução de ganho de peso (GP) dos animais, quando foram alimentados com a ração CN ($P<0,05$), mas a suplementação de AMI+XIL retornou ao GP encontrado no CP. No Experimento 2, foram utilizados dois tratamentos (CP e CP+AMI) com 32 repetições cada de 1 a 20 dias de idade. De 21 a 40 dias de idade cada tratamento utilizado na fase inicial foi desmembrado em quatro tratamentos na fase crescimento com oito repetições cada. Os quatro tratamentos da fase crescimento provindos do tratamento da fase inicial que não recebeu enzima foram: CP, CN com 120 kcal a menos que o CP, CN+AMI e CN+AMI+XIL. Os outros quatro tratamentos da fase crescimento provindos do tratamento da fase inicial com a suplementação de amilase foram: CP+AMI, CP+AMI+XIL, CN+AMI, CN+AMI+XIL. O uso de AMI suplementada ao CP, na fase inicial, aumentou o CR ($P<0,05$) nessa fase. A redução de 120 kcal de EM/kg de ração na fase crescimento piorou ($P<0,05$) a CA de 1 a 40 dias de idade do tratamento CN comparado ao CP e nenhum dos programas enzimáticos recuperou a perda de desempenho. No Experimento 3, foram utilizados sete tratamentos na fase inicial e oito tratamentos na fase crescimento, sendo eles de 1 a 19 dias: um CP; três CN com redução de 50, 75 e 100 kcal/kg em relação ao CP (CN50, CN75, CN100, respectivamente); CN100+AMI; CN100+AMI+XIL; CN100+glucanase (GLU). De 20 a 40 dias de idade, houve mudança apenas no tratamento que recebeu GLU na fase inicial e de 20 a 40 dias recebeu AMI+XIL; e o tratamento CP foi desmembrado em dois, e uma parte permaneceu como CP e a outra, a partir de 20 dias de idade, começou a receber CN100+AMI, sendo esse o que teve melhor CA e GP de um a 42 dias de idade. Pelos dados de digestibilidade ileal aparente, não foi possível explicar a melhora de desempenho. A análise econômica demonstrou que as enzimas reduzem o custo de produção dependendo dos preços das matérias-primas e do programa enzimático utilizado. Pelos dados encontrados, é possível afirmar que a

suplementação de AMI ou AMI+XIL, somente após 19 dias de idade, resulta em melhora de desempenho.

Palavras-chave: amilase, carbohidrase, digestibilidade ileal, enzimas, frangos de corte, glucanase, xilanase

Enzymatic Program for Broilers: Performance, Apparent Ileal Digestibility and Economic Evaluation

ABSTRACT: Three experiments were conducted on floor pens to evaluate performance, production cost and one trial to evaluate ileal apparent digestibility. Experiment 1 had four treatments with five replicates: positive control (PC); negative control (NC) with marginal ME; NC+amylase (AMI); NC+AMI+xylanase (XIL). BWG was affected by the NC treatment ($P<0.05$) but the AMI+XIL supplementation reverted this loss. Experiment 2 included two treatments (PC and PC+AMI) with 32 replicates each in the starter phase. In the growing phase, each treatment used in the starter phase was divided into four treatments with eight replicates each. The four treatments in the grower phase from the treatments without enzyme in starter phase were: PC; NC with 120 kcal less than the PC, NC+AMI and NC+AMI+XIL. The other four treatments in the grower phase from the treatment with AMI in the starter phase were: PC+AMI, PC+AMI+XIL, NC+AMI, and NC+AMI+XIL. The PC supplementation with AMI in the starter phase increased only the FI ($P<0.05$). ME reduction by 120 kcal/kg increased the FCR ($P<0.05$) when compared to PC and none of the enzyme programs was able to recover the performance. Experiment 3 had seven treatments in the starter phase (PC; PC with 50 (NC50), 75 (NC75) and 100 (NC100) kcal ME/kg less than the PC, respectively; NC100+AMI; NC100+AMI+XIL; NC100+glucanase (GLU) and eight in the growing phase with the same PC and NCs. The treatments that received GLU in the starter phase received AMI+XIL in the growing phase, and the PC treatments was split into two treatments in the growing phase: one remained as PC and the other received NC+AMI. This last treatment had the best FCR and BWG from 1 to 42 d. The performance improvement obtained using NC + AMI only in the growing phase could not be explained by the ileal apparent digestibility data. The economic evaluation shows that results with enzyme supplementation depend on the price of feedstuffs and the enzyme program used. The economic evaluation shows that enzymes can reduce production cost depending on the feedstuffs price and enzyme program used. Based on the results obtained it can be stated that the use of AMI or AMI+XIL supplementation only after 19 d of age has a positive effect on broiler performance.

Key words: amylase, broilers, carbohydrase, enzymes, glucanase, ileal digestibility, xylanase

Introdução

A utilização de enzimas, na nutrição de aves, tem sido estudada por muitos anos, embora, recentemente o número de publicações tenha aumentado consideravelmente. Em vários artigos, o objetivo foi investigar como uma única enzima, ou uma mistura de enzimas, atua sobre o desempenho dos frangos de corte durante toda a vida (Cowieson *et al.*, 2003, Cowieson e Adeola, 2005, Juanpere *et al.*, 2005, Mushtaq *et al.*, 2007, Olukosi *et al.*, 2007). Entretanto, os frangos de corte apresentam diferenças fisiológicas conforme a idade, como o tamanho do trato gastrointestinal, a produção de enzimas endógenas e a capacidade de ingestão da ave, o que afetará a digestibilidade dos ingredientes (Nitsan *et al.*, 1991, Almirall *et al.*, 1995, Uni *et al.*, 1998, Geyra *et al.*, 2001, Huang *et al.*, 2005a, Huang *et al.*, 2006).

Dados publicados por Leslie *et al.* (2007) sugeriram que existe relação entre idade e a capacidade do trato digestório que deve ser levada em consideração quando se utilizam enzimas na dieta das aves. Cowieson *et al.* (2006) também encontraram que enzimas respondem diferentemente no desenvolvimento dos frangos de corte, quando se compara a fase final com a inicial.

Outro ponto que deve ser considerado são os polissacarídeos não-amiláceos (PNAs) e o amido presente na ração quando se compara as dietas das fases inicial e crescimento, mesmo quando essas são baseadas em milho e farelo de soja. O milho, além de ser rico em amido, também possui mais de 5% de arabinoxilanos (Choct, 2006) e, por ter maior inclusão nas rações das fases finais de criação de frangos de corte, a proporção desses polissacarídeos (amido e arabinoxilanos) aumenta enquanto todos outros PNAs são reduzidos quando se compara com a ração inicial. Não se tem conhecimento de publicações sobre o estudo de diferentes enzimas suplementadas em rações para diferentes fases de criação.

Portanto, o objetivo deste estudo foi investigar a possibilidade do uso de programas enzimáticos com diferentes carboidrases em dietas à base de milho e farelo de soja, nas diferentes idades dos frangos de corte.

Material e Métodos

Todos procedimentos foram aprovados pelo Comitê de Conduta Ética no Uso de Animais em Experimentação da Universidade Estadual de Maringá (Parecer nº 031/2007, Protocolo 012/2007).

Foram conduzidos três experimentos de desempenho e um ensaio de digestibilidade ileal aparente com frangos de corte em boxes experimentais em galpão convencional coberto com telha tipo francesa, fechado com tela de arame, cortinas móveis, com piso de concreto. A cama de casca de arroz foi trocada após cada experimento e a ração e água de bebida foram fornecidos *ad libitum*.

As rações utilizadas foram à base de milho e farelo de soja, e fornecidas na forma farelada. Amostras de milho e farelo de soja utilizados, nos Experimentos 2 e 3, foram analisadas no Laboratório da Novozymes, na Dinamarca, para determinar a composição de PNAs e amido desses ingredientes e, com base nesses resultados, calculou-se a composição de PNAs e amido de uma ração inicial (com 56% de milho e 36% de farelo de soja) e de uma ração crescimento (com 64% de milho e 29% de farelo de soja) (Tabela 1). Verifica-se que o amido e a xilose apresentam aumento de 18% e 15%, respectivamente, e todos outros PNAs diminuíram quando se comparou a dieta crescimento com a dieta inicial, estando de acordo com a premissa levantada anteriormente.

A enzima fitase foi suplementada (o valor da matriz nutricional para fitase foi de 0,1% de fósforo disponível, 0,1 % de Ca, e 12 kcal de EM/kg de ração) em todas dietas dos Experimentos 2 e 3 e não foi considerada como parte dos tratamentos.

O programa de alimentação foi composto por ração inicial e crescimento sendo o desempenho medido, quando houve a troca de ração da inicial para crescimento e no final do período experimental.

O ganho de peso (GP), conversão alimentar (CA, razão entre o total de ração ingerida pelo peso das aves vivas somadas ao peso das aves mortas), consumo de ração (CR), e conversão alimentar ajustada para peso corporal (CAA) foram mensuradas em cada fase e a sobrevivência foi mensurada apenas no final. As equações para o cálculo da CAA foram baseadas em Carvalho (2001) e as fórmulas utilizadas foram as seguintes: na fase inicial, foi utilizado ganho de peso-padrão de 0,7 kg: $CAA = (0,7 - GP) + CA$; na fase crescimento foi utilizado ganho de peso-padrão de 1,8 kg:

CAA=[(1,8-GP)/3,2]+CA; e para o período total foi utilizado ganho de peso-padrão de 2,5 kg: CAA= [(2,5-GP)/3,7]+CA. Os valores 3,2 e 3,7, presentes nas fórmulas de crescimento e período total, respectivamente, são fatores de correção do ganho de peso corporal-padrão. O GP e a CA utilizadas, nas fórmulas, são aquelas nas referidas fases. A CAA auxilia na comparação da CA, quando há também diferentes GP, a fim de possibilitar a comparação entre diferentes tratamentos e diferentes experimentos.

As enzimas utilizadas foram α -amilase (AMI), xilanase (XIL) e β -glucanase (GLU) fornecidas pela empresa DSM Nutritional Products e os produtos e dosagens utilizadas foram 400 ppm de Ronozyme[®] A (CT) (contendo α -amilase e endo 1,3:1,4- β -glucanases); 100 ppm de Ronozyme[®] WX (CT) (contendo endo-1,4-xilanase); e 360 ppm de Ronozyme[®] VP (CT) (contendo endo-1,3(4)- β -glucanases, pentosanase, hemicelulase e pectinase), respectivamente. As dosagens utilizadas para cada uma das enzimas foram baseadas nas recomendações comerciais do fabricante, segundo Vieira *et al.*, (2007).

Experimento 1 – Desempenho de 21 a 40 dias de idade

O primeiro experimento foi conduzido para verificar a possibilidade do uso de uma ou duas enzimas em frangos de corte após 21 dias de idade.

Delineamento Experimental

Foram utilizados 680 pintainhos machos da linhagem Cobb[®] distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos e cinco repetições de 34 aves cada. As aves foram criadas de 1 até 20 dias de idade nas mesmas condições ambientais e a ração inicial não foi suplementada com enzima exógena.

Os quatro tratamentos utilizados foram: Tratamento 1 - controle positivo (CP) com níveis nutricionais adequados, Tratamento 2 - controle negativo (CN) com níveis nutricionais adequados exceto a energia metabolizável que foi reduzida em 120 kcal/kg de ração quando comparado ao CP, Tratamento 3 - mesma ração utilizada no Tratamento 2 suplementada com AMI e Tratamento 4 – mesma ração utilizada no Tratamento 2 suplementada com AMI+XIL. A composição e nutrientes fornecidos das rações dos tratamentos CP e CN estão apresentados na Tabela 2.

Experimento 2 – Desempenho de 1 a 40 dias de idade

O segundo experimento avaliou a resposta da enzima quando usada “*on top*” (ou seja, quando a enzima foi utilizada em uma ração sem redução de energia ou qualquer outro nutriente) na fase inicial do controle positivo (CP) ou quando usada “*on top*” na fase crescimento do CP ou foi suplementada ao controle negativo (CN) formulada para ser nutricionalmente marginal em termos de energia (EM 120 kcal/kg menor do que o CP).

Delineamento Experimental

Foram utilizados 2.304 pintainhos machos da linhagem Cobb[®], distribuídos em 64 boxes em um delineamento inteiramente casualizado e de 1 a 20 dias de idade foram utilizados dois tratamentos com 32 repetições cada; e de 21 a 40 dias de idade cada tratamento da fase inicial foi desmembrado em quatro tratamentos, totalizando oito tratamentos com oito repetições de 36 aves cada. Os tratamentos utilizados são apresentados na Tabela 3 e a composição das rações na Tabela 4.

Experimento 3 – Desempenho e Digestibilidade ileal.

O terceiro experimento comparou o uso de diferentes enzimas nas diferentes fases suplementadas em uma dieta com 100 kcal a menos do que o controle positivo, e comparou os resultados com uma série de três tratamentos-controle negativos com aumento dos níveis de EM (CN50, CN75 e CN100 que possuíam, respectivamente, 50, 75 e 100 kcal de EM/kg a menos do que o CP). A introdução dos controles negativos entre os tratamentos (contendo concentração gradual de EM) foi sugerida por Cowieson *et al.* (2006), permitindo melhor predição no caso de valores de matrizes de energia para enzimas.

Delineamento Experimental

Foram utilizados 2.560 pintainhos machos da linhagem Cobb[®], distribuídos em 64 boxes de 40 aves cada, num delineamento inteiramente casualizado com sete tratamentos e oito repetições na fase inicial, exceto o tratamento CP que nessa fase

possuía 16 repetições. Na fase crescimento, o tratamento CP foi desmembrado em dois tratamentos e nessa fase foram utilizados oito tratamentos com oito repetições cada.

Os tratamentos do Experimento 3 são apresentados na Tabela 5 e a composição das rações inicial e crescimento nas Tabelas 6 e 7, respectivamente.

Digestibilidade Ileal e Peso do Pâncreas

Foram sacrificadas por deslocamento cervical, aos 19 e 40 dias de idade, dez e cinco aves por box, respectivamente. Em cada idade, o conteúdo ileal foi coletado na porção entre o Divertículo de Meckel e a junção íleo-cecal das aves sacrificadas, do qual foi feito um pool, homogeneizado e imediatamente congelado para ser, posteriormente, analisado.

Adicionou-se 1% de Celite (fonte de sílica) em todas rações para servir como indicador e ser utilizado no cálculo da digestibilidade ileal aparente. As amostras foram liofilizadas (Modelo Enterprise, Terroni Equipamentos Científicos Ltda, São Carlos, Estado de São Paulo, Brasil) moídas e passadas em peneira de 0,5 mm para subsequente análise química.

As duas primeiras aves (abatidas para coleta do conteúdo ileal) de cada box foram pesadas e o pâncreas coletado para determinação do peso relativo do pâncreas aos 19 e 40 dias de idade.

Análises Químicas

A cinza insolúvel em ácido (CIA) da amostra de ração e de conteúdo ileal foi determinada após a análise de matéria mineral pela digestão da amostra em ácido clorídrico 4 N por 30 min e levada a amostra à mufla novamente por 2h a 550°C (Siriwan *et al.*, 1993). Os aminoácidos (exceto triptofano), presentes nas amostras de ração e de digesta ileal, foram determinados com o uso de HPLC (Prominence, Shimadzu corporation) com detector de arranjo de diodos (SPD-M20A), utilizando uma coluna C-18 de fase reversa (250 X 4,6 mm) (White *et al.*, 1986; Hagen *et al.*, 1989). O triptofano foi analisado por colorimetria por meio de espectrofotômetro (Femto 600S) com leitura a 590 nm (Lucas e Sotelo, 1980). Ração e digesta ileal foram analisadas para Matéria Seca (MS), Proteína Bruta (PB; N x 6,25 pelo método de Kjeldahl), Amido (pelo método de Lane-Eynon, determinando a redução de concentração de açúcar na amostra) e Energia Bruta (EB); determinada pela bomba calorimétrica usando um

calorímetro adiabático, (IKA C-5003). A digestibilidade ileal aparente dos nutrientes e da energia bruta foi calculada baseada na fórmula proposta por Ravindran *et al.* (1999):

$$\text{Digestibilidade Ileal Aparente do Nutriente ou EB} = \frac{[(N/CIA)_d - (N/CIA)_i] \times 100}{(N/CIA)_d}$$

em que $(N/CIA)_d$ = razão entre nutriente ou EB e cinza insolúvel em ácido na dieta, e $(N/CIA)_i$ = razão entre nutriente ou EB e cinza insolúvel em ácido no conteúdo ileal.

Avaliação Econômica

A viabilidade do uso de enzimas, em alguns casos, é dependente do custo das matérias-primas utilizadas na formulação de ração. Tendo isso em consideração, foi avaliado o custo de produção de kg de frango ao final de cada experimento, tendo como base apenas os custos atuais das matérias-primas da ração (preços médios do mês de janeiro de 2008, segundo Jox, 2008) com variação de aumento e redução de 40% (de 20 em 20%) dos preços atuais do milho, farelo de soja e óleo de soja, que são os ingredientes que mais impactam no custo de formulação.

Os custos de todos outros ingredientes, inclusive o preço das enzimas testadas, foram mantidos constantes. Os preços atuais (base 100%) por tonelada das matérias-primas utilizadas foram: milho R\$ 380,00; farelo de soja R\$ 700,00; óleo de soja R\$ 2500,00; fosfato bicálcico R\$ 1.500,00; calcário R\$ 85,00; sal R\$ 200,00; bicarbonato de sódio R\$ 900,00; L-Lisina HCl R\$ 3.800,00; DL-Metionina R\$4.300,00; L-Treonina R\$ 6.900,00; Cloreto de Colina 60% R\$ 2.300,00; Coban 400 R\$ 10.000,00; Coxistac 12% R\$ 7.000,00; Suplemento Mineral e Vitamínico R\$ 6.000,00; Ronozyme P 5.000 (CT) R\$ 13.000,00; Ronozyme A (CT) R\$ 11.900,00; Ronozyme WX (CT) R\$ 13.000,00; e Ronozyme VP (CT) R\$ 17.000,00.

Análise Estatística

Os resultados de desempenho e digestibilidade ileal aparente foram submetidos à análise de variância, por meio do procedimento GLM do SAS[®] (SAS Institute, 1990) e as médias comparadas pelo Teste de Tukey, com nível de significância de 5%.

Tabela 1. Percentagem de amido e carboidratos não-amiláceos da ração inicial e ração crescimento (base na matéria natural).

Carboidratos	Ração Inicial ¹	Ração Crescimento ²	Relação Crescimento:Inicial
Amido	33,467	38,778	1,159
Ramnose	0,167	0,128	0,767
Fucose	0,097	0,078	0,806
Arabinose	1,763	1,682	0,954
Xilose	1,811	2,038	1,125
Manose	0,622	0,552	0,887
Galactose	1,692	1,406	0,831
Glucose	3,257	3,025	0,929
Total PNAs	9,408	8,734	0,928
Ácido Urônico	2,066	1,762	0,853

¹ – Tendo por base ração inicial com 56% de milho e 36% de farelo de soja.

² – Tendo por base ração crescimento com 64% de milho e 29% de farelo de soja.

Tabela 2. Composição das rações crescimento utilizadas (g/kg, da material natural) - Experimento 1.

Ingredientes	Controle Positivo	Controle Negativo
Milho	640,02	666,24
Farelo de Soja	283,03	278,28
Óleo de Soja	37,71	16,18
Sal	3,50	3,50
Bicarbonato de Sódio	1,03	1,02
Calcário	11,09	11,15
Fosfato Bicálcico	16,54	16,46
L-Lisina HCl	2,04	2,13
DL-Metionina	2,50	2,48
L-Treonina	0,54	0,56
Suplemento Mineral e Vitamínico ¹	1,50	1,50
Inerte ²	0,50	0,50
Valores Calculados		
PB (%)	18,50	18,50
EMA (kcal/kg)	3.150	3.030
Lys Dig. (%)	1,04	1,04
Met Dig. (%)	0,51	0,51
Met+Cys Dig. (%)	0,77	0,77
Thr Dig. (%)	0,66	0,66
Trp Dig.(%)	0,18	0,18
Ca (%)	0,90	0,90
Pd (%)	0,42	0,42
Na (%)	0,18	0,18
K (%)	0,77	0,77
Cl (%)	0,30	0,30

¹ – Suplemento Mineral e Vitamínico provendo por kg de ração: 9.000 UI Vitamina A (*trans*-retinol); 1.600 UI Vitamina D₃; 14 mg Vitamina E (DL – α – tocoferol acetato); 1,5 mg Vitamina K₃; 1 mg Vitamina B₁; 4 mg Vitamina B₂; 1,8 mg Vitamina B₆; 12 mcg Vitamina B₁₂; 30 mg Niacina; 9 mg Ácido Pantotênico; 50 mcg Biotina; 300 mg de Ácido Fólico; 30 mg Fe; 9 mg de Cu; 60 mg Zn; 60 mg Mn; 0,25 mg Se; 1 mg I.

² – As enzimas foram adicionadas às rações pela substituição do inerte.

Tabela 3. Tratamentos utilizados nas fases inicial e crescimento - Experimento 2.

	Fase	
	Inicial	Crescimento
Tratamentos	Controle Positivo (CP) com 2980 kcal/kg	CP com 3150 kcal/kg
		Controle Negativo (CN) com 3030 kcal/kg
		CN + AMI
	CP+ AMI	CN + AMI + XIL
		CP + AMI
		CP + AMI + XIL
		CN + AMI
		CN + AMI + XIL

Tabela 4. Composição da ração-controle positivo utilizada na fase inicial e das rações controle positivo e negativo utilizadas na fase crescimento (g/kg, da material natural) - Experimento 2.

Ingredientes	Fases		
	Inicial	Crescimento.	
	Controle Positivo	Controle Positivo	Controle Negativo
Milho	584,45	648,83	675,84
Farelo de Soja	353,00	281,00	276,00
Óleo de Soja	25,00	34,00	12,00
Calcário	13,00	12,00	12,00
Fosfato Bicálcico	12,30	11,10	11,00
Sal	4,00	3,50	3,50
Bicarbonato de Sódio	1,10	1,00	1,00
L-Lisina HCl	1,02	2,08	2,17
DL-Metionina	2,64	2,49	2,47
L-Treonina	0,29	0,55	0,57
Cloreto de Colina 60%	0,90	0,80	0,80
Coban 400 ¹	0,30		
Coxistac 12% ²		0,55	0,55
Suplem. Inicial Min/Vitamin ³	1,50		
Suplem. Cresc. Min/Vitamin ⁴		1,50	1,50
Ronozyme P 5000 (CT) ⁵	0,10	0,10	0,10
Inerte ⁶	0,40	0,50	0,50
Valores Calculados			
PB (%)	21,50	18,50	18,50
EMA (kcal/kg)	2.980	3.150	3.030
Lys Dig. (%)	1,15	1,04	1,04
Met Dig. (%)	0,56	0,51	0,51
Met+Cys Dig. (%)	0,86	0,77	0,77
Thr Dig. (%)	0,75	0,66	0,66
Trp Dig.(%)	0,21	0,18	0,18
Ca (%)	1,00	0,90	0,90
Pd (%)	0,45	0,42	0,42
Na (%)	0,20	0,18	0,18
K (%)	0,89	0,77	0,76
Cl (%)	0,31	0,30	0,30

¹ – Monensina sódica 40%

² – Salinomicina 12%

³ – Suplemento Mineral e Vitamínico provendo por kg de ração inicial: 9.000 UI Vitamina A (*trans*-retinol); 3.000 UI Vitamina D₃; 69 mcg 25-OH-D₃; 200 mg Vitamina E (DL – α – tocoferol acetato); 3,50 mg Vitamina K₃; 3 mg Vitamina B₁; 8 mg Vitamina B₂; 6 mg Vitamina B₆; 40 mcg Vitamina B₁₂; 50 mg Niacina; 15 mg Ácido Pantotênico; 200 mcg Biotina; 1,50 mg Ácido Fólico; 50 mg Fe; 10 mg de Cu; 50 mg Zn; 80 mg Mn; 400 mcg Se; 1 mg I; 1 mg Co.

⁴ – Suplemento Mineral e Vitamínico provendo por kg de ração crescimento: mesmos níveis da ração inicial exceto 50 mg Vitamina E (DL – α – tocoferol acetato).

⁵ – Fonte de Fitase com 5000 FYT/g

⁶ – As enzimas foram adicionadas às rações pela substituição do inerte.

Tabela 5. Tratamentos utilizados na fase inicial e crescimento - Experimento 3.

	Fases	
	Inicial	Crescimento
Tratamentos	CP com 3.000 kcal/kg	CP com 3.150 kcal
	CN50 com 2.950 kcal/kg	CN100 com 3.050 kcal/kg + AMI
	CN75 com 2.925 kcal/kg	CN50 com 3.100 kcal/kg
	CN100 com 2.900 kcal/kg	CN75 com 3.075 kcal/kg
	CN100 + AMI	CN100 com 3.050 kcal/kg
	CN100 + AMI + XIL	CN100 + AMI
	CN100 + GLU	CN100 + AMI + XIL
		CN100 + AMI + XIL

Tabela 6. Composição das rações iniciais utilizadas (g/kg, da material natural) - Experimento 3.

Ingredientes	Controle Positivo	Controles Negativos		
		CN50	CN75	CN100
Milho	545,24	557,20	563,17	569,16
Farelo de Soja	367,00	364,00	363,00	362,00
Óleo de Soja	39,00	30,00	25,00	20,00
Sal	4,00	4,00	4,00	4,00
Bicarbonato de Sódio	1,10	1,10	1,10	1,10
Calcário	13,35	13,35	13,35	13,35
Fosfato Bicálcico	13,20	13,20	13,20	13,20
Celite ¹	10,00	10,00	10,00	10,00
L-Lisina HCl	0,83	0,88	0,90	0,92
DL-Metionina	2,68	2,67	2,67	2,66
L-Treonina	0,30	0,30	0,31	0,31
Cloreto de Colina 60%	0,90	0,90	0,90	0,90
Coban 400 ²	0,30	0,30	0,30	0,30
Suplemento Mineral e Vitamínico ³	1,50	1,50	1,50	1,50
Ronozyme P5000 (CT) ⁴	0,10	0,10	0,10	0,10
Inerte ⁵	0,50	0,50	0,50	0,50
Valores Calculados				
PB (%)	21,50	21,50	21,50	21,50
EMA (kcal/kg)	3.000	2.950	2.925	2.900
Lys Dig. (%)	1,15	1,15	1,15	1,15
Met Dig. (%)	0,56	0,56	0,56	0,56
Met+Cys Dig. (%)	0,86	0,86	0,86	0,86
Thr Dig. (%)	0,75	0,75	0,75	0,75
Trp Dig.(%)	0,22	0,22	0,22	0,22
Ca (%)	1,00	1,00	1,00	1,00
Pd (%)	0,45	0,45	0,45	0,45
Na (%)	0,20	0,20	0,20	0,20
K (%)	0,90	0,90	0,90	0,90
Cl (%)	0,30	0,30	0,30	0,30

¹ – Sílica utilizada como indicador de indigestibilidade

² – Monensina sódica 40%

³ – Suplemento Mineral e Vitamínico provendo por kg de ração inicial: 9.000 UI Vitamina A (*trans*-retinol); 3.000 UI Vitamina D₃; 69 mcg 25-OH-D₃; 200 mg Vitamina E (DL – α – tocoferol acetato); 3,50 mg Vitamina K₃; 3 mg Vitamina B₁; 8 mg Vitamina B₂; 6 mg Vitamina B₆; 40 mcg Vitamina B₁₂; 50 mg Niacina; 15 mg Ácido Pantotênico; 200 mcg Biotina; 1,50 mg Ácido Fólico; 50 mg Fe; 10 mg de Cu; 50 mg Zn; 80 mg Mn; 400 mcg Se; 1 mg I; 1 mg Co.

⁴ – Fonte de Fitase com 5000 FYT/g

⁵ – As enzimas foram adicionadas às rações pela substituição do inerte.

Tabela 7. Composição das rações crescimento utilizadas (g/kg, da material natural) - Experimento 3.

Ingredientes	Controle Positivo	Controles Negativos		
		CN50	CN75	CN100
Milho	627,50	638,46	643,45	648,93
Farelo de Soja	285,00	283,00	282,00	281,00
Óleo de Soja	42,00	33,00	29,00	24,00
Calcário	11,50	11,50	11,50	12,00
Fosfato Bicálcico	11,00	11,00	11,00	11,00
Celite ¹	10,00	10,00	10,00	10,00
Bicarbonato de Sódio	1,00	1,00	1,00	1,00
Sal	3,50	3,50	3,50	3,50
L-Lisina HCl	2,00	2,04	2,06	2,08
DL-Metionina	2,51	2,50	2,49	2,49
L-Treonina	0,54	0,55	0,55	0,55
Cloreto de Colina 60%	0,80	0,80	0,80	0,80
Coxistac 12% ²	0,55	0,55	0,55	0,55
Suplemento Mineral e Vitamínico ³	1,50	1,50	1,50	1,50
Ronozyme P5000 (CT) ⁴	0,10	0,10	0,10	0,10
Inerte ⁵	0,50	0,50	0,50	0,50
Valores Calculados				
PB (%)	18,50	18,50	18,50	18,50
EMA (kcal/kg)	3.150	3.100	3.075	3.050
Lys Dig. (%)	1,04	1,04	1,04	1,04
Met Dig. (%)	0,51	0,51	0,51	0,51
Met+Cys Dig. (%)	0,77	0,77	0,77	0,77
Thr Dig. (%)	0,66	0,66	0,66	0,66
Trp Dig.(%)	0,18	0,18	0,18	0,18
Ca (%)	0,90	0,90	0,90	0,90
Pd (%)	0,42	0,42	0,42	0,42
Na (%)	0,18	0,18	0,18	0,18
K (%)	0,77	0,77	0,77	0,76
Cl (%)	0,29	0,30	0,30	0,30

¹ – Sílica utilizada como indicador de indigestibilidade

² – Salinomicina 12%

³ – Suplemento Mineral e Vitamínico provendo por kg de ração crescimento: 9.000 UI Vitamina A (*trans*-retinol); 3.000 UI Vitamina D₃; 69 mcg 25-OH-D₃; 50 mg Vitamina E (DL – α – tocoferol acetato); 3,50 mg Vitamina K₃; 3 mg Vitamina B₁; 8 mg Vitamina B₂; 6 mg Vitamina B₆; 40 mcg Vitamina B₁₂; 50 mg Niacina; 15 mg Ácido Pantotênico; 200 mcg Biotina; 1,50 mg Ácido Fólico; 50 mg Fe; 10 mg Cu; 50 mg Zn; 80 mg Mn; 400 mcg Se; 1 mg I; 1 mg Co.

⁴ – Fonte de Fitase com 5000 FYT/g

⁵ – As enzimas foram adicionadas às rações pela substituição do inerte.

Resultados e Discussão

O desempenho dos frangos de corte e a avaliação econômica do uso de enzimas do Experimento 1 são apresentados nas Tabelas 8 e 9, respectivamente.

A suplementação das enzimas somente, na fase crescimento numa dieta com 120 kcal de EM/ kg a menos que o grupo-controle positivo, melhorou o ganho de peso, especialmente no tratamento suplementado com AMI+XIL ($P<0,05$) atingindo o mesmo resultado obtido com o tratamento CP.

O consumo de ração foi afetado pela suplementação das enzimas e as aves suplementadas apresentaram maior consumo de ração que o controle negativo ($P<0,05$), mas foi igual ao das aves do tratamento CP (Tabela 8). O coeficiente de sobrevivência e CA não foram alterados ($P>0,05$) pelos tratamentos. O uso de enzimas, durante a fase crescimento, pode melhorar a capacidade digestiva da ave por acelerar a digestão dos nutrientes resultando em maior absorção de nutrientes e maior consumo de ração e, conseqüentemente, em maior ganho de peso. Jorgensen *et al.* (1990) concluíram que a seleção genética favoreceu os frangos de corte com melhor conversão alimentar (CA), inerentemente excluindo as aves que consumiam mais do que sua capacidade digestiva e por isso, quando se utilizam rações suplementadas com enzimas exógenas que melhoram a eficiência digestiva da ave possibilita que essa consuma mais ração.

Uma das razões da melhor resposta quando se usa a xilanase com amilase é que além de haver melhor aproveitamento do amido pela atuação da α - amilase, os PNAs, como arabinosilanos solúveis e insolúveis, também podem ser degradados em açúcares livres como arabinose e xilose (Choct *et al.*, 2004).

Garcia *et al.* (2000), estudando um complexo multienzimático em frangos de corte alimentados com ração à base de milho e farelo de soja, encontraram aumento da concentração de α -glicosídeos solúveis em etanol, no conteúdo ileal e os α -glicosídeos solúveis em etanol incluem a fração de carboidratos com menos de 20 unidades de glicose na cadeia, incluindo, portanto, os oligossacarídeos, sugerindo que as enzimas degradaram parte dos PNAs presentes na ração.

A avaliação econômica do uso de enzimas, nesse experimento, demonstrou ser viável em quaisquer circunstâncias de preço de matéria-prima, e o uso de AMI e o uso de AMI+XIL reduziram em aproximadamente 5% e 15%, respectivamente, o custo alimentar de produção por kg de frango vivo. No entanto, observa-se que a diferença de

custo entre os tratamentos com enzimas e os controles sem enzima diminui com a redução de custo das matérias-primas.

Os parâmetros zootécnicos do Experimento 2 e a avaliação econômica, no final do período experimental, estão apresentados nas Tabelas 10, 11, 12 e 13, respectivamente. A suplementação de AMI ao controle positivo com EMA adequada não afetou a CA e o GP, entretanto, houve aumento ($P<0,05$) de 10 g no CR no período inicial (Tabela 10), demonstrando que, à medida que os frangos de corte têm sua capacidade digestiva melhorada, há também aumento no consumo de ração.

No entanto, nesse caso, o maior consumo de ração não resultou em melhora de ganho de peso. Olukosi *et al.* (2007) também não encontraram melhora no desempenho das aves, quando se suplementou com coquetel de xilanase, amilase e protease a dieta à base de milho e farelo de soja, aos 21 dias de idade. Iji *et al.* (2003) não observaram efeito da suplementação de enzima no desempenho dos frangos de corte na fase inicial. Em contradição, respostas de melhor desempenho, na fase inicial, foram encontradas por Gracia *et al.*, (2003) que suplementaram com α -amilase a dieta à base de milho e farelo de soja, fornecida para frangos de corte de 1 a 42 dias de idade.

Frangos de corte alimentados com dieta, teoricamente perfeita, têm pouca chance de demonstrar melhora de resultado quando se utiliza uma enzima “*on top*”, pois a ave já está demonstrando todo o seu potencial e existe pouco espaço para melhora de desempenho.

De 21 a 40 dias de idade, a CA piorou ($P<0,05$) com a redução em 120 kcal de EM/ kg, quando se compara o CP com o CN (Tabela 11). Todos tratamentos suplementados com enzimas tiveram CA ou GP melhor que o CN resultando em CAA menor, e os tratamentos que receberam AMI ou AMI+XIL sobre o CP apresentaram CAA melhor ($P<0,05$) que os tratamentos CN com ou sem enzimas.

Tendo por base todo período (1 a 40 dias), somente a CA e a CAA foram influenciadas ($P<0,05$) pelos tratamentos, e o CP apresentou CA 3,5% melhor do que o CN (Tabela 12). A melhora com a suplementação das enzimas não passou de 1% para CA e CAA e de 1,5% para GP quando a AMI foi suplementada ao CN na fase crescimento e ao CP na fase inicial ($P>0,05$). Resposta semelhante foi observada no CN suplementado com AMI+XIL na fase crescimento e sem suplementação de AMI na fase inicial.

A avaliação econômica, levando em consideração diferentes perspectivas de preço de matéria-prima, demonstrou que todos programas enzimáticos proporcionaram redução no custo de produção, exceto para as aves que receberam o tratamento CP+AMI na fase

inicial e CN+AMI+XIL na fase crescimento, o que aumentou o custo de produção por kg de frango vivo, quando os preços das matérias-primas chegaram a 60% do valor atual. No entanto, quando o custo das matérias-primas foi igual ou superior a 80% do valor atual, o custo de produção também foi reduzido com esse tratamento.

Os parâmetros zootécnicos e peso do pâncreas do Experimento 3 estão apresentados nas Tabelas 14, 15 e 16. Os resultados de digestibilidade ileal aparente aos 19 e 40 dias de idade e a avaliação econômica do custo de produção por kg de frango, ao final do experimento, estão apresentados nas Tabelas 17, 18 e 19, respectivamente.

A CA foi afetada pelos tratamentos aos 19 dias e foram necessárias 100 kcal de EMA/kg de ração para obter diferença ($P<0,05$) entre o CP e o CN. O CN100 suplementado com AMI ou GLU, na fase inicial, melhorou a CA resultando em valor de CA muito próximo ao encontrado no tratamento CN75, sendo possível afirmar que a enzima possibilitou incremento de aproximadamente 25 kcal de EMA/kg de ração.

A suplementação de AMI+XIL, na fase inicial, não melhorou o desempenho, o que foi inesperado visto que na fase crescimento o uso combinado de AMI+XIL proporcionou o melhor desempenho no Experimento 1. De 20 a 40 dias de idade (Tabela 15), o GP das aves foi influenciado pelos tratamentos sendo que as aves que receberam o CN100 suplementado com AMI somente na fase crescimento, apresentaram melhor GP que o CN100 ($P<0,05$). Levando em consideração o período total de 1 a 40 dias de idade, os parâmetros de CA, GP e CAA foram afetados pelos tratamentos (Tabela 16), assim como foi durante a fase de 19 a 40 dias, com uma melhor resposta zootécnica para o tratamento CN100 suplementado com AMI apenas na fase crescimento.

Uma possível explicação para essa resposta está na relação consumo de ração e tamanho (peso e comprimento) do intestino delgado (ID), e o consumo diário de ração aos 21 dias de idade é de aproximadamente 100 g/dia, e aos 42 dias de idade é de 200 g/dia, e a relação peso:comprimento do ID aos 21 e 42 dias é de 0,18 g/cm e 0,32 g/cm, respectivamente (Sorbara, 2003). Com isso, tem-se maior CR e menor área de digestão e absorção para possibilitar que enzimas exógenas melhorem a digestão dos nutrientes resultando em melhor desempenho.

Os resultados de desempenho de um a 19 dias de idade podem ser explicados, parcialmente, pelos dados de digestibilidade apresentados na Tabela 17. A melhora da CA, aos 19 dias, obtida pelas aves do tratamento CN100 suplementado com AMI ou GLU, quando se compara com o tratamento CN, pode ser pela melhora da digestibilidade do amido obtida em ambos os tratamentos. É interessante notar que

enzimas diferentes melhoraram a digestibilidade do amido, provavelmente, utilizando diferentes mecanismos de atuação.

Pode-se correlacionar a melhora da CA de 3% e do GP de 5% aos 40 dias de idade (Tabela 16) e o aumento de 4,5% e 4% na digestibilidade ileal aparente do amido e da energia, respectivamente, (Tabela 18) quando se compara o tratamento CN100 suplementado com AMI só na fase crescimento com o CN100.

Comparando-se os resultados gerais (independente do tratamento), a digestibilidade das rações foi pior aos 40 dias do que aos 19 dias de idade. Outros trabalhos também têm demonstrado que a digestibilidade da ração piora com a idade após os 21 dias de idade em frangos de corte, possibilitando maior resposta das enzimas nessa fase. Kidd *et al.* (2001) suplementaram α -galactosidase, em rações à base de milho e farelo de soja, e encontraram melhora da CA depois dos 28 dias.

Maior coeficiente de digestibilidade da MS e energia aos 21 dias do que aos 42 dias de idade também foi encontrado por Huang *et al.*, (2005b) quando avaliou diferentes aditivos em frangos de corte alimentados com ração à base de milho e farelo de soja. Palander *et al.* (2001), trabalhando com perus de quatro, oito e 12 semanas de idade, verificaram que a digestibilidade ileal aparente da proteína e EM é afetada pela idade com tendência de piora do coeficiente com o aumento da idade.

Scott *et al.* (2001), estudando o efeito das enzimas sobre o desempenho de frangos de corte alimentados *ad libitum* ou de forma restrita, concluíram que a resposta à suplementação de enzimas está relacionada diretamente ao consumo voluntário de ração, e baixo consumo de ração causará baixa resposta da enzima.

Os tratamentos influenciaram ($P<0,05$) somente a digestibilidade ileal aparente dos aminoácidos treonina e triptofano aos 19 dias (Tabela 17). No entanto, as diferenças encontradas parecem não estar relacionadas com a suplementação das enzimas.

Comparando os tratamentos que receberam a suplementação de enzimas com o CN100 aos 40 e 19 dias de idade, verifica-se que a resposta das enzimas, em termos de digestibilidade ileal aparente dos aminoácidos em geral, foi maior aos 40 dias do que aos 19 dias. O mesmo ocorreu para digestibilidade ileal aparente do amido, proteína bruta e matéria seca. Somente a digestibilidade da histidina foi melhor ($P<0,05$) para o tratamento CN100 suplementado com AMI na fase inicial e crescimento, quando comparado ao tratamento CN100. A digestibilidade ileal aparente do triptofano, valina, glicina, serina e tirosina foi maior quando recebeu AMI durante toda vida, quando comparada ao CN100. Rutherford *et al.*, (2007), estudando o efeito da α -amilase mais

xilanase para frangos de corte alimentados com rações à base de milho e farelo soja, encontraram melhora significativa na digestibilidade de todos aminoácidos analisados, quando utilizaram a metodologia de digestibilidade ileal verdadeira.

A suplementação de AMI, na fase inicial, melhorou a digestibilidade ileal aparente entre meio a dois pontos percentuais quando comparada ao CN100 para arginina, isoleucina, leucina, metionina e todos outros aminoácidos não-essenciais, com exceção da cistina e ácido glutâmico.

Suplementando uma ração à base de milho e soja com coquetel de enzimas, Zanella *et al.* (1999) e Hong *et al.* (2002) demonstraram melhora na digestibilidade de vários aminoácidos entre eles: serina, glicina, valina, tirosina e treonina. Esses resultados podem ser explicados pelo efeito das enzimas nas secreções endógenas, especialmente porque pode haver maior resposta para os aminoácidos encontrados em alta concentração nas secreções endógenas como enzimas e mucinas (Cowieson *et al.*, 2006). A menor resposta das enzimas sobre a digestibilidade dos aminoácidos pode ser pelo fato de que os níveis de aminoácidos formulados para todas as rações excederam a exigência do animal (NRC, 1994).

A avaliação econômica desse experimento demonstrou aspectos muito interessantes, pois se considerarmos os preços superiores ou iguais aos preços atuais das matérias-primas é viável a redução da energia da ração. No entanto, se os preços das matérias-primas caírem 20 ou 40%, a redução da energia da ração resultará em aumento no custo de produção por kg de frango vivo. Qualquer um dos programas enzimáticos utilizados, exceto o tratamento que utilizou AMI+XIL a vida toda, proporcionaram redução de 3 a 5% no custo de produção quando comparado ao custo de produção do tratamento CN100, independentemente do custo das matérias-primas. Os custos dos tratamentos com enzimas e o tratamento CP apresentaram redução de 2 a 22% no custo de produção quando foram utilizados os preços atuais até aumento de 40% no valor das materiais, porém, quando os preços das matérias-primas foram reduzidos em 20 ou 40%, o uso de enzimas aumentou o custo de produção, quando comparado ao tratamento CP.

A CAA média, na fase crescimento dos Experimentos 1, 2 e 3, foi de 1,96, 1,73 e 2,06, respectivamente, e a resposta das enzimas sobre o desempenho de frangos de corte foi menor no Experimento 2, provavelmente pelo excelente desempenho que os frangos de corte tiveram independente do tratamento recebido.

Tabela 8. Conversão alimentar (CA), ganho de peso (GP), consumo de ração (CR), conversão alimentar ajustada para um mesmo peso corporal (CAA), e coeficiente de sobrevivência de frangos de corte alimentados com uma ração à base de milho e farelo de soja de 21 a 40 dias de idade (Experimento 1).

Tratamentos	CA	GP	CR	CAA	Sobrevivência
Controle Positivo ¹	1,835±0,035	1,556±0,050 ^a	2,855±0,099 ^{ab}	1,926±0,040	0,98 ± 0,02
Controle Negativo (CN) ²	1,894±0,055	1,444±0,055 ^b	2,733±0,057 ^b	2,021±0,070	0,98 ± 0,01
CN + AMI ³	1,863±0,085	1,522±0,028 ^{ab}	2,910±0,097 ^a	1,952±0,112	0,97 ± 0,04
CN + AMI+XIL ⁴	1,852±0,042	1,601±0,029 ^a	2,964±0,088 ^a	1,930±0,043	0,96 ± 0,04
CV (%)	3,05	2,95	3,02	3,67	2,93
<i>P</i>	0,3585	0,0003	0,0031	0,1350	0,7296

¹ Controle positivo (CP) com níveis adequados de EM.

² Controle negativo (CN) com 120 kcal/kg EM a menos que CP.

³ AMI – α -amilase fornecida pela inclusão de 400 ppm do produto Ronozyme A.

⁴ XIL – xilanase fornecida pela inclusão de 100 ppm do produto Ronozyme WX.

^{a, b} Valores seguidos de letras diferentes na mesma coluna são diferentes pelo Teste de Tukey ($P < 0.05$).

Tabela 9. Custo de produção (R\$/kg de frango vivo) aos 40 dias de idade tendo por base a variação dos preços das principais matérias-primas da ração de 60 a 140% em relação aos custos atuais 100% (Experimento 1).

Tratamentos	140%	120%	100%	80%	60%
Controle Positivo ¹	1,025	0,885	0,745	0,604	0,464
Controle Negativo (CN) ²	1,042	0,900	0,758	0,615	0,473
CN + AMI ³	0,981	0,848	0,714	0,581	0,447
CN + AMI + XIL ⁴	0,887	0,767	0,646	0,526	0,405

¹ Controle positivo (CP) com níveis adequados de EM.

² Controle negativo (CN) com 120 kcal/kg EM a menos que CP.

³ AMI – α -amilase fornecida pela inclusão de 400 ppm do produto Ronozyme A.

⁴ XIL – xilanase fornecida pela inclusão de 100 ppm do produto Ronozyme WX.

Tabela 10. Conversão alimentar (CA), ganho de peso (GP), e consumo de ração (CR) de frangos de corte alimentados com uma ração à base de milho e farelo de soja de 1 a 20 dias de idade (Experimento 2).

Tratamentos	CA	CR	GP
Controle Positivo (CP) ¹	1,277 ± 0,015	1,021 ± 0,019 ^b	0,799 ± 0,015
CP + AMI ²	1,283 ± 0,015	1,031 ± 0,022 ^a	0,805 ± 0,015
CV (%)	1,19	2,03	1,85
<i>P</i>	0,1018	0,049	0,1117

¹ Controle positivo (CP) com níveis adequados de EM.

² AMI – α -amilase fornecida pela inclusão de 400 ppm do produto Ronozyme A.

^{a, b} Valores seguidos de letras diferentes na mesma coluna são diferentes pelo Teste de Tukey ($P < 0.05$).

Tabela 11. Conversão alimentar (CA), ganho de peso (GP), consumo de ração (CR), e conversão alimentar ajustada para um mesmo peso corporal (CAA) de frangos de corte alimentados com ração à base de milho e farelo de soja de 21 a 40 dias de idade (Experimento 2).

Tratamentos nas Fases		CA	GP	CR	CAA
Inicial	Crescimento				
Controle Positivo (CP) ¹	CP	1,709 ± 0,042 ^c	1,889 ± 0,070 ^{ab}	3,226 ± 0,078	1,697 ± 0,060 ^{bc}
CP	Controle Negativo (CN) ³	1,784 ± 0,025 ^a	1,860 ± 0,078 ^b	3,317 ± 0,139	1,781 ± 0,039 ^a
CP	CN + AMI	1,776 ± 0,023 ^{ab}	1,865 ± 0,040 ^b	3,311 ± 0,068	1,771 ± 0,030 ^a
CP	CN + AMI + XIL	1,772 ± 0,041 ^{ab}	1,899 ± 0,070 ^{ab}	3,363 ± 0,108	1,757 ± 0,056 ^{ab}
CP + AMI ²	CP + AMI	1,725 ± 0,043 ^{bc}	1,912 ± 0,084 ^{ab}	3,295 ± 0,079	1,684 ± 0,036 ^c
CP + AMI	CP + AMI + XIL ⁴	1,694 ± 0,019 ^c	1,962 ± 0,047 ^a	3,323 ± 0,059	1,659 ± 0,032 ^c
CP + AMI	CN + AMI	1,763 ± 0,038 ^{ab}	1,886 ± 0,034 ^{ab}	3,326 ± 0,108	1,752 ± 0,035 ^{ab}
CP + AMI	CN + AMI + XIL	1,770 ± 0,030 ^{ab}	1,883 ± 0,050 ^{ab}	3,332 ± 0,101	1,760 ± 0,035 ^{ab}
CV		1,93	3,26	2,89	2,41
P		0,0001	0,0503	0,2321	0,0001

¹ Controle positivo (CP) com níveis adequados de EM.

² AMI – α -amilase fornecida pela inclusão de 400 ppm do produto Ronozyme A.

³ Controle negativo (CN) com 120 kcal/kg EM a menos que CP.

⁴ XIL – xilanase fornecida pela inclusão de 100 ppm do produto Ronozyme WX.

^{a, b, c} Valores seguidos de letras diferentes na mesma coluna são diferentes pelo Teste de Tukey ($P < 0.05$).

Tabela 12. Conversão alimentar (CA), ganho de peso (GP), consumo de ração (CR), conversão alimentar ajustada para um mesmo peso corporal (CAA), e coeficiente de sobrevivência de frangos de corte alimentados com ração à base de milho e farelo de soja de 1 a 40 dias de idade (Experimento 2).

Tratamentos nas fases		CA	GP	CR	CAA	Sobrevivência
Inicial	Crescimento					
Controle Positivo (CP) ¹	CP	1,574 ± 0,027 ^c	2,689 ± 0,083	4,229 ± 0,100	1,523 ± 0,045 ^{bc}	0,96 ± 0,04
CP	Controle Negativo (CN) ³	1,630 ± 0,012 ^a	2,656 ± 0,083	4,330 ± 0,147	1,588 ± 0,023 ^a	0,98 ± 0,02
CP	CN + AMI	1,621 ± 0,017 ^{ab}	2,669 ± 0,052	4,328 ± 0,084	1,576 ± 0,025 ^a	0,97 ± 0,04
CP	CN + AMI + XIL	1,621 ± 0,027 ^{ab}	2,696 ± 0,073	4,369 ± 0,125	1,568 ± 0,036 ^{ab}	0,98 ± 0,02
CP + AMI ²	CP + AMI	1,587 ± 0,028 ^{bc}	2,724 ± 0,089	4,319 ± 0,082	1,510 ± 0,025 ^c	0,96 ± 0,03
CP + AMI	CP + AMI + XIL ⁴	1,568 ± 0,011 ^c	2,758 ± 0,054	4,324 ± 0,068	1,498 ± 0,023 ^c	0,96 ± 0,03
CP + AMI	CN + AMI	1,615 ± 0,027 ^{ab}	2,694 ± 0,050	4,351 ± 0,134	1,562 ± 0,023 ^{ab}	0,96 ± 0,05
CP + AMI	CN + AMI + XIL	1,622 ± 0,022 ^a	2,682 ± 0,052	4,350 ± 0,110	1,573 ± 0,024 ^{ab}	0,96 ± 0,03
CV		1,39	2,55	2,53	1,880	3,28
P		0,0001	0,1199	0,3203	0,0001	0,9107

¹ Controle positivo (CP) com níveis adequados de EM.

² AMI – α -amilase fornecida pela inclusão de 400 ppm do produto Ronozyme A.

³ Controle negativo (CN) com 120 kcal/kg EM a menos que CP.

⁴ XIL – xilanase fornecida pela inclusão de 100 ppm do produto Ronozyme WX.

^{a, b, c} Valores seguidos de letras diferentes na mesma coluna são diferentes pelo Teste de Tukey ($P < 0.05$).

Tabela 13. Custo de produção (R\$/kg de frango vivo) aos 40 dias de idade tendo por base a variação dos preços das principais matérias-primas da ração de 60 a 140% em relação aos custos atuais 100% (Experimento 2).

Tratamentos nas fases		140%	120%	100%	80%	60%
Inicial	Crescimento					
Controle Positivo (CP) ¹	CP	0,892	0,771	0,649	0,528	0,407
CP + AMI ²	CP + AMI	0,880	0,761	0,642	0,523	0,404
CP + AMI	CP + AMI + XIL ³	0,874	0,756	0,638	0,520	0,402
CP	CN ⁴	0,885	0,765	0,645	0,525	0,405
CP + AMI	CN + AMI	0,871	0,754	0,637	0,519	0,402
CP + AMI	CN + AMI + XIL	0,880	0,762	0,643	0,525	0,406
CP	CN + AMI	0,880	0,761	0,642	0,523	0,404
CP	CN + AMI +XIL	0,870	0,753	0,636	0,518	0,401

¹ Controle positivo (CP) com níveis adequados de EM.

² AMI – α -amilase fornecida pela inclusão de 400 ppm do produto Ronozyme A.

³ XIL – xilanase fornecida pela inclusão de 100 ppm do produto Ronozyme WX.

⁴ Controle negativo (CN) com 120 kcal/kg EM a menos que CP.

Tabela 14. Conversão alimentar (CA), ganho de peso (GP), consumo de ração (CR), e conversão alimentar ajustada para o mesmo peso corporal (CAA), g de pâncreas por 100 g de peso vivo (Pâncreas) de frangos de corte alimentados com ração à base de milho e farelo de soja de 1 a 19 dias de idade (Experimento 3).

Tratamentos	CA	GP	CR	CAA	Pâncreas
Controle Positivo ¹	1,373 ± 0,041 ^b	0,708 ± 0,038	0,907 ± 0,036	1,365 ± 0,074 ^b	0,336 ± 0,037
Controle Negativo (CN)50 ²	1,406 ± 0,035 ^{ab}	0,690 ± 0,047	0,970 ± 0,053	1,416 ± 0,075 ^{ab}	0,333 ± 0,028
CN75 ³	1,419 ± 0,070 ^{ab}	0,707 ± 0,036	1,001 ± 0,018	1,412 ± 0,104 ^{ab}	0,379 ± 0,036
CN100 ⁴	1,453 ± 0,070 ^a	0,678 ± 0,043	0,982 ± 0,034	1,475 ± 0,108 ^{ab}	0,366 ± 0,038
CN100 + AMI ⁵	1,418 ± 0,043 ^{ab}	0,692 ± 0,051	0,979 ± 0,050	1,425 ± 0,089 ^{ab}	0,355 ± 0,045
CN100 + AMI + XIL ⁶	1,478 ± 0,053 ^a	0,659 ± 0,028	0,973 ± 0,033	1,519 ± 0,074 ^a	0,361 ± 0,045
CN100 + GLU ⁷	1,423 ± 0,053 ^{ab}	0,696 ± 0,045	0,988 ± 0,042	1,427 ± 0,093 ^{ab}	0,367 ± 0,042
CV	3,69	5,94	3,98	6,11	10,88
P	0,0100	0,1611	0,6167	0,0073	0,1036

¹ Controle positivo (CP) com níveis adequados de EM.

² Controle negativo (CN) com 50 kcal/kg EM a menos que o CP.

³ CN com 75 kcal/kg EM a menos que o CP.

⁴ CN com 100 kcal/kg EM a menos que o CP.

⁵ AMI – α -amilase fornecida pela inclusão de 400 ppm do produto Ronozyme A.

⁶ XIL – xilanase fornecida pela inclusão de 100 ppm do produto Ronozyme WX.

⁷ GLU – β -glucanase, pentosanase, hemicelulase e pectinase fornecida pela inclusão de 360 ppm do produto Ronozyme VP.

^{a, b} Valores seguidos de letras diferentes na mesma coluna são diferentes pelo Teste de Tukey ($P < 0.05$).

Tabela 15. Conversão alimentar (CA), ganho de peso (GP), consumo de ração (CR), conversão alimentar ajustada para um mesmo peso corporal (CAA), e g de pâncreas por 100 g de peso vivo (Pâncreas) de frangos de corte alimentado com a ração à base de milho e farelo de soja de 20 a 40 dias de idade (Experimento 3).

Tratamentos nas fases		CA	GP	CR	CAA	Pâncreas
Inicial	Crescimento					
Controle Positivo (CP) ¹	CP	2,081±0,053	1,841±0,055 ^{ab}	3,829±0,139	2,083±0,059	0,193±0,022
Controle Negativo (CN) 50 ²	CN50	2,066±0,065	1,863±0,069 ^{ab}	3,845±0,111	2,062±0,081	0,191±0,025
CN75 ³	CN75	2,081±0,025	1,878±0,050 ^{ab}	3,908±0,097	2,072±0,034	0,192±0,023
CN100 ⁴	CN100	2,081±0,041	1,830±0,047 ^b	3,808±0,101	2,088±0,049	0,189±0,018
CN100 + AMI ⁵	CN100+AMI	2,043±0,066	1,895±0,059 ^{ab}	3,869±0,097	2,029±0,079	0,189±0,016
CP	CN100+AMI	2,024±0,058	1,930±0,050 ^a	3,903±0,062	1,999±0,071	0,190±0,020
CN100 + AMI + XIL ⁶	CN100+AMI+XIL	2,067±0,056	1,855±0,078 ^{ab}	3,833±0,107	2,066±0,076	0,199±0,029
CN100 + GLU ⁷	CN100+AMI+XIL	2,072±0,050	1,845±0,073 ^{ab}	3,822±0,144	2,073±0,062	0,191±0,022
CV		2,58	3,27	2,86	3,19	11,54
P		0,3099	0,0377	0,4876	0,1301	0,9927

¹ Controle positivo (CP) com níveis adequados de EM.

² Controle Negativo (CN) com 50 kcal/kg EM a menos que o CP.

³ CN com 75 kcal/kg EM a menos que o CP.

⁴ CN com 100 kcal/kg EM a menos do que CP.

⁵ AMI – α -amilase fornecida pela inclusão de 400 ppm do produto Ronozyme A.

⁶ XIL – xilanase fornecida pela inclusão de 100 ppm do produto Ronozyme WX.

⁷ GLU – β -glucanase, pentosanase, hemicelulase e pectinase fornecida pela inclusão de 360 ppm do produto Ronozyme VP.

^{a, b} Valores seguidos de letras diferentes na mesma coluna são diferentes pelo Teste de Tukey ($P<0.05$).

Tabela 16. Conversão alimentar (CA), ganho de peso (GP), consumo de ração (CR), conversão alimentar ajustada para um mesmo peso corporal (CAA), e coeficiente de sobrevivência (Sobrevivência) de frangos de corte alimentado com a ração à base de milho e farelo de soja de 1 a 40 dias de idade (Experimento 3).

Tratamentos nas fases		CA	GP	CR	CAA	Sobrevivência
Inicial	Crescimento					
Controle Positivo (CP) ¹	CP	1,760 ± 0,065 ^{bc}	2,549 ± 0,074 ^{ab}	4,486 ± 0,147	1,747 ± 0,021 ^{ab}	0,96 ± 0,02
Controle Negativo (CN) 50 ²	CN50	1,774 ± 0,024 ^{abc}	2,553 ± 0,075 ^{ab}	4,528 ± 0,133	1,759 ± 0,035 ^{ab}	0,97 ± 0,03
CN75 ³	CN75	1,787 ± 0,025 ^{ab}	2,585 ± 0,053 ^{ab}	4,620 ± 0,090	1,764 ± 0,033 ^{ab}	0,97 ± 0,02
CN100 ⁴	CN100	1,793 ± 0,030 ^{ab}	2,508 ± 0,074 ^b	4,496 ± 0,093	1,791 ± 0,047 ^a	0,96 ± 0,03
CN100 + AMI ⁵	CN100+AMI	1,768 ± 0,019 ^{abc}	2,587 ± 0,067 ^{ab}	4,575 ± 0,121	1,745 ± 0,028 ^{ab}	0,96 ± 0,02
CP	CN100+AMI	1,739 ± 0,037 ^c	2,637 ± 0,069 ^a	4,583 ± 0,070	1,702 ± 0,053 ^b	0,96 ± 0,03
CN100 + AMI + XIL ⁶	CN100+AMI+XIL	1,809 ± 0,028 ^a	2,514 ± 0,069 ^b	4,548 ± 0,130	1,805 ± 0,037 ^a	0,98 ± 0,02
CN100 + GLU ⁷	CN100+AMI+XIL	1,781 ± 0,037 ^{abc}	2,541 ± 0,108 ^{ab}	4,523 ± 0,143	1,770 ± 0,061 ^a	0,97 ± 0,02
CV		1,57	2,93	2,61	2,36	2,61
P		0,0003	0,0234	0,3263	0,0004	0,8744

¹ Controle positivo (CP) com níveis adequados de EM.

² Controle Negativo (CN) com 50 kcal/kg EM a menos que o CP.

³ CN com 75 kcal/kg EM a menos que o CP.

⁴ CN com 100 kcal/kg EM a menos do que CP.

⁵ AMI – α -amilase fornecida pela inclusão de 400 ppm do produto Ronozyme A.

⁶ XIL – xilanase fornecida pela inclusão de 100 ppm do produto Ronozyme WX.

⁷ GLU – β -glucanase, pentosanase, hemicelulase e pectinase fornecida pela inclusão de 360 ppm do produto Ronozyme VP.

^{a, b} Valores seguidos de letras diferentes na mesma coluna são diferentes pelo Teste de Tukey ($P < 0.05$).

Tabela 17. Digestibilidade ileal aparente (DIA, %) da energia bruta (EB), proteína bruta (PB), amido, matéria seca (MS), e aminoácidos aos 19 dias de idade de frangos de corte alimentado com ração à base de milho e farelo de soja (Experimento 3).

DIA	Tratamentos							P	CV
	CP ¹	CN50 ²	CN75 ³	CN100 ⁴	CN100+AMI ⁵	CN100+AMI+XIL ⁶	CN100+GLU ⁷		
PB	85,924±1,678	84,468±0,753	85,273±1,435	85,488±0,694	86,280±0,729	84,465±1,691	86,315±0,957	0,2133	1,51
Amido	78,634±2,162 ^a	77,640±0,806 ^a	77,570±1,786 ^a	77,863±1,241 ^a	80,490±1,044 ^a	77,210±2,002 ^a	80,243±1,400 ^a	0,0461	2,13
EB	77,908±1,786 ^{ab}	76,315±0,624 ^{ab}	77,390±1,840 ^{ab}	78,218±0,887 ^{ab}	79,143±0,614 ^a	75,970±1,749 ^b	78,688±1,000 ^{ab}	0,0299	1,81
MS	94,889±0,413 ^{ab}	94,533±0,275 ^{ab}	94,790±0,372 ^{ab}	95,110±0,290 ^a	95,120±0,184 ^a	94,285±0,387 ^b	94,783±0,239 ^{ab}	0,0163	0,35
Aminoácidos Essenciais									
Arg	91,704±1,704	90,500±0,477	91,198±0,886	91,615±0,340	92,343±2,040	90,393±1,027	91,490±0,492	0,3195	1,39
His	88,648±1,813	88,093±2,431	88,833±4,364	90,678±4,219	87,888±2,873	84,993±1,188	87,498±0,706	0,1795	3,09
Ile	86,328±3,361	83,963±0,675	85,805±1,579	85,628±0,339	87,018±3,484	84,405±0,858	86,958±0,607	0,3703	2,64
Leu	88,513±2,668	85,550±0,786	87,680±1,527	88,008±0,621	89,988±2,721	87,685±0,865	88,720±0,650	0,2709	2,10
Lys	90,035±1,791	89,383±0,976	90,253±1,019	89,763±1,153	89,983±2,121	87,760±1,472	89,425±0,622	0,2611	1,64
Met	95,056±1,072	94,448±0,315	94,773±0,251	95,248±0,574	96,133±0,898	95,150±0,830	95,353±0,325	0,1130	0,80
Phe	88,506±2,550	87,058±1,002	87,838±1,584	87,843±0,238	89,493±2,942	86,805±0,919	88,338±0,825	0,4476	2,12
Thr	82,359±2,052 ^{ab}	81,395±0,644 ^{ab}	83,505±1,664 ^a	83,505±1,210 ^a	83,520±0,368 ^a	80,003±1,414 ^b	82,748±0,922 ^{ab}	0,0177	1,75
Trp	67,194±6,914 ^{ab}	74,883±1,526 ^a	48,523±4,252 ^{cd}	83,505±1,210 ^{bc}	83,520±0,368 ^d	53,883±4,673 ^c	54,505±3,941 ^c	0,0001	9,55
Val	83,974±2,059	82,128±0,743	85,005±1,686	85,143±0,748	83,763±1,709	82,788±1,223	86,248±0,734	0,0880	1,74
Aminoácidos Não-Essenciais									
Ala	87,699±2,702	85,835±0,909	86,765±1,483	87,583±0,446	89,450±2,920	86,718±1,198	88,028±0,679	0,2309	2,19
Asp	90,541±2,318	90,753±3,498	92,485±2,148	92,953±3,362	91,928±1,911	88,168±1,832	88,638±1,373	0,0669	2,69
Cys	85,804±1,888	85,588±1,857	86,345±1,741	86,635±0,564	96,915±1,621	85,760±1,902	86,323±2,670	0,9250	2,14
Glu	91,485±1,962	91,798±2,066	92,115±1,193	92,833±3,137	92,715±1,857	90,283±1,157	90,890±0,696	0,4596	2,06
Gly	83,389±3,004	82,063±1,893	82,278±1,804	83,385±1,436	85,685±3,660	80,788±1,489	83,050±1,295	0,1774	2,87
Pro	87,467±1,043	86,678±0,808	86,620±1,268	87,680±0,724	88,320±0,591	86,943±1,138	88,258±0,689	0,0991	1,09
Ser	86,149±2,758	84,280±1,240	85,683±1,798	86,893±1,903	88,408±2,866	84,738±1,282	86,305±0,800	0,1580	2,44
Tyr	86,296±2,857	83,613±2,343	85,308±1,710	85,998±0,398	87,138±3,319	83,153±1,611	84,953±1,263	0,1531	2,66

¹ Controle positivo (CP) com níveis adequados de EM.

² Controle negativo (CN) com 50 kcal/kg EM a menos que o CP.

³ CN com 75 kcal/kg EM a menos que o CP.

⁴ CN com 100 kcal/kg EM a menos que o CP.

⁵ AMI – α -amilase fornecida pela inclusão de 400 ppm do produto Ronozyme A.

⁶ XIL – xilanase fornecida pela inclusão de 100 ppm do produto Ronozyme WX

⁷ GLU – β -glucanase, pentosanase, hemicelulase e pectinase fornecida pela inclusão de 360 ppm do produto Ronozyme VP.

^{a, b}. Valores seguidos de letras diferentes na mesma linha são diferentes pelo Teste de Tukey ($P < 0,05$).

Tabela 18. Digestibilidade ileal aparente (DIA,%) da energia bruta (EB,), proteína bruta (PB), amido, matéria seca (MS), e aminoácidos aos 40 dias de idade de frangos de corte alimentado com ração à base de milho e farelo de soja (Experimento 3).

Inicial	Tratamentos nas fases								P	CV
	CP ¹	CN50 ²	CN75 ³	CN100 ⁴	CN100+AMI ⁵	CP	CN100+AMI+XIL ⁶	CN100+GLU ⁷		
Crescim	CP	CN50	CN75	CN100	CN100+ AMI	CN100+ AMI	CN100+AMI+XIL	CN100+ AMI+XIL		
DIA										
PB	81,305±3,694	79,293±1,531	78,603±3,010	80,115±2,974	83,515±2,156	81,668±2,170	80,703±1,823	77,870 ± 2,878	0,1088	3,26
Amido	75,085±3,323	75,935±2,616	75,705±0,263	74,903±2,550	77,040±2,215	78,268±0,606	76,385±3,105	76,615 ± 1,865	0,5240	3,04
EB	74,375±3,937	74,008±1,381	73,118±0,677	73,678±2,023	77,813±2,375	76,648±1,600	73,418±2,327	73,285 ± 2,259	0,0822	3,21
MS	93,768±1,317	93,875±0,477	93,300±0,247	93,715±0,875	94,438±0,579	94,173±0,396	93,358±0,522	93,478 ± 0,354	0,2651	0,72
Aminoácidos Essenciais										
Arg	88,933±2,340 ^a	88,305±0,562 ^a	87,623±1,981 ^a	88,118±1,837 ^a	91,240±0,842 ^a	90,490±1,002 ^a	87,960±1,670 ^a	87,755±1,641 ^a	0,0253	1,79
His	84,523±2,337 ^{ab}	82,853±1,917 ^b	83,093±2,295 ^b	83,480±1,409 ^b	88,360±1,136 ^a	85,375±2,314 ^{ab}	82,120±1,943 ^b	82,503±2,108 ^b	0,0033	2,35
Ile	82,450±3,799	78,830±1,814	78,390±3,911	79,908±3,961	83,890±1,742	80,690±2,698	78,595±4,453	76,845±3,538	0,1185	4,23
Leu	84,413±3,650	82,065±1,523	81,625±3,893	83,650±3,147	86,828±1,610	83,540±2,170	82,903±3,725	80,645±3,288	0,1855	3,62
Lys	88,075±2,544	85,408±1,005	86,380±2,888	87,575±2,082	87,148±1,686	86,258±1,879	85,215±2,275	84,260±2,945	0,2850	2,60
Met	92,873±1,939	91,648±0,827	92,078±2,043	92,855±1,371	94,760±0,685	93,290±1,161	93,323±1,489	91,618±1,584	0,0910	1,57
Phe	84,995±3,284	83,100±1,038	82,813±3,287	84,335±2,816	86,808±1,145	84,133±2,146	83,053±2,494	81,225±2,592	0,1327	2,97
Thr	77,523±3,963	75,785±2,741	74,760±3,721	76,083±3,300	81,323±1,600	77,590±2,008	76,280±2,355	74,238±3,440	0,0750	3,91
Trp	39,998±6,806 ^b	61,945±2,193 ^a	53,693±8,745 ^{ab}	51,465±13,514 ^{ab}	63,213±4,291 ^a	46,750±10,867 ^{ab}	61,178±6,287 ^a	54,598±7,729 ^{ab}	0,0064	15,27
Val	81,588±3,849 ^{ab}	77,845±2,034 ^{ab}	76,723±3,785 ^{ab}	78,323±4,364 ^{ab}	83,810±2,110 ^a	80,173±2,379 ^{ab}	76,778±3,217 ^{ab}	75,583±3,422 ^b	0,0221	4,12
Aminoácidos Não Essenciais										
Ala	82,828±3,814	80,765±1,522	80,235±4,173	82,203±3,122	85,448±2,334	82,220±2,155	81,160±3,976	79,225±3,387	0,2439	3,90
Asp	85,940±3,555	85,445±2,486	84,928±4,674	85,230±2,892	88,770±1,964	86,925±2,513	85,525±0,760	85,168±3,785	0,6644	3,54
Cys	83,048±2,406	81,185±3,269	79,458±2,649	81,470±1,716	84,133±4,148	81,750±2,011	79,203±0,891	80,568±1,661	0,1444	3,11
Glu	87,488±3,209	86,623±1,447	86,340±3,638	87,145±2,473	90,195±1,385	87,680±1,867	86,458±2,166	86,203±3,084	0,4200	2,90
Gly	77,540±3,946 ^{ab}	75,888±2,313 ^b	78,025±2,804 ^{ab}	76,735±1,682 ^{ab}	82,268±2,422 ^a	79,448±1,518 ^{ab}	76,645±1,612 ^{ab}	75,658±3,039 ^b	0,0217	3,27
Pro	84,253±3,077	83,170±1,151	83,438±2,226	83,950±1,890	87,703±1,418	85,200±1,395	83,893±2,338	82,888±2,425	0,0705	2,47
Ser	81,945±3,691 ^{ab}	80,768±1,399 ^{ab}	81,410±3,421 ^{ab}	81,503±2,556 ^{ab}	86,240±1,255 ^a	84,008±1,601 ^{ab}	81,350±2,424 ^{ab}	79,773±3,267 ^b	0,0468	3,18
Tyr	83,893±2,846 ^{ab}	81,420±1,559 ^{ab}	81,353±3,007 ^{ab}	83,318±2,401 ^{ab}	86,408±1,021 ^a	84,638±1,602 ^a	81,135±1,950 ^{ab}	79,025±2,950 ^b	0,0034	2,75

¹ Controle positivo (CP) com níveis adequados de EM.

² Controle negativo (CN) com 50 kcal/kg EM a menos que o CP.

³ CN com 75 kcal/kg EM a menos que o CP.

⁴ CN com 100 kcal/kg EM a menos que o CP.

⁵ AMI – α -amilase fornecida pela inclusão de 400 ppm do produto Ronozyme A.

⁶ XIL – xilanase fornecida pela inclusão de 100 ppm do produto Ronozyme WX.

⁷ GLU – β -glucanase, pentosanase, hemicelulase e pectinase fornecida pela inclusão de 360 ppm do produto Ronozyme VP.

^{a, b}, Valores seguidos de letras diferentes na mesma linha são diferentes pelo Teste de Tukey ($P < 0,05$).

Tabela 19. Custo de produção (R\$/kg de frango vivo) aos 40 dias de idade tendo por base a variação dos preços das principais matérias-primas da ração de 60 a 140% em relação aos custos atuais 100% (Experimento 3).

Tratamentos nas fases		140%	120%	100%	80%	60%
Inicial	Crescimento					
Controle Positivo (CP) ¹	CP	1,128	0,974	0,820	0,667	0,513
Controle Negativo (CN) 50 ²	CN50	0,917	0,856	0,794	0,732	0,671
CN75 ³	CN75	0,898	0,837	0,777	0,717	0,657
CN100 ⁴	CN100	0,919	0,856	0,794	0,732	0,669
CN100 + AMI ⁵	CN100+AMI	0,877	0,818	0,759	0,700	0,642
CP	CN100+AMI	0,873	0,813	0,752	0,691	0,631
CN100 + AMI + XIL ⁶	CN100+AMI+XIL	0,929	0,866	0,803	0,740	0,676
CN100 + GLU ⁷	CN100+AMI+XIL	0,886	0,827	0,769	0,710	0,651

¹ Controle positivo (CP) com níveis adequados de EM.

² Controle negativo (CN) com 50 kcal/kg EM a menos que o CP.

³ CN com 75 kcal/kg EM a menos que o CP.

⁴ CN com 100 kcal/kg EM a menos que o CP.

⁵ AMI – α -amilase fornecida pela inclusão de 400 ppm do produto Ronozyme A.

⁶ XIL – xilanase fornecida pela inclusão de 100 ppm do produto Ronozyme WX.

⁷ GLU – β -glucanase, pentosanase, hemicelulase e pectinase fornecida pela inclusão de 360 ppm do produto Ronozyme VP.

Conclusões

Pode-se concluir que é possível o uso de programas enzimáticos com a suplementação de AMI ou AMI + XIL, em rações à base de milho e farelo de soja somente na fase crescimento e resulta em melhora de desempenho. O estudo de novos programas de enzimas, levando em consideração diferentes enzimas para diferentes fases abre uma nova área na pesquisa de enzimas na nutrição de aves.

Agradecimentos

O autor agradece o suporte financeiro da DSM - Nutritional Products nas análises químicas do ensaio de digestibilidade e as análises de PNAs e amido dos ingredientes utilizados nos Experimentos 2 e 3, realizados por Dan Pettersson da empresa Novozymes.

Referências

- Almirall, M., M. Francesch, A. M. Perez-Vendrell, J. Brufau, and E. Esteve-Garcia. 1995. The differences in intestinal viscosity produced by barley and β -glucanase alter digest enzyme activities and ileal nutrient digestibilities more in broiler chicks than in cocks. *J. Nutr.* 125:947-955.
- Carvalho, A. F. M. 2001. Manejo final e da retirada. Pages 58-66 in Conferência Apinco 2001 de Ciência e Tecnologia. FACTA, Campinas, SP.
- Choct, M., A. Kocher, D. L. E. Waters, D. Pettersson, and G. Ross. 2004. A comparison of three xylanases on nutritive value of two wheats for broiler chickens. *Br. J. Nutr.* 92:53-61.
- Choct, M. A. 2006. Enzymes for the feed industry: past, present and future. *World's Poult. Sci. J.* 62:5-15.
- Cowieson, A. J., and O. Adeola. 2005. Carbohydrases, protease, and phytase have an additive beneficial effect in nutritionally marginal diets for broiler chicks. *Poult. Sci.* 84:1860-1867.

- Cowieson, A. J., D. N. Singh, and O. Adeola. 2006. Prediction of ingredient quality and the effect of a combination of xylanase, amylase, protease and phytase in the diets of broiler chicks. 1. Growth performance and digestible nutrient intake. *Br. Poult. Sci.* 47:477-489.
- Cowieson, A. J., T. Acamovic, and M. R. Bedford. 2003. Supplementation of diets containing pea meal with exogenous enzymes: effects on weight gain, feed conversion, nutrient digestibility and gross morphology of the gastrointestinal tract of growing broiler chicks. *Br. Poult. Sci.* 44:427-437.
- Garcia, E. R. M., A. E. Murakami, A. F. Branco, A. C. Furlan, and I. Moreira. 2000. Efeito da Suplementação Enzimática em Rações com Farelo de Soja e Soja Integral Extrusada sobre a Digestibilidade de Nutrientes, o Fluxo de Nutrientes na Digesta Ileal e o Desempenho de Frangos. *Rev. Bras. Zootec.* 29:1414-1426.
- Geyra, A., Z. Uni, and D. Sklan. 2001. Enterocyte dynamics and mucosal development in the posthatch chick. *Poult. Sci.* 80:776-782.
- Gracia, M. L., M. J. Aranibar, R. Lázaro, P. Medel, and G. G. Mateos. 2003. α -Amylase supplementation of broiler diets based on corn. *Poult. Sci.* 82:436-442.
- Hagen S. R., B. Frost, and J. Augustin. 1989. Precolumn phenylisothiocyanate derivatization and liquid-chromatography of amino-acids in food. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.* 72:912-916.
- Hong, D., H. Burrows, and O. Adeola. 2002. Addition of enzymes to starter and grower diets for ducks. *Poult. Sci.* 81:1842-1849.
- Huang, K. H., V. Ravindran, X. Li, and W. L. Bryden. 2005a. Influence of age on the apparent ileal amino acid digestibility of feed ingredients for broiler chickens. *Br. Poult. Sci.* 46:236-245.
- Huang, K. H., X. Li, V. Ravindran, and W. L. Bryden. 2006. Comparison of apparent ileal amino acid digestibility of feed ingredients measured with broilers, layers, and roosters. *Poult. Sci.* 85:625-634.
- Huang, R. L., Y. L. Yin, G. Y. Wu, Y. G. Zhang, T. J. Li, L. L. Li, M. X. Li, Z. R. Tang, J. Zhang, B. Wang, J. H. He, and X. Z. Nie. 2005b. Effect of dietary oligochitosan supplementation on ileal digestibility of nutrients and performance in broilers. *Poult. Sci.* 84:1383-1388.
- Iji, P. A., K. Khumalo, S. Slippers, and R. M. Gous. 2003. Intestinal function and body growth of broiler chickens on diets based on maize dried at different temperatures and supplemented with microbial enzymes. *Reprod. Nutr. Dev.* 43:77-90.

- Jorgensen, H., P. Sorensen, and B. O. Eggum. 1990. Protein and energy metabolism in broiler chickens selected for either body weight gain or feed efficient. *Br. Poult. Sci.* 31:517-524.
- Jox, Assessoria Agropecuária. 2008. <http://www.jox.com.br> Accessed Feb. 2008.
- Juanpere, J., A. M. Pérez-Vendrell, E. Angulo, and J. Brufau. 2005. Assessment of potential interaction between phytase and glycosidase enzyme supplementation on nutrient digestibility in broilers. *Poult. Sci.* 84:571-580.
- Kidd M. T., G. W. Morgan Jr., C. J. Price, P. A. Welch, and E. A. Fontana. 2001. Enzyme supplementation to corn and soybean meal diets for broilers. *J. Appl. Poult. Res.* 10:65-70.
- Leslie, M. A., E. T. Moran Jr., and M. R. Bedford. 2007. The effect of phytase and glucanase on the ileal digestible energy of corn and soybean meal fed to broilers. *Poult. Sci.* 86:2350-2357.
- Lucas, B., and A. Sotelo. 1980. Effect of different alkalies, temperature and hydrolysis times on tryptophan determination of pure proteins and of food. *Anal. Biochem.* 109:192-197.
- Mushtaq, T., M. Sarwar, G. Ahmad, M. A. Mirza, H. Nawaz, M. M. Haroon Mushtaq and, U. Noreen. 2007. Influence of canola meal-based diets supplemented with exogenous enzyme and digestible lysine on performance, digestibility, carcass, and immunity response of broiler chickens. *Poult. Sci.* 86:2144-2155.
- National Research Council. 1994. Nutrient requirements of poultry. 9th rev. ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC.
- Nitsan, Z., E. A. Dunnington, and P. B. Siegel. 1991. Organ growth and digestive enzyme levels to fifteen days of age in lines of chicken differing in body weight. *Poult. Sci.* 70:2040-2048.
- Olukosi, O. A., A. J. Cowieson, and O. Adeola. 2007. Age-related influence of cocktail of xylanase, amylase, and protease or phytase individually or in combination in broilers. *Poult. Sci.* 86:77-86.
- Palander, S. P., J. M. Nsi, and S. S. Jrvinen. 2001. Effect of age of growing turkeys on digesta viscosity and nutrient digestibility of maize, wheat, barley and oats fed as such or with enzyme supplementation. *Proc. Europ. Symp. Poult. Nutr.* 13:198-199.
- Ravindran, V., L. I. Hew, G. Ravindran, and W. L. Bryden. 1999. A comparison of ileal digesta and excreta analysis for the determination of amino acid digestibility in food ingredients for poultry. *Br. Poult. Sci.* 40:266-274.

- Rutherford, S. M., T. K. Chung, and P. J. Moughan. 2007. The effect of a commercial enzymes preparation on apparent metabolizable energy, the true ileal amino acid digestibility, and endogenous ileal lysine losses in broiler chickens. *Poult. Sci.* 6:665-672.
- SAS institute. 1990. SAS/STAT user's guide: version 6. 4th ed. SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Scott, T. A., M. A. Leslie, and A. Karimi. 2001. Measurements of enzyme response with hullless barley-based diets full-fed to Leghorn and broiler chicks or restricted-fed broiler chicks. *Can. J. Anim. Sci.* 81:403-410.
- Siriwan, P., W. L. Bryden, Y. Mollah, and E. F. Annison. 1993. Measurement of endogenous amino acid losses in poultry. *Br. Poult. Sci.* 34:939-949.
- Sorbara, J. O. B. 2003. Effects of different carbohydrates in the pre-initial broiler chicken feed on the performance and on the organs allometric growth. Master Thesis. University of Sao Paulo, Piracicaba, Brazil.
- Uni, Z, S. Ganot and D. Sklan. 1998. Posthatch development of mucosal function in the broiler small intestine. *Poult. Sci.* 77:75-82.
- Vieira, S. L., D. M. Freitas, J. L. Coneglian, J. E. M. Peña, and J. Berres. 2007. Live performance evaluation of broilers fed all vegetable corn-soy diets supplemented with an Alpha Amylase – Beta Glucanase blend. *Poult. Sci.* 86(Suppl. 1):399. (Abstr.)
- White J. A., R. J. Hart, and J. C. Fry. 1986. An evaluation of the waters pico-tag system for the amino-acid-analysis of food materials. *J. Automat. Chem.* 8:170-177.
- Zanella, I., N. K. Sakomura, F. G. Silversides, A. Figueiredo, and M. Pack. 1999. Effect of enzyme supplementation of broiler diets on corn and soybeans. *Poult. Sci.* 78:561-568.

IV – CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de α -amilase e xilanase somente na fase crescimento demonstrou ser benéfico para o desempenho de frangos de corte mesmo em rações à base de milho e farelo de soja.

A utilização da metodologia de digestibilidade ileal aparente para explicar o desempenho dos animais precisa ser aperfeiçoada com uso de diferentes indicadores ou diferentes inclusões de indicadores de indigestibilidade e outras metodologias, como coleta total, também devem ser avaliadas para que os resultados de digestibilidade sejam mais consistentes.

Mais experimentos necessitam ser realizados para avaliar a digestibilidade de diferentes rações em diferentes idades, principalmente, comparando-se a fase de 21 dias à de 42 dias, e aspectos como temperatura ambiente e o uso de enzimas também devem ser levados em consideração nesses experimentos para avaliar como esses fatores se interagem e como afetam a digestibilidade.