

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

THIAGO AUGUSTO DA CRUZ

**COMBINAÇÃO DE ENZIMAS E PELETIZAÇÃO NA
DIGESTIBILIDADE DA DIETA EM SUÍNOS NA FASE DE
CRECHE**

**CURITIBA
2016**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

THIAGO AUGUSTO DA CRUZ

COMBINAÇÃO DE ENZIMAS E PELETIZAÇÃO NA
DIGESTIBILIDADE DA DIETA EM SUÍNOS NA FASE DE
CRECHE

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre, ao Programa de Pós Graduação em Zootecnia, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dra. Simone Gisele de Oliveira

Co-orientador: Prof. Dr. José Luciano Andriguetto

FICHA CATALOGRÁFICA

C957 Cruz, Thiago Augusto da
Combinação de enzimas e peletização na digestibilidade da
dieta em suínos na fase de creche. Thiago Augusto da Cruz.
Curitiba: 2016.
46 f. il.

Orientadora: Simone Gisele de Oliveira
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná.
Setor de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em
Zootecnia.

1. Suíno – Criação. 2. Suíno. 3. Nutrição animal. I. Oliveira, Simone
Gisele de. II. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências
Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. III. Título.

CDU 636.4.084

TERMO DE APROVAÇÃO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA



PARECER

A Comissão Examinadora da Defesa da Dissertação intitulada "COMBINAÇÃO DE ENZIMAS E PROCESSAMENTO DE PELETIZAÇÃO NA DIGESTIBILIDADE DA DIETA EM SUÍNOS NA FASE DE CRECHE" apresentada pelo Mestrando THIAGO AUGUSTO DA CRUZ, declara ante os méritos demonstrados pelo Candidato, e de acordo com o Art. 79 da Resolução nº 65/09-CEPE/UFPR, que considerou o candidato apto para receber o Título de Mestre em Zootecnia, na Área de Concentração em Nutrição e Produção Animal.

Curitiba, 23 de Março de 2016.

Professora Dra Simone Gisele de Oliveira
Presidente/Orientador

Professor Dr. Alex Maionka
Membro

Dr. Everton Luis Krabbe
Membro

AGRADECIMENTOS

À Deus

Pelas bênçãos e força!

À UFPR e PPGZ

Pela oportunidade de fazer parte da primeira turma do programa.

À Prof. Simone Gisele de Oliveira

Por ter aceitado ser minha orientadora e me conduzido com maestria nessa caminhada.

Ao Prof. Alex Maiorka

Pelos conselhos, pela confiança e pela amizade.

À empresa Quimtia

Pelo patrocínio e liberação para o curso, bem como aos colegas que me auxiliaram, em especial Daniely Salvador, Maria Antoanete Brandalize Cardoso, Gruilherme Agapito, Anderson Andrade da Veiga, Nelson Pinto da Fonseca e Joaquim.

À minha família

Por todo apoio, amor, carinho e paciência. Ângela, Ana Maria, Leonilda, Ana Paula, Fernanda, Maria Eduarda, Fernando, Gabriel e Jederson, sem vocês eu não teria conseguido.

Ao LEPNAN

Por toda ajuda na condução do experimento e pela amizade, aos estagiários e pós-graduandos, em especial, Vinicius, Tabyta, Andréia, Lucas, Larissa, Daniele, Lidiane, Jean, Vivian, Cleusa e Ana Paula D. Se hoje conquisto, foi por tê-los ao meu lado.

Aos meus amigos

Agradeço por Deus ter colocado na minha vida pessoas tão especiais. De muitas formas, vocês colaboraram com essa conquista. Melisa Machado, Juliana Portes, Mylena Peres, Carlos Kulik, Rafael Chen, Gustavo Santos, Nathalie Algaier, Ronan Santos, Fernanda Piccolo, Paulo Rossi, Fernanda Moisés, Camillo Rojas, Fernanda Oliveira, Rodrigo Gouveia, Junior Gouveia, Felipe Baldo, Mariana Arruda, Juliana Trindade, Anaina Xavier, Rodrigo Bastos, Ricardo Bastos, Leandro Lisboa, Daiane Pacheco, Cristiano Ribas, Ítala Alves, Paulo Alarcón, Antônio Loução, Rosimeri Mochi, Marina Keserle e Camila Schmit.

**A TODOS QUE CONTIBUEM PARA MINHA CAMINHADA PESSOAL E
PROFISSIONAL, MEU MUITO OBRIGADO!**

EPÍGRAFE

***“Sua tarefa é descobrir o seu trabalho e,
então, com todo o coração, dedicar-se a ele.”***

Buda

COMBINAÇÃO DE ENZIMAS E PROCESSAMENTO DE PELETIZAÇÃO NA DIGESTIBILIDADE DA DIETA EM SUÍNOS NA FASE DE CRECHE

RESUMO

Com a necessidade de aumento de produção de alimentos para atender a crescente demanda mundial, tecnologias devem ser desenvolvidas para melhorar o desempenho dos animais destinados ao consumo humano. Nesse sentido, estudos com inclusão de enzimas e processamento das dietas fornecidas aos animais vêm sendo feitos a fim de melhorar a eficiência alimentar e, por consequência, o resultado zootécnico. O presente estudo objetivou avaliar a digestibilidade da dieta de suínos na fase pré-inicial de produção. Foram utilizados 24 suínos com idade média de 35 dias e pesando em média 8 kg. Os animais foram alojados individualmente em gaiolas de metabolismo e submetidos a quatro dietas experimentais. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado em arranjo fatorial 2x2, sendo duas formas físicas da dieta, peletizada ou farelada, com e sem adição de mistura enzimática comercial a base de xilanase, amilase, celulase, β -glucanase, mananase, protease e fitase. Os animais passaram por 7 dias de adaptação, seguidos por 5 dias de coleta de fezes. Foram feitas coletas totais de fezes, que foram congeladas em sacos plásticos individuais e posteriormente submetidas à análise de Matéria Seca, Proteína Bruta, Extrato Etéreo, Fibra Bruta e Energia Bruta. Com os resultados, foram calculados os coeficientes de digestibilidade aparente, na sequência, os dados foram submetidos à análise de variância e teste Tukey. Houve interação para Energia Digestível, Proteína Bruta, Matéria Seca e Extrato Etéreo. O tratamento que continha as enzimas e a peletização obtiveram aumento ($P < 0,05$) na digestibilidade comparado aos demais. Conclui-se, portanto, que a mistura de enzimas utilizada e a peletização aplicados à dieta de suínos na fase pré-inicial de produção, aumentam a digestibilidade aparente.

Palavras – chave: Carbohidrase, Enzimas Exógenas, Leitão, Nutrição Animal, Protease

ENZYMES COMBINATION AND PALLETISING PROCESSING IN DIET DIGESTIBILITY IN PIGS IN NURSERY STAGE

ABSTRACT

The need to increase food production to meet the growing global demand, technologies must be developed to improve the performance of animals intended for human consumption. Accordingly, studies involving enzymes and processing of diets fed to animals are being made to improve feed efficiency and, consequently, the zootechnical results. The present study aimed to evaluate the digestibility of the diet of pigs in the pre-initial production phase. 24 pigs with an average age of 35 days were used. The animals were housed individually in metabolism cages and subjected to four experimental diets. The design was completely randomized in a 2x2 factorial arrangement, two physical forms of diet, pelleted or mash with and without addition of commercial enzyme mixture the base of xylanase, amylase, cellulase, β -glucanase, mannanase, protease and phytase. The animals went through seven days of adaptation, followed by five days of feces collection. Total feces were collected, which were frozen in individual plastic bags and then subjected to laboratory analysis of Dry Matter, Crude Protein, Ether Extract, Crude Fiber and Digestive Energy. With the results, the apparent digestibility coefficients were calculated, as a result, the data were subjected to analysis of variance and Tukey test. The analysis of total digestibility, there was interaction for Digestive Energy, Crude Protein, Dry Matter and Ether Extract. The treatment containing the enzymes and the pelleting obtained increase ($P < 0.05$) in digestibility compared to the other. It can be concluded, therefore, that the enzyme mixture used and pelletization applied to pig diet in the pre-initial stage of production, increase in the apparent digestibility.

Key – Words: Animal Nutrition, Carbohydrases, Exogenous Enzymes, Piglet, Protease

LISTA DE ABREVIATURAS

PNA – Polissacarídeos não Amiláceos

TGI – Trato Gastrointestinal

MS – Matéria Seca

PB – Proteína Bruta

EE – Extrato Etéreo

ED – Energia Digestível

CD – Coeficiente de Digestibilidade

CDED – Coeficiente de Digestibilidade da Energia

CDMS – Coeficiente de Digestibilidade da Matéria Seca

CDPB – Coeficiente de Digestibilidade da Proteína Bruta

CDEE – Coeficiente de Digestibilidade do Extrato Etéreo

CDFB – Coeficiente de Digestibilidade da Fibra Bruta

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1- Composição das dietas fornecidas aos animais..... | 33 |
| Tabela 2 - Níveis nutricionais calculados e analisados com as dietas fornecidas aos animais..... | 34 |
| Tabela 3 - Médias dos coeficientes de digestibilidade aparente e ED, referentes às amostras totais de fezes..... | 37 |

COMITÊ DE ÉTICA



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS

CERTIFICADO

Certificamos que o protocolo número 021/2015, referente ao projeto "Blend enzimático e características físicas da dieta na digestibilidade de suínos", sob a responsabilidade de Simone Gisele de Oliveira, na forma em que foi apresentado (utilização de 24 animais e como grau B de invasividade), foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná - Brasil, em reunião realizada dia 22 de Abril de 2015.

CERTIFICATE

We certify that the protocol number 021/2015, regarding the project "Enzymatic blend and physical characteristics of diet on digestibility in pigs", under Simone Gisele de Oliveira supervision, in the terms it was presented (use of 24 animals and was classified as grade B of invasiveness), was approved by the Animal Use Ethics Committee of the Agricultural Sciences Campus of the Universidade Federal do Paraná (Federal University of the State of Paraná, Brazil) during session on April 22, 2015.

Curitiba, 22 de Abril de 2015.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'A. Portella Félix'.

Ananda Portella Félix
Presidente CEUA-SCA

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| RESUMO | 7 |
| ABSTRACT | 8 |
| LISTA DE ABREVIATURAS | 9 |
| LISTA DE TABELAS | 10 |
| COMITÊ DE ÉTICA..... | 11 |
| 1. INTRODUÇÃO | 13 |
| CAPÍTULO 1 – REVISÃO DE LITERATURA | 15 |
| POLISSACARÍDEOS NÃO AMILÁCEOS, ENZIMAS E PELETIZAÇÃO NA DIETA DOS SUÍNOS..... | 15 |
| 2. REVISÃO DE LITERATURA..... | 16 |
| 2.1 POLISSACARÍDEOS NÃO AMILÁCEOS | 16 |
| 2.2 ENZIMAS NAS DIETAS DE SUÍNOS | 18 |
| 2.3 PELETIZAÇÃO E DIGESTIBILIDADE EM SUÍNOS..... | 21 |
| 2.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 22 |
| 2.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 23 |
| CAPITULO 2..... | 29 |
| ARTIGO CIENTÍFICO..... | 29 |
| ENZIMAS EXÓGENAS E PELETIZAÇÃO AUMENTAM A DIGESTIBILIDADE DA DIETA EM SUÍNOS NA FASE PRÉ INICIAL | 29 |
| RESUMO | 30 |
| ABSTRACT | 30 |
| 3. INTRODUÇÃO | 31 |
| 4. MATERIAL E MÉTODOS..... | 32 |
| 4.1 ANIMAIS | 32 |
| 4.2 LOCAL E INSTALAÇÕES | 32 |
| 4.3 DIETAS EXPERIMENTAIS | 33 |
| 4.4 COMPOSIÇÃO DA MISTURA DE ENZIMAS..... | 35 |
| 4.5 COLETA DE DADOS | 36 |
| 4.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA..... | 36 |
| 4.7 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 37 |
| 5. CONCLUSÕES | 40 |
| 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 41 |

1. INTRODUÇÃO

A produção de carne suína no Brasil em 2014 foi de 3.472 mil toneladas, segundo a Associação Brasileira de Proteína Animal, contra 3.43 mil toneladas em 2013.

Um dos fatores que influenciaram o aumento da produção de carne suína foi o desenvolvimento de tecnologias. Nesse sentido, os avanços na genética e nutrição animal aparecem como fatores decisivos no desenvolvimento da cadeia produtiva.

Assim como todos os animais, o crescimento dos suínos está intimamente ligado ao suprimento de nutrientes através da alimentação. Portanto, o desenvolvimento de pesquisas nesse sentido, melhoram o desenvolvimento, eficiência e desempenho dos animais.

O desmame dos suínos acontece de maneira precoce, entre os 21 e 28 dias de idade, com peso médio variando entre 5 e 7 kg. Nessa fase, o desenvolvimento do trato gastrointestinal (TGI) ainda não está completo e, portanto, os animais não apresentam capacidade de digerir eficientemente os alimentos que são fornecidos.

Diante disso, é necessário fornecer dietas que apresentem alta digestibilidade e utilizar tecnologias que ajudem o TGI digerir e absorver os nutrientes.

Com esse objetivo, o estudo com enzimas exógenas e processamento das dietas vem trazendo bons resultados no que diz respeito a melhor digestibilidade dos alimentos fornecidos aos animais.

As enzimas exógenas são adicionadas com intuito de melhorar o aproveitamento das frações da dieta cujas enzimas endógenas não são capazes de hidrolisar, como por exemplo, a xilanase hidrolisando os xilanos. Porém, algumas enzimas como a amilase e as proteases, são adicionadas como complemento às enzimas endógenas, melhorando a hidrólise dos seus substratos.

O uso de misturas enzimáticas tem por objetivo aumentar a capacidade de digestão dos animais de mais de uma fração não digestível, havendo complemento entre elas. Ou seja, hidrolisando um carboidrato não digestível, libera-se outras frações

ligadas à eles, como as proteínas e lipídeos que estarão disponíveis para ação das demais enzimas, tanto endógenas quanto exógenas.

As enzimas mais utilizadas são as fitases e carboidrases. A liberação do fósforo fítico com o uso das fitases diminui o custo da ração e impacto ambiental do fósforo excretado nas fezes. Já as carboidrases são utilizadas com foco no ganho energético, as enzimas comerciais liberam entre 40 e 90 kgcal, dependendo dos substratos utilizados.

Outra forma de melhorar a digestibilidade de algumas frações da dieta como as proteínas e o amido é o processamento das dietas, em linhas gerais, devido o aquecimento e umidificação da dieta, acontece um rompimento físico dos nutrientes, facilitando a ação enzimática.

Existem muitos estudos com a utilização de misturas enzimáticas e processamento na nutrição de suínos, entretanto, os resultados são bastante divergentes e poucos relatam a interação entre as duas tecnologias.

Dessa maneira, o objetivo desse trabalho é verificar a ação de uma mistura de enzimas nas frações não digestíveis na dieta, bem como a influência do processo de peletização e suas interações, na digestibilidade de suínos na fase de creche.

CAPÍTULO 1 – REVISÃO DE LITERATURA

**POLISSACARÍDEOS NÃO AMILÁCEOS, ENZIMAS E PELETIZAÇÃO NA DIETA
DOS SUÍNOS**

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 POLISSACARÍDEOS NÃO AMILÁCEOS

As dietas que compõe a alimentação dos suínos são baseadas, em sua maioria, em ingredientes de origem vegetal. Devido a isso, uma série de fatores anti-nutricionais é fornecida aos animais, como polissacarídeos não amiláceos (PNA), fitato e fatores inibidores de tripsina (ADEOLA E COWIESON, 2011).

Os PNA são os principais constituintes da parede celular dos alimentos de origem vegetal e suas ligações químicas impedem sua hidrólise no trato gastrointestinal dos animais não ruminantes. Essa fração tende a diminuir a capacidade de digestão dos nutrientes devido a características físicas, por absorverem água, formam uma substancia gelatinosa no trato gastrointestinal (CONTE et al., 2003).

Devido a essa característica, os PNA têm a capacidade de aumentar a viscosidade do quimo, diminuindo a taxa de passagem dos alimentos no trato digestório (PENZ, 1998). Com essa maior viscosidade, os nutrientes como os lipídeos, amido e proteínas, se tornam menos acessíveis e disponíveis às enzimas endógenas. Assim, a taxa de difusão entre substratos e enzimas digestivas fica diminuída, o que impede sua interação na superfície da mucosa intestinal levando ao comprometimento da digestão e da absorção de nutrientes (CHOCT, 2001).

Para Choct et al. (2004), a viscosidade da digesta também interfere na microbiota intestinal e nas funções fisiológicas do intestino, como resultado disto, a elevada viscosidade do bolo alimentar, pode causar amolecimento das fezes devido a menor eficiência na absorção de água.

O termo PNA, refere-se a moléculas de polissacarídeos com exceção do amido. São classificados em 3 grupos: Celulose, polímeros não celulósicos (pentosanos, arabinoxylanos, xylanos, β -Glucanos) e polissacarídeos pécticos (glicomananos, galactomananos, arabinanos, xiloglucanos e galactanos), entre outras moléculas. A atividade anti-nutritiva dos PNA pode ser diminuída com o uso de enzimas na dieta, as

quais causarão despolimerização, auxiliando a digestão dos polissacarídeos (SAID 1996).

O aumento da viscosidade e higroscopicidade dos PNA estão particularmente relacionados com o seu conteúdo de hemiceluloses e pectinas.

As hemiceluloses caracterizam-se como heteropolissacarídeos de estrutura complexa e heterogênea, mas com grau de polimerização inferior ao da celulose. São unidas por ligações glicosídicas β , aliados a açúcares residuais como xilose, arabinose, glicose, manose, galactose e ácido glucurônico. Assim, as hemiceluloses podem ser classificadas em pentosanas contendo polímeros de D-xilose unidos por ligações β -1,4 contendo cadeias laterais curtas de arabinose, ácido glucurônico, galactose e mesmo glicose (xilanos); ou contendo resíduos de galactose unidos por ligações β -1,3 e β -1,6 cujas cadeias laterais são formadas por arabinose (arabinogalactanos). As hemiceluloses também são classificadas em hexanos contendo predominantemente glicose e manose unidas por ligações β -1,4 (mananos), polímeros compostos de resíduos de glicose unidos por ligações β -1,3 e β -1,4 (β -glicanos) que se diferenciam da celulose pela solubilidade em meio alcalino, e os polímeros compostos por unidades de glicopirranose unidas por ligações β -1,4 contendo cadeias laterais de xilanopirranose unidas por ligações α -1,6 (xiloglicanos) (VAN SOEST, 1994; BRETT; WALDRON, 1996).

Já as pectinas, segundo os mesmos autores, são polímeros do ácido 1,4- β -D-galacturônico que se encontram principalmente na lamela média e parede primária da célula vegetal, atuando como elemento aglutinante entre membranas. A cadeia helicoidal de ácidos galacturônicos possivelmente está associada lateralmente com arabinoxilanos e galactomananos, sendo que os grupamentos ácidos estão geralmente combinados com sais de cálcio e metil-ésteres. As pectinas diferem das moléculas amiláceas pela posição axial da ligação no carbono-4, não sendo atacadas pelas amilases, porém, são susceptíveis a ação microbiana.

O milho e o farelo de soja, embora apresentem boa digestibilidade, não são 100% disponíveis aos suínos. O milho contém entre 9,7 e 10,3% de polissacarídeos não-amiláceos totais (DIERICK & DECUYPERE, 1994), principalmente arabinoxilanos e celulose (BACH KNUDSEN, 1997). Já na soja, cerca de 19,2% dos carboidratos são

PNA (CHOCT, 2001), sendo justamente nessas frações que são observadas as ações das enzimas.

2.2 ENZIMAS NAS DIETAS DE SUÍNOS

Enzimas são proteínas globulares de estrutura terciária ou quaternária que agem como catalisadores biológicos e podem conter outras substâncias tais como vitaminas e minerais como cofatores (LEHNINGER et. al., 2008). Estão envolvidas em todas as vias do processo metabólico do organismo animal, e já na década de 50, cientistas pioneiros adicionaram amilases e proteases na dieta de vários animais de produção e observaram benefícios na produtividade (ADEOLA E COWIESON, 2011).

Assim, a utilização de enzimas exógenas surgiu como uma alternativa para aumentar o valor nutritivo de ingredientes alimentares que possuem baixa digestibilidade e/ou apresentem significativa fração de fatores antinutricionais, que não são hidrolisados pelas enzimas digestivas dos suínos (FURLAN et al., 1997).

Nesse contexto, as enzimas mais comumente adicionadas na nutrição de animais não ruminantes, em ordem de importância, são a fitase, carboidrases e proteases (ADEOLA E COWIESON, 2011).

Partindo do pressuposto que as dietas de suínos no Brasil são formuladas à base de ingredientes de origem vegetal, geralmente grãos de cereais, que possuem mais da metade do fósforo sob a forma de fitato, com disponibilidade biológica variando entre 18 e 60% (CROMWELL, 1980; CORLEY et al., 1980), a utilização de fitase se justifica. Dessa forma, dentre vários fatores, observa-se menor impacto ambiental pela eliminação de fósforo nas fezes. Além disso, com a fitase aumentando a disponibilidade do fósforo fítico dos ingredientes das rações dos suínos, reduz-se a necessidade de suplementação de fósforo inorgânico nas dietas. Além do fósforo, o fitato complexa cátions como o Cálcio, Zinco, Ferro, Manganês e outros (NEWMANN, 1994) e, com a melhora na utilização do fósforo fítico, haverá, também, melhor utilização destes cátions.

As enzimas fitase e algumas fosfatases têm sido isoladas no trato gastrointestinal de suínos. Entretanto, as quantidades são insuficientes ou o meio intestinal não é apropriado para permitir uma hidrólise mais eficiente dos grupos ortofosfatos da molécula de fitato (CROMWELL, 1980). O uso de fitases tem demonstrado sua importância em melhorar a eficiência de utilização do fósforo fítico por animais não-ruminantes e, assim, reduzir a suplementação de fósforo mineral, o que proporcionará redução de 20 a 30% do Fósforo excretado nas fezes (SIMONS et al. 1990).

Bom como as fitases, também são observados ganhos em digestibilidade utilizando proteases, pois potenciam o uso de proteínas pobremente disponíveis e proteínas com fator anti-nutricional (CLASSEN, 1996). Segundo Rezende et al., (2012), enzimas exógenas, como proteases na dieta de suínos, auxiliam as enzimas endógenas na digestão, ou ainda podem digerir nutrientes que a princípio não são disponíveis, os autores anteriormente citados, observaram diminuição na excreção de nitrogênio nas fezes de leitões submetidos a proteases. Entretanto, os mesmos autores não encontraram diferenças para digestibilidade de matéria seca, proteína bruta e energia metabolizável de farelo de algodão com a utilização de protease. Porém, vale salientar que resultados negativos para a utilização de enzimas podem ser observados quando não se considera a necessidade de utilizar a enzima ideal para o substrato.

Easter, (1988) também demonstrou resultados positivos com a utilização de enzimas, observando aumento na capacidade digestiva de matéria seca e nitrogênio em leitões nas fases pré iniciais, submetidos à dietas à base de milho e farelo de soja devido a inclusão de proteases e amilases. Bem como Teixeira et al., (2005), que concluíram que o nível de 21% de proteína bruta e a adição de níveis crescentes de enzimas proteases e carboidrases em rações à base de milho e farelo de soja para suínos na fase de creche, melhoram seu desempenho.

De maneira semelhante, diversos outros autores observaram ação positiva da inclusão de proteases em dietas à base de milho e soja, sobre digestibilidade, excreção de nitrogênio e viabilidade econômica, em suínos (FERKET, 1996, WOODGATE, 1994, HANNAS & PUPA, 2003).

Porém, contrariando o exposto, outros autores não encontraram efetividade do uso de enzimas proteases e complexos enzimáticos na nutrição de suínos (NERY et al., 1997a,b, NERY et al., 2000, OFFICER, 1995, COSTA et al. 1984).

Vale salientar que essa não efetividade pode ter sido observada porque, para Penz Jr., (1998) as enzimas exógenas devem ser capazes de ultrapassar as condições ácidas e enzimas proteolíticas do estômago dos suínos, precisam ser fornecidas nas quantidades corretas e conter os substratos específicos.

Outra classe de enzimas adicionas à nutrição de não-ruminantes são as carboidrases. Essas enzimas auxiliam na degradação dos carboidratos presentes na dieta. Algumas delas são complementares às enzimas endógenas, como a amilase, entretanto, outras enzimas exógenas podem ser fornecidas aos não ruminantes a fim de hidrolisar frações não disponíveis, como os PNA insolúveis, a celulose, e PNA solúveis, em especial os arabinoxilanos e β -glucanos.

Li et. al., (1996) encontraram aumento na digestibilidade das fibras das dietas para suínos na fase pré-inicial, ao adicionar carboidrases, com aumento na Energia Digestível (ED), Proteína Bruta (PB) e Matéria Seca (MS). Os autores explicaram que é possível observar aumento na digestibilidade em animais nas fases pré-iniciais, com adição de carboidrases, por apresentarem ineficácia da digestão de fibras devido ao desenvolvimento intestinal ainda incompleto. Em animais em crescimento e terminação, Graham et al. (1989) não observaram diferença na digestibilidade das fibras com inclusão de carboidrases, e atribuíram ao fato dos animais apresentarem intestino grosso desenvolvido e por consequência, apresentarem digestão das fibras por fermentação.

Além de aumento em digestibilidade, Yin et al., (2008) encontraram diminuição na viscosidade intestinal de leitões quando suplementados com carboidrases. Jensen et al., (1998) e Yin et al., (2001) também observaram diminuição na viscosidade intestinal devido a inclusão de carboidrases.

Diversos outros autores descreveram respostas positivas da inclusão de carboidrases nas dietas de suínos (NORTEY, 2007, OLUKOSI 2007a, DUBOLD, 2004).

2.3 PELETIZAÇÃO E DIGESTIBILIDADE EM SUÍNOS

O desenvolvimento das tecnologias de processamento dos ingredientes e dietas tais como a peletização, tem crescido consideravelmente nos últimos anos e tem sido um dos fatores que auxiliaram a consolidação da produção de dietas comerciais na nutrição animal (BOOTH et al., 2000).

A peletização é um processo que consiste na compactação mecânica da dieta dentro de uma câmara de prensagem, forçando a passagem da mistura de ingredientes que compõe a mesma, por meio de orifícios existentes em um anel externo chamado de matriz (COELHO, 1997). A matéria-prima utilizada neste processo passa por aquecimento entre 60 a 90°C, pelo atrito mecânico sofrido durante a prensagem da ração e pelo uso prévio de vapor (MILLÁN et al., 1987).

Os principais objetivos da peletização são: diminuição do desperdício de ração, redução da segregação de ingredientes, melhora na preferência alimentar pelos animais, facilidade de apreensão da dieta, aumento da energia produtiva em função do menor tempo gasto para consumo e aumento da digestibilidade de diferentes frações da dieta (BEHNKE 1994). Além disso, promove a redução da contaminação por fungos, salmonelas e outros microrganismos (ESMINGER, 1992).

O aumento na digestibilidade da dieta causado pela peletizada está relacionado a estrutura dos ingredientes utilizados. Este aumento ocorre devido à pressão, umidade e temperatura, que favorecem a desagregação dos grânulos de amilose e amilopectina facilitando a ação das enzimas, aumentando a digestibilidade dos carboidratos, assim como das proteínas por alterar suas estruturas terciárias (MORAN, 1987; DOZIER, 2001).

O amido é a principal fonte energética utilizada na nutrição animal e a sua quantificação em grãos de cereais pode ser utilizada como indicativo indireto de valor nutricional (SILVA, 2002). Sob aquecimento, inicia-se o processo de quebra das pontes de hidrogênio, que unem as frações internas do amido, desaparecendo sua estrutura cristalina e granular. As cadeias de amido liberadas absorvem a água disponível, provocando o intumescimento dos grânulos, que aumentam de tamanho. Este processo

é denominado “gelatinização” (CICHELO et al., 2008). A melhoria na utilização do amido é dependente da origem do amido, das condições do processo de peletização e da espécie animal (THEURER, 1986).

Em se tratando em consumo, em relação à forma física da dieta, Skoch et al. (1983) avaliaram a preferência dos suínos por diferentes formas físicas das rações e observaram que os animais preferiram ingerir a dieta peletizada à farelada.

A preferência no consumo de dietas peletizadas, somado a maior biodisponibilidade dos nutrientes e melhor uniformidade dos componentes da dieta, proporciona melhor desempenho aos suínos.

Nesse contexto, Traylor et al. (1996), Garcia e Silveira (1995), Hansen et al. (1992), dentre outros autores, observaram aumento no ganho de peso e diminuição na conversão alimentar de suínos alimentados com dietas peletizadas em comparação à dietas fareladas.

2.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os leitões são desmamados antes do completo desenvolvimento do TGI, nessa fase, a acidificação do estômago e a produção enzimática endógena, não são totalmente eficientes para digerir a dieta. Portanto, a utilização de enzimas exógenas e a peletização são artifícios viáveis para auxiliar na digestibilidade.

A associação de enzimas exógenas permite ganhos em várias frações da dieta, pois agem em conjunto. As carboidrases, além de liberar açúcares, diminuem a viscosidade, facilitando a ação das proteases e demais enzimas endógenas. Assim, obtém-se uma sinergia no uso de várias enzimas.

Devido à estrutura e composição dos grãos utilizados na alimentação animal, peletizar a dieta favorece a ação das enzimas, pois libera os substratos.

2.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, K.L.; JENSEN, A.H. Comparative utilization of in-seed fats and the respective extracted fats by the young pig. **Journal Animal Science**, v. 59, p. 1557-1566, 1984.

ADEOLA O. AND COWIESON A. J. Enzymes to improve nonruminant animal production. BOARD-INVITED REVIEW: Opportunities and challenges in using exogenous doi: 10.2527/jas.2010-3715 originally published online April 21, **2011 J ANIM SCI 2011**, 89:3189-3218.

ALBUQUERQUE, C. A. N. Desempenho de um extrusor nacional com base na caracterização física e físico-química de produtos extrusados de milho. 1985. **Dissertação (Mestrado) – ESAL**, Lavras, 1985.

ASSOCIATION OF THE OFFICIAL ANALITICAL CHEMISTS – AOAC – **Official and tentative methods of analysis**, 16.ed. Alirgton, Virginia: AOAC International, 1995.

ARRUDA A.M.V., PEREIRA E.S., MIZUBUTI I.Y. & SILVA L.D.F. 2003. **Semina: Ciências Agrárias** 24:181-190.

BACHKNUDSEN, K.E. Carbohydrate and lignin contents of plant materials used in animal feeding. **Animal Feed Science and Technology**, v.67, p.319 - 338, 1997.

BEDFORD, M.R. Exogenous enzymes in monogastric nutrition - their current value and future benefits. *Animal Feed Science and Technology*, v.86, p.1-13, 2000.

CLASSEN. H. Enzymes in action. **Feed Mix**, v. 4, n. 2. 1996

BEHNKE, K. Factors affecting pellet quality. In: **Maryland Nutrition Conference**, College of Agriculture, University of Maryland. Proceedings... p.44-54, 1994.

BILIADERIS, C.J. The structure and interactions of starch with food constituents. **Canadian Journal of Physiology and Pharmacology**. V. 69, p. 60-78, 1991.

BOOTH, M. A. Effects of grinding, steam conditioning and extrusion of practical diet on digestibility and weight gain of silver perch, **Bidyanus bidyanus**. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 182, p. 287 – 299, 2000.

BRETT, C. T.; WALDRON, K.W. Physiology and biochemistry of plant cell walls. 2thed. **Cambridge C&H Books**, 1996.0.

CICHELO, M. S. F.; PAVANELLI, A. P.; PALMA, E. J.; ANDRADE, M. A. Alternativas de emulsificantes para a Qualidade de massas alimentícias. **Artigo técnico Oxiteno S/A Indústria e Comércio**, 2008.

CHAE B. J.; KANG H.I.; and CHUNG Y. K. Growth performance and nutrient digestibility in weaned pigs: the effect of pelleted and extrusion of a diet containing a milk product. **Ann. Anim. Resources Sci.** v.8, p.74-82, 1997.

CHEFTEL, J. C. Nutritional effects of extrusion cooking. **Food Chemistry**, v. 20, n. 4, p. 263-283, 1986.

CHOCT M. 2001. Enzyme supplementation of poultry diets based on viscous cereals. In: Bedford, M.R. & Partridge, G.G. (ed.) **Enzymes in farm animal nutrition**. Oxford, CAB Publishing.

CHOCT M., KOCHER A., WATERS D.L.E., ET AL. 2004. A comparison of three xylanases on the nutritive value of two wheats for broiler chickens. **Brit. J. Nut.** 92:53-61.

CLASSEN, H. L. 1996. Cereal grains starch and exogenous enzymes in poultry diets. **Animal Feed Sci. Tec.**, 62: 21 – 27.

COELHO, S. R. C. Situação atual e perspectivas da indústria de rações para organismos aquáticos em 1997. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE PEIXES, 1997, Piracicaba. **Anais...**Campinas: CBNA, 1997. p.102-116.

CONTE A.J., TEIXEIRA A.S., FIALHO E.T., SCHOULTEN N.A. & BERTECHINI A.G. 2003. Efeito da Fitase e Xilanase sobre o Desempenho e as Características Ósseas de Frangos de Corte Alimentados com Dietas Contendo Farelo de Arroz. **Rev. Bras. Zootec.** 32:1147-1156.

CORLEY, J.R., BAKER, D.H., EASTER, R.A. 1980. Biological availability of phosphorus in rice bran and wheat bran as affected by pelleting. **J. Anim. Sci.**, 50(2):286-292.

COSTA, V., FIALHO, E.T., FREITAS, A.R. Níveis de energia em rações para suínos nas fases de crescimento e terminação. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 21, Belo Horizonte, 1984. **Anais...** Belo Horizonte, 1984. p.213.

CROMWELL, G.L. 1980. Biological availability of phosphorus for pigs. **Feedstuffs**, 52(9):38-42.

DIEBOLD, G.; MOSENTHIN, R.; PIEPHO, H.P. et al. Effect of supplementation of xylanase and phospholipase to a wheat-based diet for weanling pigs on nutrient digestibility and concentrations of microbial metabolites in ileal digesta and feces. **Journal of Animal Science**, v.82, p.2647-2656, 2004.

DIERICK, N.A.; DECUYPERE, J.A. Enzymes and growth in pigs. In: Cole, D.J.A.; Wiseman, J.; Varley, M.A. (Eds). **Principles of pig science**. Nottingham: Nottingham University Press, 1994. p.169-195.

- DOZIER, W.A. Cost-effective pellet quality for meat birds. *Feed Management*, v. 52 (2), 2001.
- EASTER, R.A. Acidification of diets for pig. In: *RECENT ADVANCE IN ANIMAL NUTRITION*, London, 1988. **Anais...**London: Haresing and Cole, 1988. p.61-71
- ENSMINGER, M.E. Poultry science. 3 Th ed. Danville: **Interstate Publishers**, 1992. 469 p.
- FERKET, P. Enzymes offer way to reduce waste, improve performance. **Feedstuffs**, v.1, p.30-34, 1996.
- FIREMAN, F.A.T.; FIREMAN, A.K.B.A.T. Enzimas na alimentação de suínos. **Ciência Rural**, v.28, n.1, p.173-178, 1998.
- FURLAN, A.C.; FRAIHA, M.; MURAKAMI, E. et al. Utilização de complexo enzimático em dietas de frangos de corte com triticales. 1. Ensaio de digestibilidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.26, n.4, p.759-764,1997.
- GARCIA, G. G.; SILVEIRA, J. C. G. Comparação entre formas físicas da ração no desempenho de leitões do desmame aos setenta dias de idade. *Ciência Rural*, v.25(1), p. 151-156, 1995.
- GRAHAM, H., J. G. FADEL, C. W. NEWMAN, AND R. K. NEWMAN. 1989. Effect of pelleting and b-glucanase supplementation on the ileal and fecal digestibility of a barley-based diet in the pig. **J. Anim. Sci.** 67:1293.
- HANNAS, M.I.; PUPA, J.M.R. Enzimas: uma alternativa viável para enfrentar a crise na suinocultura. **Revista PorkWorld**, Ano 2, n.13, p.48-51, 2003
- HANSEN, J. A.; NELSSON, J. L.; TOKACH, M. D. et al. Effects of a grind and mix high nutrient density diet on start pig performance. **J. Anim. Sci.**, Savoy, v.70 (Suppl.1), 1992.
- JENSEN, M. S., K. E. BACH KNUDSEN, J. INBORR AND K. JAKOBSEN. 1998. Effect of β -glucanase supplementation on pancreatic enzyme activity and nutrient digestibility in piglets fed diets based on hulled and hulless barley varieties. **Anim. Feed Sci. Technol.** 72:329-345.
- LAWRENCE, T. L. J. Processing and preparation of cereal for pig diets. In: COLE, D. J. A.; HARESIGN, W. **Recent developments in pig nutrition**. London: Butterworths, 1985. p. 230-245
- LEHNINGER, A. L. & NELSON, D. L. & COX, M. M. - *Princípios de Bioquímica*. São Paulo, Sarvier, 2008. pp 33-34; 238

LI, S., W. C. SAUER, S. X. HUANG, AND V. M. GABERT. 1996. Effect of β -glucanase supplementation to the hullless barley- or wheat-soybean meal diets on the digestibilities of energy, protein, β -glucans, and amino acids. **J. Anim. Sci.** 74:1649-1656.

LUNDBLAD, K.K.; ISSA, S.; HANCOCK, J. D. et al. Effects of steam conditioning at low and high temperature, expander conditioning and extruder processing prior to pelleting on growth performance and nutrient digestibility in nursery pigs and broiler chickens. **An Feed Sci and Tech**, v.169, p. 208-217, 2011.

MILLÁN, L. M.; HERRERO, A. V.; GUERRERO, I. C. Tecnología de fabricación de piensos para la acuicultura em 1987. In: MONTEROS, J. E. DE LOS.; LABARTA, U. ALIMENTACION EM AQUICULTURA, 1987, Madri: **Comisión Asesora de Investigación Científica y Técnica**, 1987. p.131-166.

MORAN, E.T. Pelleting affects feed and its consumption. **World Poultry**, v.5, p.30-31, 1987.

MOREIRA, I.; ROSTAGNO, H. S.; SILVA, M. A.; TAFURI, M. L. Uso de ração farelada ou peletizada quando se utiliza milho pré-cozido na alimentação de leitões. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 1, p.100-107, 1995

NERY, V.L.H.; LIMA, J.A.F.; FIALHO, E.T. Efeito da adição de enzimas na ração sobre a digestibilidade em leitões. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34., 1997, Juiz de Fora. **Anais**. Juiz de Fora, Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1997a. p.88-89.

NERY, V.L.H.; LIMA, J.A.F.; FIALHO, E.T. Efeito da adição de enzimas na ração sobre o desempenho de leitões em recria. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34., 1997, Juiz de Fora. **Anais**: Juiz de Fora, Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1997b. p.143-145.

NERY, V.L.H.; LIMA, J.A.F.; NELO, R.C.A. Adição de enzimas exógenas para leitões dos 10 aos 30 kg de peso. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.3, p.794-802, 2000.

NEWMANN, C.W. The U.S. marker for feed enzymes: what opportunities exist? In: ALLTECH'S ANNUAL SYMPOSIUM, 1994, 10, Nicholasville. Proceedings. Nicholasville, **Alltech Technical Publications**, 1994. p.99-116.

NORTEY, T.N.; PATIENCE, J.F.; SIMMINS, P.H.; TROTTIER, N.L.; ZIJLSTRA, R.T. Effects of individual or combined xylanase and phytase supplementation on energy, amino acid, and phosphorus digestibility and growth performance of grower pigs fed wheat-based diets containing wheat millrun. **Journal of Animal Science**, v.85, p.1432-1443, 2007.

OFFICER, D.I. Effect of multi-enzyme supplements on the growth performance of piglets during the pre and post-weaning periods. **Animal Feed Science Technology**, v.56, p.55-65, 1995.

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

PENZ JR., A.M. Enzimas em rações para aves e suínos. Reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia, 35. 1998, Botucatu. Anais... Botucatu: **Sociedade Brasileira de Zootecnia**, 1998. p.165-178.

REZENDE, I. M. B. L; DUTRA, W. M. J; REZENDE, F M; PALHARES L. O.; LUDKE M. C. M. M; RABELLO, C. B. V. Digestibility of the cottonseed meal with or without addition of protease and phytase enzymes in swine diet **Acta Sci., Anim. Sci.** vol.34 no.3 Maringá July/Sept. 2012

ROTTER, B. A. The future of crude enzyme supplements in pig nutrition. **Pig News Information** v, 11. N, 1. Pag 111-116, 1990.

ROSTAGNO, H. S. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. Viçosa: UFV, 2000.

SILVA, L. P. Composição química de trigo e de aveia e efeito dos teores e proporções de fibra alimentar sobre a resposta biológica de frangos de corte e ratos. 2002. Tese (**Doutorado em Zootecnia**)–**Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre, 2002.

TEIXEIRA, A. O; LOPES D C ; ARAÚJO FERREIRA V P; PENA S M; NOGUEIRA E T; BÜNZEN M J A S; NERY L R .Utilização de enzimas exógenas em dietas com diferentes fontes e níveis de proteína para leitões na fase de creche. **R. Bras. Zootec.** vol.34 no.3 Viçosa May/June 2005.

THEURER, C. B. Grain processing effects on starch utilization by ruminants. **Journal of Animal Science**, v.63, p.1649-62, 1986.

TRAYLOR S. L., S. L. JOHNSTON, K. C. BEHNKE, J. D. HANCOCK, P. SORRELL, J. R. FROESTSCHNER, F. J. FAIRCHILD, R. H. HINES. Diet complexity and conditioning method affect growth performance and nutrient digestibility in nursery pigs. **Journal of Animal Science**, p. 72, 1996.

WOADGATE, S.I. The use of enzymes in designing a perfect protein source for all animals, p 67-81. in: **Biotecnology in the feed industry**. Lyons, T. P. Alltech Technical Publications, Nicholasville, Ky, 1994.

SAID, N. W. Extrusion of alternative feed ingredients: An environmental and nutritional solution. **J. App. Poultry Res.** 5:395-407. 1996.

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

SKOCH, E. R.; BINDER, S.F.; DEYOE, C. W. et al. Effects of pelleting conditions on performance of pigs fed a corn-soybean meal diet. *J. Anim. Sci.*, v. 57, p. 922-928, 1983.

SIMONS, P.C.M., VERSTEEGH, H.A.J. 1990. Improvement of phosphorus availability by microbial phytase in broilers and pigs. **Br. J. Nut.**, 64(2):525-40.

VAN KEULEN, J; YOUNG, B. A.Evaluation of acid insoluble ash as natural marker in ruminant digestibility studies. **Journal of animal Science**, v.44, p 282-284, 1997.

VAN SOEST, P.J. Carbohydrates. In: **NUTRITIONAL ecology of the ruminant. 2.ed.** New York: Cornell University, 1994. p.164.

YIN, Y. L., S. K. BAIDOO, L. Z. JIN, Y. G. LIU, H. SCHULZE AND P. H. SIMMINS. 2001. The effect of different carbohydrase and protease supplementation on apparent (ileal and overall) digestibility of nutrients of five hullless barley varieties in young pigs. **Livest. Prod. Sci.** 71:109-120.

CAPITULO 2

ARTIGO CIENTÍFICO

**ENZIMAS EXÓGENAS E PELETIZAÇÃO AUMENTAM A DIGESTIBILIDADE DA
DIETA EM SUÍNOS NA FASE PRÉ INICIAL**

Enzimas Exógenas e Peletização Aumentam a Digestibilidade da Dieta em Suínos na Fase Pré Inicial

RESUMO

Com objetivo de verificar a digestibilidade de dietas comerciais na fase pré-inicial de leitões, submetidas à inclusão de uma mistura de enzimas e ou peletização, foram utilizados 24 suínos machos, castrados, com idade média de 35 dias e peso médio de 8 kg. Os animais foram alojados individualmente em gaiolas de metabolismo e submetidos a quatro tratamentos: Ração farelada, ração farelada com enzimas, ração peletizada e ração peletizada com enzimas. Após adaptação de sete dias, foram coletadas fezes por cinco dias para os ensaios de digestibilidade. O método de coleta foi de coleta total de fezes. Houve interação para Energia digestível, Proteína Bruta, Matéria Seca e Extrato Etéreo. O tratamento que continha as enzimas e a peletização obteve aumento ($P < 0,05$) em todos os parâmetros na digestibilidade comparado aos demais. Portanto, a mistura de enzimas testada e a peletização podem ser utilizados como artifícios ao aumento da digestibilidade de dietas comerciais, para leitões na fase pré- inicial.

Palavras-chave: Blend Enzimático, Leitões, Nutrição Animal, Processamento

Exogenous Enzymes and Pelletizing Increase Diet Digestibility of Pigs in Pre Initial Phase

ABSTRACT

Aiming verify the digestibility of commercial diets in pre-initial phase piglets, submitted to include an enzyme blend and or pelletization, were used 24 castrated male pigs, with average age of 35 days. The animals were housed individually in metabolism cages and subjected to four treatments: mash feed, mash diet with enzymes, pelleted feed and pelleted feed with enzymes. After adjustment of seven days, feces were collected for five days for digestibility trials. The method of collect was total feces collect. There was interaction for Energy Digestibility, Crude Protein, Dry Mater and Ether Extract. The treatment containing the enzymes and the pelleting obtained increase ($P < 0.05$) in digestibility compared to the other. Therefore, the tested enzyme blend and pelletization can be used as devices to increase the digestibility of commercial diets for piglets in pre initial stage.

Key words: Animal Nutrition, Enzyme Blend, Piglets, Processing

3. INTRODUÇÃO

A digestibilidade das dietas fornecidas aos suínos é dependente de uma série de fatores, o desenvolvimento do trato gastrointestinal e a qualidade e tipos de matérias primas estão entre os mais importantes.

O desmame precoce, em torno dos 21 dias de idade dos leitões, acontece antes do desenvolvimento fisiológico intestinal completo dos animais. Aos 35 dias de vida, embora já apresentem melhor desenvolvimento, sua capacidade de digestão ainda não está plena. Portanto, nessa fase, os animais ainda não estão aptos ao recebimento de dieta à base de grãos e cereais. Além da capacidade física limitada do estômago e do intestino delgado, os leitões recém-desmamados têm insuficiente secreção de enzimas digestivas, o que compromete a digestão e a absorção adequada de nutrientes (MOLLY, 2001).

Contribuindo negativamente com esse estado fisiológico, as matérias-primas utilizadas na nutrição dos animais domésticos, como o farelo de soja e milho podem apresentar fatores antiqualitativos, como o fitato, os polissacarídeos não amiláceos e inibidores de tripsina, que podem diminuir o aproveitamento dos nutrientes pelos animais.

Diante deste cenário, a fim de minimizar esses efeitos, a inclusão de enzimas exógenas e processamento das dietas como a peletização, se justificam.

As enzimas hidrolisam frações específicas dos nutrientes, onde as enzimas endógenas não são capazes de agir, além de aumentar a digestibilidade de frações da dieta como amido e proteínas, pois são complementares às enzimas endógenas.

Utilizar uma mistura de enzimas favorece a digestão, pois elas são complementares. As carboidrases liberam açúcares de complexos de carboidratos, como os xilanos, que têm capacidade de aumentar a viscosidade, com a digestão dessa fração, a digesta fica mais suscetível às ações das demais enzimas, tão exógenas, como as endógenas. Por isso, observa-se sinergia.

Já a peletização modifica as características físicas dos nutrientes que compõe a dieta, facilitando a digestão. Com o aumento da temperatura e emprego de pressão e

umidade, os grânulos de amilose e amilopectina perdem suas características granulares, bem como altera-se as estruturas terciárias das proteínas, favorecendo a ação enzimática.

Portanto, objetivou-se verificar o efeito da peletização e da inclusão de uma mistura de enzimas, na digestibilidade de matéria seca, energia digestível, proteína bruta, fibra bruta e extrato etéreo de uma dieta comercial para suínos aos 35 dias de idade.

4. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná (CEUA-SCA/UFPR), n. 021/2015.

4.1 ANIMAIS

Foram utilizados 24 leitões mestiços Landrace x Large White, desmamados aos 21 dias e mantidos em baia de alvenaria até os 35 dias de idade, machos, castrados e vacinados.

4.2 LOCAL E INSTALAÇÕES

O estudo foi conduzido nas instalações da Sala de Metabolismo do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, localizada no município de Curitiba – PR. Os animais foram alojados individualmente em gaiolas de metabolismo, medindo aproximadamente quatro metros quadrados. As gaiolas eram de ferro e isentas que pontas ou qualquer outro material que pudessem ferir os animais. A parte

da frente era móvel, onde era possível manejar os animais. Além disso, eram equipadas com bebedouro do tipo chupeta e comedouro, recebendo água e alimento à vontade. As gaiolas ainda contavam com algumas correntes como forma de enriquecimento ambiental e para que os animais pudessem expressar comportamentos lúdicos. As gaiolas apresentavam fundo vasado para que as fezes e a urina caíssem em um compartimento inferior, para que pudessem ser coletadas e para evitar o contato com os animais. As gaiolas ficavam dentro de uma sala de alvenaria com ventilação e temperatura controladas através do uso de aquecedores, ar condicionado e janelas, mantendo-se sempre em 28°C.

4.3 DIETAS EXPERIMENTAIS

As dietas foram produzidas na fábrica de rações da empresa Quimtia S/A, localizada no município de Colombo no Estado do Paraná. Foram fornecidas aos animais quatro dietas que atendem as necessidades nutricionais para a fase pré-inicial (Tabela 1) tendo como referência as recomendações das tabelas brasileiras para aves e suínos de Rostagno (2011), sendo elas: dieta farelada, dieta farelada com adição da mistura enzimática, dieta peletizada e dieta peletizada com adição da mistura enzimática. Os níveis nutricionais calculados com as dietas estão descritos na Tabela 2.

O milho foi moído em moinho de martelos com capacidade de 150 cavalos de potência em peneira de 2mm antes de passar pelo processo de produção das dietas.

O processo de peletização foi realizado em peletizadora da marca Chavantes® modelo 125, com capacidade de 10 ton/hora. No processo de condicionamento, utilizou-se pressão de 1kg/cm² de vapor com temperatura constante de 70° C. A dieta passou por matriz com orifício de 1,5mm e espessura de 1 cm. A temperatura ambiente na hora do processo era de 15°C.

Tabela 1- Composição das dietas fornecidas aos animais

| Ingredientes | Dieta sem Enzima | Dieta com Enzima |
|---------------------|-------------------------|-------------------------|
|---------------------|-------------------------|-------------------------|

| | | |
|------------------------------|---------|---------|
| Milho | 530,200 | 530,200 |
| Farelo de soja | 260,000 | 260,000 |
| Proteína láctea | 76,620 | 76,620 |
| Concentrado proteico de soja | 36,500 | 36,500 |
| Açúcar | 20,00 | 20,000 |
| Fosfato bicálcico | 14,420 | 14,420 |
| Levedura de cana | 10,000 | 10,000 |
| Soro de leite | 9,050 | 9,050 |
| Hemácia | 7,000 | 7,000 |
| Metionina 84% | 5,320 | 5,320 |
| Formiato de Ca | 5,000 | 5,000 |
| L-triptofano a 10% | 3,500 | 3,500 |
| Calcário calcítico | 3,450 | 3,450 |
| Sal | 3,400 | 3,400 |
| L-lisina | 3,350 | 3,350 |
| L-Treonina | 2,100 | 2,100 |
| Acidificante | 2,000 | 2,000 |
| Dióxido de silício | 2,000 | 1,800 |
| Óxido de Zinco | 1,800 | 1,800 |
| Aromatizante | 1,500 | 1,500 |
| Halquinol a 10% | 1,200 | 1,200 |
| Aspartame a 10% | 1,000 | 1,00 |
| Premix Mineral | 1,000 | 1,00 |
| Premix Vitamínico | 0,300 | 0,300 |
| Antioxidante | 0,150 | 0,150 |
| Blend Enzimático | - | 0,200 |

Tabela 2 - Níveis nutricionais calculados e analisados com as dietas fornecidas aos animais

| Níveis | |
|------------------|--|
| ANALISADO | |

| | |
|------------------------|----------|
| Extrato Etéreo (%) | 4,429 |
| Umidade (%) | 10,060 |
| Proteína Bruta (%) | 21,600 |
| Fibra Bruta (%) | 2,950 |
| Cálcio (%) | 0,825 |
| Proteína Láctea (%) | 1,623 |
| Lactose Láctea (%) | 3,700 |
| CALCULADO | |
| Energia Met. (Kcal/kg) | 3374,966 |
| Lisina dig. (%) | 1,330 |
| Metionina dig. (%) | 0,745 |
| Met+Cis dig. (%) | 0,997 |
| Treonina dig. (%) | 0,839 |
| Triptofano dig. (%) | 0,239 |
| Fósforo digestível (%) | 0,450 |
| Sódio (mg/kg) | 0,210 |
| Zinco (mg/kg) | 1500,000 |
| Halquinol | 120,000 |

4.4 COMPOSIÇÃO DA MISTURA DE ENZIMAS

A mistura de enzimas utilizada foi cedida pela empresa LUMIS BIOTECH PVT. LTD. Localizada em Mumbai, Índia. O código IUBMB (enzyme Nomenclature) é EC 3.2.1.8 e CAS 9025-57-4 (número com um registro único no banco de dados do Chemical Abstracts Service, uma divisão da Chemical American Society).

A mistura de enzimas continha Xilanase (20.000 U/g), Amilase (120.000 U/g), Celulase (800.000 U/g), β -glucanase (7,500 U/g), Mananase (250 U/g), Protease (1.400 U/g) e Fitase (1.000 U/g). Apresentam termo estabilidade até 90°C e o nome comercial é Precizyon X.

As enzimas foram adicionadas de maneira on top, ou seja, não foi considerada a matriz nutricional.

4.5 COLETA DE DADOS

Os animais passaram por uma adaptação de sete dias consumindo as dietas e posteriormente foram pesados no primeiro dia do experimento, apresentavam média de 8kg.

As dietas foram fornecidas à vontade por cinco dias, sendo coletadas as sobras todas as manhãs e pesadas para calcular o consumo. Coleta total de fezes foram feitas todas as manhãs, acondicionadas em sacos plásticos individuais e congeladas a -5°C. Ao término dos cinco dias, as amostras foram descongeladas, homogeneizadas e secas em estufa de ventilação forçada a 55 °C por 72 horas. As amostras de fezes e rações foram moídas a 1 mm e foram realizadas análises para determinar os teores de MS, PB, EE e EB descritos pela AOAC (1995).

Com os resultados laboratoriais, foram calculados os coeficientes de indigestibilidade da matéria seca, e a partir destes, os coeficientes de digestibilidade (CD) da MS, PB, EB e EE utilizando-se as equações propostas por Andrigueto (1986).

4.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado. Os 24 animais foram distribuídos individualmente em gaiolas de metabolismo, sendo cada animal uma unidade experimental. Ao todo foram quatro tratamentos com seis repetições em arranjo fatorial 2x2, sendo dois tipos físicos de dieta, peletizada e farelada, com e sem adição da mistura enzimática.

Os dados foram submetidos ao teste Shapiro-Wilk para testar a normalidade. Uma vez comprovada a normalidade dos dados, foi feita análise de Variância a 5% de

significância, verificada a interação, foi realizado teste Tukey a 5% de significância, utilizando o pacote estatístico Statistix®.

4.7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

houve interação entre a peletização e a mistura de enzimas para CSMS, CDPB, CDEE e ED ($P < 0,05$) e não houve interação para CDFB (Tabela 3).

Tabela 3 - Médias dos coeficientes de digestibilidade aparente e ED, referentes às amostras totais de fezes

| CDA e ED | Peletizada | | Farelada | | Erro Médio | P | E | Px E |
|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|--------|--------|--------|
| | Com Enzima | Sem Enzima | Com Enzima | Sem Enzima | | | | |
| MS | 86,16a | 83,74b | 85,15b | 83,92b | 0,6191 | 0,3526 | 0,1886 | 0,0005 |
| PB | 85,58a | 79,94c | 82,90b | 80,50c | 0,7421 | 0,0568 | 0,0058 | 0,0001 |
| EE | 84,45a | 75,66b | 66,33c | 61,42d | 1,1151 | 0,0001 | 0,0235 | 0,0001 |
| FB | 63,52a | 63,66a | 49,54b | 62,43a | 4,078 | 0,0334 | 0,0645 | 0,7000 |
| ED | 4122,3a | 4023,4b | 3962,9b | 3892,6c | 20,789 | 0,0001 | 0,0342 | 0,0001 |

CDA = Coeficiente de Digestibilidade Aparente P= Peletização / E= Enzimas / Px E = Interação PeletizaçãoxEnzima / ED = Energia Digestível

Em relação à ED, o uso da mistura de enzimas somado à peletização proporcionou maior digestibilidade ($P < 0,05$), quando comparado ao uso da peletização e da enzima de maneira isolada, sugerindo que o emprego de temperatura e umidade facilitou a ação das enzimas exógenas no substrato.

O aumento da ED está relacionado à ação da temperatura e umidade empregadas no processo de peletização. Esse processo ocasiona expansão aos grânulos de amido, com isso, a amilose se solubiliza e as cadeias de amilopectina se quebram facilmente (VAN SOEST, 1994). Com a gelatinização do amido, a digestibilidade da energia é aumentada, (ALBUQUERQUE, 1985).

Esse resultado está de acordo com Moran (1987) e Dozier, (2001), que explicaram que a peletização favorece a ação enzimática e aumentando a digestibilidade dos carboidratos.

No presente estudo, a peletização favoreceu as enzimas exógenas, que puderam expressar seu potencial de maneira mais efetiva devido a modificação das estruturas dos substratos.

De mesma maneira, o CDEE foi maior ($P < 0,05$) para o tratamento que continha dieta peletizada e com adição de enzimas. Esse aumento de digestibilidade se explica pela maior exposição dos lipídeos à lipase endógena. Além da ação física, descrita por Adams & Jensen (1984), as enzimas facilitaram a digestão de demais frações ligadas a lipídeos, como carboidratos e proteínas, aumentando na biodisponibilidade dessa fração.

Quanto ao CDPB, a peletização e as enzimas causaram efeito sinérgico. Embora a mistura de enzimas na ração farelada tenha aumentado o CDPB ($P < 0,05$) em comparação com as dietas farelada e peletizada sem enzimas, na dieta peletizada, a mistura enzimática proporcionou ($P < 0,05$) efeito aditivo. Apesar de a dieta conter proteínas de alto valor biológico como proteínas lácteas e de leveduras, e, portanto, a peletização por si só não tenha aumentado ($P > 0,05$) o CDPB, ela facilitou a ação das enzimas nas demais proteínas menos biodisponíveis. Provavelmente, alterando as estruturas terciárias, conforme descrito por Moran (1987) e Dozier (2001).

Para Cheftel (1986) deveria ocorrer melhora na digestibilidade da PB com a peletização, pois, o incremento de temperatura e pressão, imprimidos durante o processamento do farelo de soja, contribuem na digestibilidade proteica devido à desnaturação de proteínas que expõe novos sítios para o ataque enzimático, melhorando a digestibilidade dos aminoácidos.

Porém, nesse estudo não foi observada interferência positiva da peletização no CDPB ($P > 0,05$), entretanto, pode-se observar uma clara tendência ($P < 0,057$). Diferindo de Chae et al. (1997) que em estudos com leitões com cerca de 10kg de peso vivo, na fase de creche e consumindo dietas processadas, encontraram resultados diferentes para PB. Ou seja, a ração peletizada obteve melhor CDPB ($p < 0,05$) em relação à dieta farelada.

De mesma maneira, Lundblad et al. (2011) trabalhando com leitões desmamados até 36 dias de creche e dietas peletizada em comparação com fareladas, também não encontraram diferença no CDPB ($P > 0,05$) quando comparadas.

No caso do presente estudo, isso pode ter ocorrido devido ao fato da dieta utilizada ser do tipo complexa, ou seja, a utilização de diversas fontes protéicas, como a levedura de cana de açúcar e as proteínas lácteas, por serem fontes mais digestíveis quando comparadas com milho e farelo de soja, aumentaram a digestibilidade da PB total da dieta, portanto, não sendo possível observar diferença da dieta peletizada quando comparada com a farelada.

Era esperado que houvesse aumento na digestibilidade de fibras devido ao processamento, porém, talvez o método analítico de FB não seja o ideal devido ao alto grau de erro. Isso se justifica porque as fibras passam por uma hidrólise ácida e posteriormente hidrólise básica, com isso, pode-se ter perdido frações importantes como as hemiceluloses e, portanto, não sendo representativa.

O CDFB apresentou dados inconclusivos. Provavelmente isso se deve ao fato dos suínos terem capacidade, embora pequena devido à idade, de fermentar fibras no intestino grosso. Nesse caso, a possível ação fermentativa individual de cada animal, não geraram dados assertivos.

Já a inclusão da mistura de enzimas aumentou a digestibilidade da ED, EE e PB (Tabela 3).

O aumento na ED está associado à liberação de frações dos carboidratos cujas enzimas endógenas não são capazes de hidrolisar. A inclusão da mistura enzimática provavelmente possibilitou a liberação de açúcares como os xilanos e β -glucanos, que a princípio, não são disponíveis pela ineficiência enzimática endógena dos animais não ruminantes. Esses dados estão de acordo com Nortey, (2007), Olukosi (2007a) e Dubold, (2004), que também observaram aumento na da ED com inclusão de enzimas carbohidrolases.

Quanto a PB, o aumento na digestibilidade pode ser atrelado a dois fatores, o primeiro é que a mistura de enzimas apresenta proteases que possibilitam ganhos em digestibilidade em rações à base de milho e farelo de soja, pois potenciam o uso de proteínas pobremente disponíveis e proteínas com fator antinutricional (CLASSEN, 1996). Corroborando com esses dados, segundo Rezende et al., (2011), as proteases na dieta de suínos, auxiliam as enzimas endógenas na digestão, ou ainda podem digerir nutrientes que a princípio não são disponíveis.

De maneira semelhante, diversos outros autores observaram ação positiva da inclusão de proteases em dietas à base de milho e soja, sobre digestibilidade, excreção de nitrogênio e viabilidade econômica, em suínos (FERKET, 1996, WOODGATE, 1994, HANNAS & PUPA, 2003).

O segundo fator importante no aumento da digestibilidade da PB está atrelado às carboidrases, pois são capazes de diminuir a viscosidade da digesta. Devido a essa maior viscosidade, os nutrientes como os lipídeos, amido e proteínas, se tornam menos acessíveis e disponíveis às enzimas endógenas. Assim, a taxa de difusão de substratos e enzimas digestivas fica diminuída, o que impede suas interações na superfície da mucosa intestinal levando ao comprometimento da digestão e da absorção de nutrientes (CHOCT, 2001).

5. CONCLUSÕES

A mistura enzimática utilizada composta por xilanase, amilase, mananase, β -glucanase, protease e fitase, e a peletização da dieta a 70° C, apresentaram ação positiva e podem ser utilizados como ferramentas ao aumento de digestibilidade para suínos aos 35 dias de idade. Bem como existe sinergia no uso dessas tecnologias.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, K.L.; JENSEN, A.H. Comparative utilization of in-seed fats and the respective extracted fats by the young pig. **Journal Animal Science**, v. 59, p. 1557-1566, 1984.

ADEOLA O. AND COWIESON A. J. Enzymes to improve nonruminant animal production. BOARD-INVITED REVIEW: Opportunities and challenges in using exogenous doi: 10.2527/jas.2010-3715 originally published online April 21, **2011 J ANIM SCI 2011**, 89:3189-3218.

ALBUQUERQUE, C. A. N. Desempenho de um extrusor nacional com base na caracterização física e físico-química de produtos extrusados de milho. 1985. **Dissertação (Mestrado) – ESAL**, Lavras, 1985.

ASSOCIATION OF THE OFFICIAL ANALITICAL CHEMISTS – AOAC – **Official and tentative methods of analysis**, 16.ed. Alirgton, Virginia: AOAC International, 1995.

ARRUDA A.M.V., PEREIRA E.S., MIZUBUTI I.Y. & SILVA L.D.F. 2003. **Semina: Ciências Agrárias** 24:181-190.

BACHKNUDSEN, K.E. Carbohydrate and lignin contents of plant materials used in animal feeding. **Animal Feed Science and Technology**, v.67, p.319 - 338, 1997.

BEDFORD, M.R. Exogenous enzymes in monogastric nutrition - their current value and future benefits. **Animal Feed Science and Technology**, v.86, p.1-13, 2000.

CLASSEN. H. Enzymes in action. **Feed Mix**, v. 4, n. 2. 1996

BEHNKE, K. Factors affecting pellet quality. In: **Maryland Nutrition Conference**, College of Agriculture, University of Maryland. Proceedings... p.44-54, 1994.

BILIADERIS, C.J. The structure and interactions of starch with food constituents. **Canadian Journal of Physiology and Pharmacology**. V. 69, p. 60-78, 1991.

BOOTH, M. A. Effects of grinding, steam conditioning and extrusion of practical diet on digestibility and weight gain of silver perch, **Bidyanus bydyanus**. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 182, p. 287 – 299, 2000.

BRETT, C. T.; WALDRON, K.W. Physiology and biochemistry of plant cell walls. 2thed. **Cambridge C&H Books**, 1996.0.

CICHELO, M. S. F.; PAVANELLI, A. P.; PALMA, E. J.; ANDRADE, M. A. Alternativas de emulsificantes para a Qualidade de massas alimentícias. **Artigo técnico Oxiteno S/A Indústria e Comércio**, 2008.

CHAE B. J.; KANG H.I.; and CHUNG Y. K. Growth performance and nutrient digestibility in weaned pigs: the effect of pelleted and extrusion of a diet containing a milk product. **Ann. Anim. Resources Sci.** v.8, p.74-82, 1997.

CHEFTEL, J. C. Nutritional effects of extrusion cooking. **Food Chemistry**, v. 20, n. 4, p. 263-283, 1986.

CHOCT M. 2001. Enzyme supplementation of poultry diets based on viscous cereals. In: Bedford, M.R. & Partridge, G.G. (ed.) **Enzymes in farm animal nutrition**. Oxford, CAB Publishing.

CHOCT M., KOCHER A., WATERS D.L.E., ET AL. 2004. A comparison of three xylanases on the nutritive value of two wheats for broiler chickens. **Brit. J. Nut.** 92:53-61.

CLASSEN, H. L. 1996. Cereal grains starch and exogenous enzymes in poultry diets. **Animal Feed Sci. Tec.**, 62: 21 – 27.

COELHO, S. R. C. Situação atual e perspectivas da indústria de rações para organismos aquáticos em 1997. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE PEIXES, 1997, Piracicaba. **Anais...**Campinas: CBNA, 1997. p.102-116.

CONTE A.J., TEIXEIRA A.S., FIALHO E.T., SCHOULTEN N.A. & BERTECHINI A.G. 2003. Efeito da Fitase e Xilanase sobre o Desempenho e as Características Ósseas de Frangos de Corte Alimentados com Dietas Contendo Farelo de Arroz. **Rev. Bras. Zootec.** 32:1147-1156.

CORLEY, J.R., BAKER, D.H., EASTER, R.A. 1980. Biological availability of phosphorus in rice bran and wheat bran as affected by pelleting. **J. Anim. Sci.**, 50(2):286-292.

COSTA, V., FIALHO, E.T., FREITAS, A.R. Níveis de energia em rações para suínos nas fases de crescimento e terminação. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 21, Belo Horizonte, 1984. **Anais...** Belo Horizonte, 1984. p.213.

CROMWELL, G.L. 1980. Biological availability of phosphorus for pigs. **Feedstuffs**, 52(9):38-42.

DIEBOLD, G.; MOSENTHIN, R.; PIEPHO, H.P. et al. Effect of supplementation of xylanase and phospholipase to a wheat-based diet for weanling pigs on nutrient digestibility and concentrations of microbial metabolites in ileal digesta and feces. **Journal of Animal Science**, v.82, p.2647-2656, 2004.

DIERICK, N.A.; DECUYPERE, J.A. Enzymes and growth in pigs. In: Cole, D.J.A.; Wiseman, J.; Varley, M.A. (Eds). **Principles of pig science**. Nottingham: Nottingham University Press, 1994. p.169-195.

DOZIER, W.A. Cost-effective pallet quality for meat birds. *Feed Management*, v. 52 (2), 2001.

EASTER, R.A. Acidification of diets for pig. In: RECENT ADVANCE IN ANIMAL NUTRITION, London, 1988. **Anais...** London: Haresing and Cole, 1988. p.61-71

ENSMINGER, M.E. Poultry science. 3 Th ed. Danville: **Interstate Publishers**, 1992. 469 p.

FERKET, P. Enzymes offer way to reduce waste, improve performance. **Feedstuffs**, v.1, p.30-34, 1996.

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

FURLAN, A.C.; FRAIHA, M.; MURAKAMI, E. et al. Utilização de complexo enzimático em dietas de frangos de corte com triticales. 1. Ensaio de digestibilidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.26, n.4, p.759-764, 1997.

GARCIA, G. G.; SILVEIRA, J. C. G. Comparação entre formas físicas da ração no desempenho de leitões do desmame aos setenta dias de idade. *Ciência Rural*, v.25(1), p. 151-156, 1995.

GRAHAM, H., J. G. FADEL, C. W. NEWMAN, AND R. K. NEWMAN. 1989. Effect of pelleting and b-glucanase supplementation on the ileal and fecal digestibility of a barley-based diet in the pig. **J. Anim. Sci.** 67:1293.

HANNAS, M.I.; PUPA, J.M.R. Enzimas: uma alternativa viável para enfrentar a crise na suinocultura. **Revista PorkWorld**, Ano 2, n.13, p.48-51, 2003

HANSEN, J. A.; NELSSSEN, J. L.; TOKACH, M. D. et al. Effects of a grind and mix high nutrient density diet on start pig performance. **J. Anim. Sci.**, Savoy, v.70 (Suppl.1), 1992.

JENSEN, M. S., K. E. BACH KNUDSEN, J. INBORR AND K. JAKOBSEN. 1998. Effect of β -glucanase supplementation on pancreatic enzyme activity and nutrient digestibility in piglets fed diets based on hulled and hullless barley varieties. **Anim. Feed Sci. Technol.** 72:329-345.

LAWRENCE, T. L. J. Processing and preparation of cereal for pig diets. In: COLE, D. J. A.; HARESIGN, W. **Recent developments in pig nutrition**. London: Butterworths, 1985. p. 230-245

LEHNINGER, A. L. & NELSON, D. L. & COX, M. M. - Princípios de Bioquímica. São Paulo, Sarvier, 2008. pp 33-34; 238

LI, S., W. C. SAUER, S. X. HUANG, AND V. M. GABERT. 1996. Effect of β -glucanase supplementation to the hullless barley- or wheat-soybean meal diets on the digestibilities of energy, protein, β -glucans, and amino acids. **J. Anim. Sci.** 74:1649-1656.

LUNDBLAD, K.K.; ISSA, S.; HANCOCK, J. D. et al. Effects of steam conditioning at low and high temperature, expander conditioning and extruder processing prior to pelleting on growth performance and nutrient digestibility in nursery pigs and broiler chickens. **An Feed Sci and Tech**, v.169, p. 208-217, 2011.

MILLÁN, L. M.; HERRERO, A. V.; GUERRERO, I. C. Tecnología de fabricación de piensos para la acuicultura em 1987. In: MONTEROS, J. E. DE LOS.; LABARTA, U. ALIMENTACION EM AQUICULTURA, 1987, Madri: **Comisión Asesora de Investigación Científica y Técnica**, 1987. p.131-166.

MOLLY, K. Formulating to solve the intestinal puzzle. *Pig Progress*, v. 17, p. 20-22, 2001.

MORAN, E.T. Pelleting affects feed and its consumption. **World Poultry**, v.5, p.30-31, 1987.

MOREIRA, I.; ROSTAGNO, H. S.; SILVA, M. A.; TAFURI, M. L. Uso de ração farelada ou peletizada quando se utiliza milho pré-cozido na alimentação de leitões. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 1, p.100-107, 1995

NERY, V.L.H.; LIMA, J.A.F.; FIALHO, E.T. Efeito da adição de enzimas na ração sobre a digestibilidade em leitões. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34., 1997, Juiz de Fora. **Anais**. Juiz de Fora, Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1997a. p.88-89.

NERY, V.L.H.; LIMA, J.A.F.; FIALHO, E.T. Efeito da adição de enzimas na ração sobre o desempenho de leitões em recria. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34., 1997, Juiz de Fora. **Anais**: Juiz de Fora, Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1997b. p.143-145.

NERY, V.L.H.; LIMA, J.A.F.; NELO, R.C.A. Adição de enzimas exógenas para leitões dos 10 aos 30 kg de peso. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.3, p.794-802, 2000.

NEWMANN, C.W. The U.S. marker for feed enzymes: what opportunities exist? In: ALLTECH'S ANNUAL SYMPOSIUM, 1994, 10, Nicholasville. Proceedings. Nicholasville, **Alltech Technical Publications**, 1994. p.99-116.

NORTEY, T.N.; PATIENCE, J.F.; SIMMINS, P.H.; TROTTIER, N.L.; ZIJLSTRA, R.T. Effects of individual or combined xylanase and phytase supplementation on energy,

amino acid, and phosphorus digestibility and growth performance of grower pigs fed wheat-based diets containing wheat millrun. **Journal of Animal Science**, v.85, p.1432-1443, 2007.

OFFICER, D.I. Effect of multi-enzyme supplements on the growth performance of piglets during the pre and post-weaning periods. **Animal Feed Science Technology**, v.56, p.55-65, 1995.

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

PENZ JR., A.M. Enzimas em rações para aves e suínos. Reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia, 35. 1998, Botucatu. Anais... Botucatu: **Sociedade Brasileira de Zootecnia**, 1998. p.165-178.

REZENDE, I. M. B. L; DUTRA, W. M. J; REZENDE, F M; PALHARES L. O.; LUDKE M. C. M. M; RABELLO, C. B. V. Digestibility of the cottonseed meal with or without addition of protease and phytase enzymes in swine diet **Acta Sci., Anim. Sci.** vol.34 no.3 Maringá July/Sept. 2012

ROTTER, B. A. The future of crude enzyme supplements in pig nutrition. **Pig News Information** v, 11. N, 1. Pag 111-116, 1990.

ROSTAGNO, H. S. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. Viçosa: UFV, 2000.

SILVA, L. P. Composição química de trigo e de aveia e efeito dos teores e proporções de fibra alimentar sobre a resposta biológica de frangos de corte e ratos. 2002. Tese (**Doutorado em Zootecnia**)—**Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre, 2002.

TEIXEIRA, A. O; LOPES D C ; ARAÚJO FERREIRA V P; PENA S M; NOGUEIRA E T; BÜNZEN M J A S; NERY L R .Utilização de enzimas exógenas em dietas com diferentes fontes e níveis de proteína para leitões na fase de creche. **R. Bras. Zootec.** vol.34 no.3 Viçosa May/June 2005.

THEURER, C. B. Grain processing effects on starch utilization by ruminants. **Journal of Animal Science**, v.63, p.1649-62, 1986.

TRAYLOR S. L., S. L. JOHNSTON, K. C. BEHNKE, J. D. HANCOCK, P. SORRELL, J. R. FROESTSCHNER, F. J. FAIRCHILD, R. H. HINES. Diet complexity and conditioning method affect growth performance and nutrient digestibility in nursery pigs. **Journal of Animal Science**, p. 72, 1996.

WOADGATE, S.I. The use of enzymes in designing a perfect protein source for all animals, p 67-81. in: **Bietechnology in the feed industry**. Lyons, T. P. Alltech Technical Publications, Nicholasville, Ky, 1994.

SAID, N. W. Extrusion of alternative feed ingredients: An environmental and nutritional solution. **J. App. Poultry Res.** 5:395-407. 1996.

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

SKOCH, E. R.; BINDER, S.F.; DEYOE, C. W. et al. Effects of pelleting conditions on performance of pigs fed a corn-soybean meal diet. *J. Anim. Sci.*, v. 57, p. 922-928, 1983.

SIMONS, P.C.M., VERSTEEGH, H.A.J. 1990. Improvement of phosphorus availability by microbial phytase in broilers and pigs. **Br. J. Nut.**, 64(2):525-40.

VAN KEULEN, J; YOUNG, B. A.Evaluation of acid insoluble ash as natural market in ruminant digestibility studies. **Journal of animal Science**, v.44, p 282-284, 1997.

VAN SOEST, P.J. Carbohydrates. In: **NUTRITIONAL ecology of the ruminant. 2.ed.** New York: Cornell University, 1994. p.164.

YIN, Y. L., S. K. BAIDOO, L. Z. JIN, Y. G. LIU, H. SCHULZE AND P. H. SIMMINS. 2001. The effect of different carbohydrase and protease supplementation on apparent (ileal and overall) digestibility of nutrients of five hullless barley varieties in young pigs. **Livest. Prod. Sci.** 71:109-120.