UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA

JULIO CEZAR DADALT

**Balanço de nutrientes e digestibilidade ileal dos aminoácidos de alguns
ingredientes, na presença de multi-carboidrase e fitase, usando leitões
recém-desmamados**

Pirassununga

2015

JULIO CEZAR DADALT

Balanço de nutrientes e digestibilidade ileal dos aminoácidos de alguns ingredientes, na presença de multi-carboidrase e fitase, usando leitões recém-desmamados

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Nutrição e Produção Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo para obtenção do Título de Doutor em Ciências

Departamento:

Nutrição e Produção Animal

Área de Concentração:

Nutrição e Produção Animal

Orientador:

Prof. Dr. Messias Alves da Trindade Neto

Pirassununga

2015

Autorizo a reprodução parcial ou total desta obra, para fins acadêmicos, desde que citada a fonte.

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO-NA-PUBLICAÇÃO

(Biblioteca Virginie Buff D'Ápice da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da
Universidade de São Paulo)

T.3199
FMVZ

Dadalt, Julio Cezar

Balanco de nutrientes e digestibilidade ileal dos aminoácidos de alguns ingredientes, na presença de multi-carboidrase e fitase, usando leitões recém-desmamados / Julio Cezar Dadalt. -- 2015.

118 f. : il.

Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. Departamento de Nutrição e Produção Animal, Pirassununga, 2015.

Programa de Pós-Graduação: Nutrição e Produção Animal.

Área de concentração: Nutrição e Produção Animal.

Orientador: Prof. Dr. Messias Alves da Trindade Neto.

1. Aminoácidos. 2. Enzimas. 3. Metabolismo. I. Título.

CERTIFICAÇÃO DE ÉTICA

Comissão de Ética no uso de animais

CERTIFICADO

Certificamos que o Projeto intitulado "Reavaliando a digestibilidade de nutrientes de alguns ingredientes na presença ou não de enzimas exógenas, usando frangos de corte e leitões desmamados", protocolado sob o nº 2843/2012, utilizando 1960 (mil novecentos e sessenta) frangos de corte e 175 (cento e setenta e cinco) suínos, sob a responsabilidade do Prof. Dr. Messias Alves da Trindade Neto, está de acordo com os princípios éticos de experimentação animal da "Comissão de Ética no uso de animais" da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo e foi aprovado em reunião do dia seis de fevereiro de 2013.

We certify that the Research "Revaluating the nutrient digestibility of some feedstuffs with or without exogenous enzyme using broiler and weaned piglets", protocol number 2843/2012, utilizing 1960 (one thousand nine hundred and sixty) broilers and 175 (one hundred seventy-five) piglets, under the responsibility Prof. Dr. Messias Alves da Trindade Neto, agree with Ethical Principles in Animal Research adopted by "Ethic Committee in the use of animals" of the School of Veterinary Medicine and Animal Science of University of São Paulo and was approved at the meeting on 6 February 2013.

São Paulo, 8 de março de 2013.

A handwritten signature in blue ink, which appears to read 'Denise Tabacchi Fantoni'.

Denise Tabacchi Fantoni
Presidente

FOLHA DE AVALIAÇÃO

Autor: DADALT, Julio Cezar

Título: **Balanço de nutrientes e digestibilidade ileal dos aminoácidos de alguns ingredientes, na presença de multi-carboidrase e fitase, usando leitões recém-desmamados**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Nutrição e Produção Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo para obtenção do Título de Doutor em Ciências

Data: ____/____/____

Banca Examinadora

Prof. Dr.: _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr.: _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr.: _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr.: _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr.: _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

AGRADECIMENTOS

O fim de uma importante etapa de minha vida é marcado pela realização desta tese. Contudo, não poderia tê-la concluído - tampouco tê-la iniciado - se não sentisse chegar até mim uma energia divina, concebendo-me discernimento, sabedoria, e – não mais importante, porém primordial – coragem, para que o sonho tornasse realidade.

Ao meu orientador, professor Messias Alves da Trindade Neto, pelo profissionalismo; competência; respeito; amizade; dedicação e suporte. Por cada ensinamento; por cada fragmento de tempo dedicado a mim; por não medir esforços para que este trabalho tomasse forma e finalizasse de maneira altiva. Meus mais profundos e sinceros agradecimentos àquele que foi a chave mestra desta conquista. Com ele, pude compreender a singeleza caótica da passagem de Friedrich Nietzsche: “Retribui-se mal um mestre, quando se permanece sempre e somente discípulo”. Por isso, ousou dizer que pretendo ser para meus alunos, o que ele foi para mim.

A minha família, que sempre foi suporte para minhas decisões, me oferecendo guarida quando as frenéticas incertezas tomavam conta do meu caminho. Nos momentos em que a saudade não mais cabia ou naqueles em que havia incompreensão de ritmos. Quando, por vezes, não pude exprimir meus sentimentos com eloquência, agradeço, pois sempre fui acolhido com a compreensão da mais pura ou apocalíptica forma de amor. Há lugares que não podem ser alcançados por palavras, por isso, a eles, dedico meu silêncio.

Aos amigos: Gustavo do Vale Polycarpo; Vitor Augusto Garcia; Pedro Assunção Pimenta Ribeiro; Thiago William de Almeida; pelos instantes compartilhados; pela amizade no seu apogeu de pureza e verdade. Sou grato, imensamente grato, por cada troca; por cada manifesto incansável de vossas almas; por terem me aceito a dividir o mesmo caminho. A eles, os meus singelos agradecimentos, os quais não cabem no meu peito.

A toda equipe supervisionada pelo professor Messias: colegas de Mestrado; Doutorado; e Iniciação Científica: Connie Gallardo Vella, Natally Villa Paulino Silva, Gisele Dela Ricci, Janaina Cristina da Silva, Bruna Alves, Gabriela Galvão; pois contribuíram no período experimental e foram imprescindíveis para o sucesso do trabalho.

Aos professores do Departamento de Nutrição e Produção Animal da USP, pela amizade e pelos ensinamentos que carregarei comigo em meio às reticências que virão. Mesmo àqueles que não foram meus educadores em sala de aula, pois foram amigos e parceiros nos corredores da vida.

Ao pesquisador Fábio Henrique Lemos Budiño, por colaborar com a pesquisa e ceder as instalações do Instituto de Zootecnia de Nova Odessa/SP para realização de toda a parte de coleta de dados com os animais.

Ao professor Paulo Henrique Mazza Rodrigues, pela amizade e contribuição no avanço dos meus conhecimentos sobre planejamento e análise de experimentos.

À professora Jacinta Diva Ferrugem Gomes, pelos ensinamentos e pela oportunidade de estágio-docência na disciplina de Suinocultura da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo.

Ao professor Marcelo de Cerqueira César, pelos ensinamentos e pela oportunidade de estágio-docência na disciplina de Bioquímica da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo.

Ao professor Felipe Perecin e à professora Deise Carla Almeida Leite Dellova, pelos ensinamentos e pela oportunidade de estágio-docência na disciplina de Fisiologia Animal da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo.

Aos amigos dos setores de avicultura; bovinocultura de leite e corte; equinocultura; e demais departamentos que formam a família USP e compartilham de seus conhecimentos.

Aos amigos do laboratório de Nutrição Animal que contribuíram para a execução das análises laboratoriais.

A toda equipe do Programa de Pós-graduação, em especial ao Sr. João Paulo Barros; à Sr^a. Alessandra de Cassia Terassi da Silva; e à Sr^a. Fábiana Silene Iaderoza.

Aos funcionários da fábrica de rações da FMVZ – USP pelo auxílio e serviços prestados.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudos concedida, e a Fundação de Amparo à pesquisa do estado de São Paulo (FAPESP), pelo apoio financeiro ao projeto (2012/00517-0).

*“Algo só é impossível até que alguém duvide e
resolva provar ao contrário.”*

Albert Einstein

*“Se você encontrar um caminho sem obstáculos, ele provavelmente
não leva a lugar nenhum.”*

Frank Clark

RESUMO

DADALT, J. C. **Balanço de nutrientes e digestibilidade ileal dos aminoácidos de alguns ingredientes, na presença de multi-carboidrase e fitase, usando leitões recém-desmamados.** [Nutrient balance ileal amino acids digestibility of some ingredients fed to weaned pigs with or without multi-carbohydrase and phytase supplementation]. 2015. 118 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2015.

Na maioria dos estudos de digestibilidade de aminoácidos em suínos usam-se animais de peso igual ou superior a 20 kg, isso se deve a menor dificuldade na implantação de cânulas íleo-cecais e a melhor recuperação pós-cirúrgica na fase do crescimento. No entanto, avaliar ingredientes com leitões mais jovens torna-se importante, visto que há limitações fisiológicas do trato gastrointestinal nesse período que podem afetar o seu desenvolvimento. Assim, 175 leitões desmamados, divididos em 7 ensaios experimentais com 25 animais cada, foram usados para determinar o balanço de nutrientes e da energia, a digestibilidade ileal aparente (AID) e estandardizada (SID) dos aminoácidos (AA) de sete ingredientes usualmente utilizados em dietas de leitões, com ou sem suplementação de multi-carboidrase (MC) e fitase (F). Os leitões foram desmamados aos 23 dias de idade e alojados em gaiolas para estudo de digestibilidade e metabolismo, permanecendo no experimento até os 45 dias de idade. Adaptação, coleta total de fezes e urina ocorreram do 10º ao 20º dia do período experimental e as amostragens do conteúdo ileal se deu ao abate, no 22º dia (45 dias de idade). Foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado com 4 tratamentos e cinco repetições. O leitão foi considerado como unidade experimental. As dietas experimentais consistiram de ingrediente teste sem enzimas e combinado a MC, F ou MC + F. Dois tipos de dieta referência foram usados como base para os cálculos do balanço nutricional e os coeficientes de digestibilidades aparente e estandardizada dos aminoácidos. Óxido de cromo (0,3%) foi usado como marcador indigestível nas avaliações dos aminoácidos. A enzima MC apresentava 10% de galactomananase, 10% de xilanase, 10% de β -glucanase, 60% de cevada maltada e 10% de α -galactosidase. A F era proveniente da fermentação de *Saccharomyces cerevisiae* com atividade de 10.000 FTU/g. Os ingredientes testados foram: farelo de arroz integral, soja integral micronizada, farelo de trigo, quirera de arroz, sorgo, milho e farinha de soja texturizada. Os resultados indicaram efeitos da combinação ingrediente e enzima exógena e as evidências se deram de acordo com as características bromatológicas de cada um.

Palavras chave: Aminoácidos. Enzimas. Metabolismo.

ABSTRACT

DADALT, J. C. Nutrient balance and ileal amino acids digestibility of some ingredients fed to weaned pigs with or without multi-carbohydrase and phytase supplementation.

[Balanço de nutrientes e digestibilidade ileal dos aminoácidos de alguns ingredientes, na presença de multi-carboidrase e fitase, usando leitões recém-desmamados]. 2015. 118 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2015.

Most of the studies, involving AA digestibility in pigs are used animals with 20 kg minimal weight or higher than. This is due difficulty to implant a simple T-cannula on distal ileum of younger pigs, besides a better post-surgical recovery in growing phase. However, ingredient evaluations with young pigs become important because there are physiological limitations in gastrointestinal tract that may affect its performance. Thus, 175 weaned pigs, divided into seven experimental trials with 25 animals each, were used to determine the nutrients and energy balance, the apparent (AID) and standardized (SID) ileal digestibility of amino acids (AA) from seven ingredients usually used in pig diets, with or without multi-carbohydrase (MC) and phytase (Phy) supplementation. Weaned piglets at 23 d old were housed in cages to studies digestibility and metabolism, remaining in the experiment until 45 d of age. Pig adaptation to feces and urine collection was 10 to 20 d experimental period and ileal content sampling at slaughter at 22 d (45 d old). A completely randomized experimental design was used with 4 treatments and 5 replicates. The pig was considered as an experimental unit.

The experimental diets consisted of test ingredient as the sole source of protein with or without MC, Phy or MC+Phy. Two kind of reference diet were used to calculate the nutrient balance or AID and SID of AA. Titanium dioxide (0.3%) was used as indigestible marker. The MC enzyme had: galactomannanase, 10%; xylanase, 10%; beta-glucanase, 10%; malted barley, 60% and α -galactosidase, 10%. The Phy was obtained from the *Saccharomyces cerevisiae* fermentation with 10,000 FTU/g activity. The ingredients used were: rice bran, micronized full fat soybean meal, wheat bran, broken rice, sorghum, corn and texturized soybean meal. The results indicated effects from ingredients and enzymes combinations and the evidences occurred according to bromatological characteristics of each one.

Keywords: Amino acids. Enzymes. Metabolism.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Planejamento experimental	36
Tabela 2 -	Composição das dietas usadas nos ensaios de digestibilidade para coleta total e ileal com leitões desmamados ¹	37
Tabela 3 -	Composição analisada do farelo de arroz integral (FAI) e dietas experimentais usadas na coleta total ¹	42
Tabela 4 -	Composição analisada dos aminoácidos (AA) do farelo de arroz integral (FAI) e dietas experimentais usadas na coleta ileal ¹	42
Tabela 5 -	Balanço nutricional aparente do farelo de arroz integral (FAI), combinado ou não com enzimas, para leitões recém-desmamados ¹	43
Tabela 6 -	Digestibilidade ileal aparente (%) dos aminoácidos (AA) do farelo de arroz integral (FAI), combinado ou não com enzimas, para leitões recém-desmamados ¹	43
Tabela 7 -	Digestibilidade ileal padronizada (%) dos aminoácidos (AA) do farelo de arroz integral (FAI), combinado ou não com enzimas, para leitões recém-desmamados ¹	44
Tabela 8 -	Composição analisada do farelo de trigo (FT) e dietas experimentais usadas na coleta total ¹	45
Tabela 9 -	Composição analisada dos aminoácidos (AA) do farelo de trigo (FT) e dietas experimentais usadas na coleta ileal ¹	45
Tabela 10 -	Balanço nutricional aparente (%) do farelo de trigo (FT), combinado ou não com enzimas, para leitões recém-desmamados ¹	46
Tabela 11 -	Digestibilidade ileal aparente (%) dos aminoácidos (AA) do farelo de trigo (FT), combinado ou não com enzimas, para leitões recém-desmamados ¹	46
Tabela 12 -	Digestibilidade ileal padronizada (%) dos aminoácidos (AA) do farelo de trigo (FT) combinado ou não com enzimas para leitões recém-desmamados ¹	47
Tabela 13 -	Planejamento experimental	61
Tabela 14 -	Composição das dietas usadas nos ensaios de digestibilidade para coleta total e ileal com leitões desmamados ¹	62
Tabela 15 -	Composição analisada da soja integral micronizada (SIM) e dietas experimentais usadas na coleta total ¹	67
Tabela 16 -	Composição analisada dos aminoácidos (AA) da soja integral micronizada (SIM) e dietas experimentais usadas na coleta ileal ¹	67
Tabela 17 -	Balanço nutricional aparente (%) da soja integral micronizada (SIM), combinada ou não com enzimas, para leitões recém-desmamados ¹	68
Tabela 18 -	Digestibilidade ileal aparente (%) dos aminoácidos (AA) da soja integral micronizada (SIM), combinada ou não com enzimas, para leitões recém-desmamados ¹	68
Tabela 19 -	Digestibilidade ileal padronizada (%) dos aminoácidos (AA) da soja integral micronizada (SIM), combinada ou não com enzimas, para leitões recém-desmamados ¹	69
Tabela 20 -	Composição analisada da farinha de soja texturizada (FST) e dietas experimentais usadas na coleta total ¹	70
Tabela 21 -	Composição analisada dos aminoácidos (AA) da farinha de soja texturizada (FST) e dietas experimentais usadas na coleta ileal ¹	70
Tabela 22 -	Balanço nutricional aparente (%) da farinha de soja texturizada (FST), combinado ou não com enzimas, para leitões recém-desmamados ¹	71

Tabela 23 - Digestibilidade ileal aparente (%) dos aminoácidos (AA) da farinha de soja texturizada (FST), combinado ou não com enzimas, para leitões recém-desmamados ¹	71
Tabela 24 - Digestibilidade ileal estandardizada (%) dos aminoácidos (AA) da farinha de soja texturizada (FST), combinado ou não com enzimas, para leitões recém-desmamados ¹	72
Tabela 25 - Planejamento experimental	83
Tabela 26 - Composição das dietas usadas nos ensaios de digestibilidade para coleta total e ileal com leitões desmamados ¹	90
Tabela 27 - Composição analisada da quirera de arroz (QA) e dietas experimentais usadas na coleta total	91
Tabela 28 - Composição analisada dos aminoácidos (AA) da quirera de arroz (QA) e dietas experimentais usadas na coleta ileal ¹	91
Tabela 29 - Balanço nutricional aparente (%) da quirera de arroz (QA), combinada ou não com enzimas, para leitões recém-desmamados ¹	92
Tabela 30 - Digestibilidade ileal aparente (%) dos aminoácidos (AA) da quirera de arroz (QA), combinada ou não com enzimas, para leitões recém-desmamados ¹	92
Tabela 31 - Digestibilidade ileal estandardizada (%) dos aminoácidos (AA) da quirera de arroz (QA), combinada ou não com enzimas, para leitões recém-desmamados ¹	93
Tabela 32 - Planejamento experimental	100
Tabela 33 - Composição das dietas usadas nos ensaios de digestibilidade para coleta total e ileal com leitões desmamados ¹	101
Tabela 34 - Composição analisada do sorgo (SO) e dietas experimentais usadas na coleta total ¹	106
Tabela 35 - Composição analisada dos aminoácidos (AA) do sorgo e dietas experimentais usadas na coleta ileal ¹	106
Tabela 36 - Balanço nutricional aparente (%) do sorgo, combinado ou não com enzimas, para leitões recém-desmamados ¹	107
Tabela 37 - Digestibilidade ileal aparente (%) dos aminoácidos (AA) do sorgo, combinado ou não com enzimas, para leitões recém-desmamados ¹	107
Tabela 38 - Digestibilidade ileal estandardizada (%) dos aminoácidos (AA) do sorgo, combinado ou não com enzimas, para leitões recém-desmamados ¹	108
Tabela 39 - Composição analisada do milho (MI) e dietas experimentais usadas na coleta total ¹	109
Tabela 40 - Composição analisada dos aminoácidos (AA) do milho (MI) e dietas experimentais usadas na coleta ileal ¹	109
Tabela 41 - Balanço nutricional aparente (%) do milho (MI), combinado ou não com enzimas, para leitões recém-desmamados ¹	110
Tabela 42 - Digestibilidade ileal aparente (%) dos aminoácidos (AA) do milho (MI), combinado ou não com enzimas, para leitões recém-desmamados ¹	110
Tabela 43 - Digestibilidade ileal estandardizada (%) dos aminoácidos (AA) do milho (MI), combinado ou não com enzimas, para leitões recém-desmamados ¹	111

SUMÁRIO

CAPÍTULO I	13
1 INTRODUÇÃO	14
2 HIPÓTESE	15
3 OBJETIVO	16
4 REVISÃO DE LITERATURA	17
4.1 A eficiência digestiva do suíno após o desmame	17
4.2 A digestibilidade e aproveitamento dos aminoácidos em suínos	19
4.3 Uso de fitases em rações	21
4.4 Uso de carboidrases em rações	23
REFERÊNCIAS	26
 CAPÍTULO II - Digestibilidade ileal dos aminoácidos do farelo de arroz e farelo de trigo, com ou sem suplementação de multi-carboidrase e fitase, em leitões recém-desmamados	34
5 INTRODUÇÃO	34
6 MATERIAL E MÉTODOS	36
7 RESULTADOS	41
8 DISCUSSÃO	48
9 CONCLUSÃO	52
REFERÊNCIAS	53
 CAPÍTULO III - Digestibilidade ileal dos aminoácidos da farinha de soja integral micronizada e farinha de soja texturizada, com ou sem suplementação de multi-carboidrase e fitase, em leitões recém-desmamados	59
10 INTRODUÇÃO	59
11 MATERIAL E MÉTODOS	61
12 RESULTADOS	66
13 DISCUSSÃO	73
14 CONCLUSÃO	76
REFERÊNCIAS	77
 CAPÍTULO IV - Utilização dos aminoácidos da quirera de arroz, com ou sem suplementação de multi-carboidrase e fitase, em leitões recém-desmamados	81
15 INTRODUÇÃO	81
16 MATERIAL E MÉTODOS	83
17 RESULTADOS E DISCUSSÃO	87
18 CONCLUSÃO	94
REFERÊNCIAS	95
 CAPÍTULO V - Digestibilidade ileal dos aminoácidos do milho e sorgo, com ou sem suplementação de multi-carboidrase e fitase, em leitões recém-desmamados	98
19 INTRODUÇÃO	98
20 MATERIAL E MÉTODOS	100
21 RESULTADOS	105
22 DISCUSSÃO	112
23 CONCLUSÃO	115
REFERÊNCIAS	116

CAPÍTULO I

1 INTRODUÇÃO

A alimentação é o fator mais oneroso no custo de produção de suínos, assim, à medida que a pesquisa apresentar soluções para reduzir este custo, estará contribuindo para viabilizar economicamente a suinocultura. Nesse aspecto, o conhecimento do valor nutricional dos alimentos, bem como da disponibilidade dos seus nutrientes, propicia a utilização mais racional dos mesmos na formulação de rações.

A idade e/ou estágio fisiológico associado à digestão, também são fatores importantes no aproveitamento dos ingredientes combinados numa dieta. O efeito da idade dos suínos na digestibilidade dos nutrientes já foi observado por Battisti et al. (1985) e Trindade Neto et al. (2010), daí a importância em se avaliar o aproveitamento da energia e a digestibilidade dos nutrientes dos alimentos para os suínos, sobretudo em animais jovens.

Objetivando-se aumentar a eficiência dos animais no aproveitamento dos alimentos, pesquisadores têm avaliado o emprego de enzimas exógenas nos estudos de digestibilidade e desempenho. O uso desse tipo de aditivo visa aumentar a disponibilidade dos nutrientes dietéticos, a exemplo dos estudos com aves e suínos (SIMONS et al., 1990; PATIENCE; DEROUCHÉY, 2010). Nesse caso, o melhor aproveitamento da energia e dos aminoácidos (AA) das dietas decorre da hidrólise dos polissacarídeos não amiláceos solúveis (PNAs). Conforme observaram os autores, PNAs nas dietas à base de milho e farelo de soja aumentam a viscosidade da digesta na cavidade intestinal, adsorvendo água e formando géis que prejudicam a eficácia das enzimas endógenas. Resultados satisfatórios, contra a ação antinutritiva dos PNAs foram obtidos utilizando-se a carboidrase (KIM et al., 2003; OMOGBENIGUN et al., 2004).

Mesmo em pequenas concentrações, sabe-se que os minerais presentes nos ingredientes vegetais podem ter melhor aproveitamento, desde que descomplexados do ácido fítico (COSGROVE et al., 1980). O uso da fitase, pela possibilidade de melhorar a digestibilidade do fitato, permite a redução da adição de fontes inorgânicas de minerais, especialmente de fósforo, reduzindo a contaminação ambiental em áreas onde a produção animal é intensiva (FIREMAN; FIREMAN, 1998). Por outro lado, o fósforo é o terceiro nutriente mais caro em rações de monogástricos, ficando atrás somente da energia e da proteína, particularmente dos aminoácidos sulfurados e da lisina (BOLLING et al., 2000). Sua biodisponibilidade varia de acordo com a fonte da qual é disponibilizado e a quantidade oferecida na ração, fatores esses que influenciam a eficiência da enzima (SELLE et al., 2010).

2 HIPÓTESE

Apesar da evolução nas indústrias suinícola e de grãos, ainda são poucos os trabalhos que apresentam informações relacionadas a digestibilidade estandardizada de aminoácidos de ingredientes em leitões recém-desmamados. A maioria dos resultados encontrados na literatura foi obtido com suínos de peso igual ou superior a 20 kg e idade acima de sete semanas de vida. Isso se deve às menores dificuldades na implantação de cânulas intestinais e na recuperação, pós-cirúrgica, dos animais. Desta forma, grande parte das orientações nas tabelas de composição de alimentos, destinados a suínos nas primeiras etapas do crescimento após o desmame, podem não contemplar informações que condizem as reais situações fisiológicas dos leitões no período de creche. Portanto, a primeira hipótese é que os resultados de digestibilidade dos ingredientes em leitões, após o desmame (6 a 7 semanas de vida), sejam inferiores, comparando-se às fases subsequentes de crescimento, usualmente empregadas na maioria dos estudos já publicados.

Visto a imaturidade do sistema digestivo nas primeiras fases pós desmame, os ingredientes de origem vegetal utilizados em dietas de leitões são muitas vezes de uso restrito, seja pelo alto teor de ácido fítico ou pela presença de PNAs presentes nesses alimentos. A enzima fitase é amplamente estudada, devido as possibilidades de sua ação benéfica na hidrólise da molécula de fitato e aumento na biodisponibilidade do fósforo nas rações de suínos (JENDZA et al., 2005; LI et al., 2013). Da mesma forma, a enzima carboidrase tem demonstrado resultados satisfatórios contra a ação antinutritiva dos PNAs (KIM et al., 2003; OMOGBENIGUN et al., 2004). Como sugeriram Vahjen et al. (1998) que as enzimas carboidrases podem hidrolisar parcialmente os PNAs no trato gastrointestinal para produzir substratos capazes de modular a atividade microbiana. Portanto, a segunda hipótese é que a adição das enzimas multi-carboidrase e fitase pode melhorar o balanço dos nutrientes, da energia e a digestibilidade verdadeira dos aminoácidos de alguns ingredientes alternativos para uso nas dietas de leitões após o desmame, no período de creche.

3 OBJETIVO

Determinar a digestibilidade aparente e estandardizada e os teores de energia digestível e metabolizável de alguns ingredientes, em presença ou ausência de multi-carboidrase e fitase, usando leitões em fase de creche. Uma vez observado diferenças, adequar dados da matriz nutricional dos ingredientes estudados, de acordo com o uso das enzimas isoladas ou conjugadas.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 A eficiência digestiva do suíno após o desmame

A imaturidade do sistema digestório e as drásticas alterações na fisiologia intestinal dos leitões com duas a três semanas de idade (BOUDRY et al., 2004) prejudicam os processos digestivo e absorptivo, comprometem o desempenho e os predispõem a problemas de diversas ordens, fazendo com que o período pós desmame represente grande desafio para os criadores (PLUSKE et al., 1997).

No período imediato ao desmame, o intestino delgado do leitão sofre grandes mudanças na arquitetura das vilosidades, ao mesmo tempo, reduz-se a atividade de enzimas específicas (ARMSTRONG; CLAWSON, 1980; HAMPSON; KIDDER, 1986). Smith (1984) relatou que as alterações na arquitetura da mucosa intestinal culminaram na redução da capacidade das vilosidades em transportar aminoácidos (AA) para os sítios de absorção. Os efeitos cumulativos destes fatores incluem a redução da capacidade digestiva, devido a baixa ingestão de alimentos, durante o período pós-desmame (HAMPSON; KIDDER, 1986). As modificações morfológicas da mucosa e a depressão da capacidade das enzimas digestivas ocorrem em estado de desnutrição ou em jejum (MCMANUS; ISSELBACHER, 1970), elucidando a importância da ingestão de nutrientes na manutenção da integridade epitelial do intestino nas primeiras fases de vida dos animais. Não é totalmente claro até que ponto os efeitos anatômicos, bioquímicos e histológicos observados no intestino de leitões desmamados refletem na interrupção da ingestão de nutrientes, mas o período envolve o momento da desmama e pode durar 48 horas ou mais (KELLY et al., 1991). No entanto, sob condições diversas, os leitões ao desmame frequentemente se deparam com falta de apetite, menor consumo de ração e consequentemente apresentam retardo no crescimento (WIJTEN et al., 2011; HU et al., 2013). De acordo com YANG et al. (2012), as alterações que ocorrem na morfologia intestinal, nas primeiras fases de vida do leitão, definem o sucesso no desempenho dos animais nas fases subsequentes do crescimento.

Após o desmame há um período agudo na diminuição das secreções de enzimas digestivas (MARION et al., 2003), contudo, gradativamente ocorre o amadurecimento das funções fisiológicas do intestino delgado (BOUDRY et al., 2004) quando o leitão passa a consumir mais alimento sólido (MARION et al., 2003). O desenvolvimento fisiológico do

trato gastrointestinal, na medida em que o animal cresce, tem implicações na eficiência de desdobramento dos ingredientes e uso dos nutrientes dietéticos. Há, portanto, diferenças na digestibilidade dos alimentos e eficiência no aproveitamento dos nutrientes aumentam conforme a idade e peso do suíno, a partir do desmame (TRINDADE NETO et al., 2010).

Sabe-se que a taxa de deposição de proteína e energia em leitões depende da disponibilidade de nutrientes na dieta (VARGAS et al., 2005). Reeds et al. (1980), estudaram a relação entre a deposição e síntese de proteínas, sugerindo que ambas são alteradas pela variação na ingestão diária de alimentos. Segundo os autores, essa relação se dá com o peso corporal, quando cada unidade de aumento na deposição de proteína está associada com o aumento de 2,17% na síntese de proteína e, presumivelmente, um aumento de 1,17% na degradação de proteína corporal. Assim, existe a relação fixa entre a síntese proteica e o peso metabólico. Se essa constância for assumida e a taxa de síntese de proteína / $\text{kg}^{0,75}$, do suíno aos 30 kg (34g N/d), for aplicada a animais de maior peso corporal, então, depois de atendidas as exigências de manutenção, a relação deposição: síntese cairia para 0,36 em 60 kg e 0,31 em 90 kg, em comparação ao valor de 0,46 aos 30 kg de peso corporal.

É aceito que as exigências nutricionais dos animais devam ser consideradas em uma base de nutrientes digestíveis (NRC, 2012). Quando dietas são formuladas para atender às exigências dos animais, a aditividade de nutrientes digestíveis é fundamental (STEIN et al., 2007). Visto que as primeiras dietas de leitões quase sempre se baseiam em grande quantidade de produtos lácteos, os quais são caros e nem sempre estão disponíveis (DRITZ et al., 1994), diversos pesquisadores têm se preocupado em usar fontes proteicas alternativas para substituir a proteína do leite da porca, estimada em 33% na matéria seca (TRINDADE NETO et al., 1994).

A energia e os AA são os componentes que mais encarecem a ração de leitões (DE LANGE; BIRKETT, 2005; PATIENCE, 2013), sendo que a energia corresponde a aproximadamente 87% do custo total (PATIENCE, 2013). Portanto, otimizar dietas com base na energia e AA disponíveis, irá reduzir o custo da dieta. Para suínos, a disponibilidade de AA nos alimentos é normalmente expressa como digestibilidade ileal verdadeira (STEIN et al., 2007). As informações da composição química, coeficientes digestíveis e metabolizáveis dos nutrientes existentes em tabelas nutricionais nacionais ou estrangeiras, normalmente não especificam idade e peso dos animais usados nas determinações, entretanto, segundo Trindade Neto et al. (2010), trata-se de informações importantes, uma vez que a digestibilidade dos nutrientes sofre efeito desses fatores, sobretudo nas fases iniciais do crescimento pós-desmame.

4.2 A digestibilidade e proveitamento dos aminoácidos em suínos

Os aminoácidos desempenham papel crucial na manutenção da função fisiológica normal e estado nutricional do corpo (JOBGEN et al., 2006). Os aminoácidos que regulam vias metabólicas principais de células essenciais para a sobrevivência, crescimento, desenvolvimento e da reprodução de animais foram recentemente propostos como "aminoácidos funcionais" (WU, 2009) e engloba arginina, cisteína, glutamina, glutamato, glicina, leucina, prolina e triptofano, que são conhecidos como melhoradores da eficiência de utilização de proteínas na dieta de suínos (LI et al., 2007; WANG et al., 2008).

Processos bioquímicos e fisiológicos complexos são necessários para transformar as proteínas dos alimentos em proteínas de tecido. Estes eventos incluem a digestão, absorção e metabolismo de aminoácidos que envolvem enterócitos, microbiota no lúmen intestinal, órgãos digestivos e, em cooperação, inter órgãos através de várias vias de sinalização (WU, 2009). Estes processos complexos formam os fundamentos da utilização dinâmica dos AA essenciais e não essenciais. Com exceção do glutamato, glutamina e aspartato, os quais são extensivamente degradados no intestino delgado, os aminoácidos dietéticos são utilizados principalmente na deposição proteica de leitões jovens (WU et al., 2010). São limitadas as pesquisas que visam compreender a utilização de aminoácidos para a síntese de substâncias não proteicas em suínos (REZAI et al., 2013). Com base em alguns estudos, estimou-se que aproximadamente 10-40% dos AA essenciais e não essenciais (por exemplo, asparagina, serina, cisteína e tirosina) que entram na circulação, via veia porta, são degradados em tecidos extra-intestinais (WU et al., 2010).

As exigências de aminoácidos nas dietas se comportam como função quadrática, conforme aumenta o peso metabólico ($\text{kg}^{0,75}$), contudo, a exigência de AA para manutenção, em contraste, responde linearmente ao aumento do peso metabólico (HAHN; BAKER, 1995). O uso de aminoácidos, específicos a cada fase de vida dos animais, deve estar relacionado à velocidade com que esses são absorvidos durante a digestão dos alimentos (MOREIRA et al., 2002). Segundo Waterlow (2006) o processo de síntese das proteínas é por excelência um processo não aleatório, uma vez que os aminoácidos são selecionados para síntese, sob ordenação de um código genético. O *pool* de aminoácidos livres é o elo entre o ambiente e as proteínas dos tecidos.

Dentre os aminoácidos utilizados na síntese de proteínas, pelo menos 60% são originados a partir da degradação de proteínas corpóreas e o restante é fornecido através da

dieta. Quantidades de aminoácidos fornecidas acima da capacidade máxima de deposição proteica não podem ser armazenadas nos tecidos e são catabolizadas (MOUGHAN, 1994). Os aminoácidos na forma de di e tripeptídeo apresentam maiores taxas de absorção, pois seus sítios absorptivos se diferem em característica e número, quando comparados aos de aminoácidos livres. Sendo assim, se grandes quantidades de aminoácidos livres forem adicionadas à dieta, pode haver um prejuízo na absorção intestinal (WEBB, 1990). A competição pelos sítios de absorção promovida pelos aminoácidos na forma livre pode fazer com que outros aminoácidos essenciais tornem-se limitantes, mesmo presentes em quantidades adequadas na dieta (DE LA LLATA et al., 2002). Existe, portanto, uma relação ideal entre proteína bruta e níveis de inclusão de aminoácidos sintéticos na dieta. De acordo com o NRC (1998), o uso dos aminoácidos nos sítios celulares de síntese proteica é o que determina às exigências dos diferentes nutrientes.

A eficiência da utilização de proteínas nas dietas de suínos depende do equilíbrio e da disponibilidade de aminoácidos que compõem a proteína, e especificamente, a eficiência de utilização da lisina (GASPAROTTO et al., 2001). Tem-se observado que a eficiência da utilização de lisina diminui, quando a proporção dos outros aminoácidos essenciais sobre este aminoácido diminui. Sendo assim, é importante manter a proporção adequada de aminoácidos da dieta para assegurar a máxima deposição proteica e máximo crescimento muscular (ABREU et al., 2007). Esses fatos, aliados à necessidade cada vez maior de reduzir o potencial poluente dos dejetos gerados pela suinocultura, principalmente pelos compostos nitrogenados eliminados nas fezes e urina, quando as rações apresentam-se desbalanceadas em aminoácidos, levou ao desenvolvimento do conceito da proteína ideal. Segundo Boisen et al. (2000), essa é usualmente definida como a perfeita relação entre os aminoácidos essenciais exigidos para manutenção e produção.

Nos últimos anos, grande importância tem sido dada na avaliação de AA através da coleta do conteúdo ileal para mensuração da digestibilidade verdadeira. Esta técnica visa aumentar a precisão nos coeficientes de digestibilidade dos aminoácidos e garantir ótimo balanço desses nutrientes para manutenção e crescimento. Sauer et al. (2012), relataram que apesar do alto teor de proteína bruta e ótimo perfil de aminoácidos de alguns cereais, a absorção e retenção desses nutrientes em leitões, pós desmame, pode ser limitada pela baixa digestibilidade verdadeira dos AA. Isso pode estar associado ao alto teor de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) de alguns ingredientes e a baixa capacidade de leitões jovens aproveitarem a porção fibrosa do alimento. De acordo com os mesmos autores, a digestibilidade de AA foi 34% menor comparado aos resultados de Yun et

al. (2005) com suínos em crescimento e terminação, concluindo assim que tabelas específicas deveriam ser criadas para leitões recém-desmamados já que estes tem digestibilidade diferenciada.

4.3 Uso de fitases em rações

O fósforo contido em ingredientes de origem vegetal é de baixa biodisponibilidade para suínos e aves (NRC, 2012) e isso se deve pela forma como as plantas armazenam o P na molécula de fitato. O fitato é composto por um anel de inositol ligado por até seis grupamentos fosfato que não estão disponíveis para a absorção (MAGA, 1982). De acordo com Maenz (2001), o fitato é carregado negativamente, em condições de pH ácido, neutro e básico (MAENZ, 2001), e, portanto, pode ligar-se a moléculas na dieta e nas secreções endógenas do trato gastrointestinal, tais como enzimas digestivas e as mucinas em todas as condições de pH encontradas, desse modo reduz a digestibilidade e aumenta a secreção endógena de nutrientes. Suplementação exógena com fitase tem apresentado resultados positivos na biodisponibilidade do P total e nas taxas de crescimento em suínos (YOUNG et al., 1993; ADEOLA; SANDS, 2003) pela clivagem da moléculas de P a partir do fitato (MAGA, 1982).

O trato gastrointestinal de animais monogástricos não sintetiza fitase, o que torna o fósforo contido no complexo estrutural do fitato indigestível (SANTOS et al., 2008). O P complexado nos alimentos vegetais varia, o milho apresenta 33% de fósforo disponível (Pd) e o farelo de soja, 42% de Pd (NRC, 2012). A unidade de fitase (FTU), segundo Engelen e Heeft (1994), corresponde a quantidade de enzima que libera 1 micromol (μmol) de fósforo inorgânico por minuto, proveniente do fitato de sódio $0,0015 \text{ mol L}^{-1}$ a pH 5,5 e temperatura de 37°C . Segundo Kemme et al. (1998), a maior parte do fitato dos ingredientes poderia ser potencialmente degradada em 8 horas de retenção no estômago, desde que a fitase estivesse presente. Como mecanismo de ação, a fitase hidrolisa o fitato e libera P, além de outros nutrientes, o que permite a melhor assimilação desse mineral e dos demais componentes da dieta pelo animal (CONTE et al., 2002). Segundo Selle e Ravindran (2007), a hidrólise enzimática do fitato gera uma série de ésteres de mio-inositol fosfato ($\text{IP}_6 \Rightarrow \text{IP}_5 \Rightarrow \text{IP}_4 \Rightarrow \text{IP}_3 \Rightarrow \text{IP}_2 \Rightarrow \text{IP}_1$), através de uma sequência de reações por etapas de desfosforilação.

Geralmente, fitases são classificados como 3-fitase e 6-fitase com base no local onde inicia a desfosforilação da molécula de ácido fítico (ADEOLA; SANDS, 2003). Geralmente, a 3-fitase é de origem microbiana (E.C. 3.1.3.8) e inicia a hidrólise no átomo C3 do anel de inositol, enquanto a 6-fitase é de origem vegetal (E.C. 3.1.3.26) e inicia a clivagem do fosfato no átomo C6 (DVORAKOVA, 1998). De acordo com Maenz (2001), não existe uma enzima capaz de desfosforilar totalmente a molécula de ácido fítico, portanto, uma combinação de fitase e fosfatases não específicas podem estar envolvidas no processo. Os fungos são os microorganismos mais amplamente utilizados para a expressão de fitases (LIU et al., 1998). A fitase produzida por *Aspergillus niger* é a mais extensivamente estudada e possui dois pH ótimos para expressar sua máxima eficiência, 2,5 e 5,5, com uma temperatura ótima de cerca de 60 °C (ADEOLA; SANDS, 2003). Todas as espécies de cereais, leguminosas e oleaginosas, possuem alguma atividade de fitase, mas apenas cereais tais como cevada, trigo, centeio e triticale possuem quantidades consideráveis de atividade desta enzima (EECKHOUT; DE PAEPE, 1994).

Dentre as vantagens da difusão e aplicação do uso da fitase na nutrição animal, a mais propagada enfatiza a melhoria no desempenho zootécnico dos animais, a redução de custos, a modificação da qualidade dos ingredientes dietéticos, com reflexos favoráveis na redução da contaminação ambiental, devido a menor perda de nutrientes através da excreção fecal (WALDROUP, 1992). A adição de fitase microbiana em dietas de suínos em crescimento e terminação, melhorou o desempenho, diminuiu o teor de uréia no plasma, aumentou os teores de Ca e P no tecido ósseo (SILVA et al., 2004) a biodisponibilidade do fósforo (MROZ et al., 1994) e do cálcio (WOYENGO et al., 2008) nas dietas. Aumento na retenção diária de N, Ca e P, e redução das suas perdas nas fezes e urina também foram percebidos (HTOO et al., 2007; PAGANO et al., 2007; VEUM; ELSER, 2008). Em dietas de suínos com baixos teores de Ca e P, a adição de fitase aumentou a digestibilidade dos aminoácidos e da energia (JOHNSTON et al., 2004).

Além dos benefícios dos estudos com fitase, citados na literatura, questionam-se como suplementação de enzimas exógenas poderiam modificar a aplicação e recomendação no uso de determinados ingredientes ou uma dada dieta para aves e suínos. Conforme observaram Bedford e Partridge (2010), há um desafio prático que é entender o melhor uso das enzimas exógenas e se há sinergia, quando combinadas nas formas de “*blends*” como tem sido comercializada por indústrias do seguimento de aditivos.

4.4 Uso de carboidrases em rações

Como componentes da fibra bruta, os PNAs contêm celulose, pectina, β -glucanos e arabinoxilanos. Compostos esses, com particular efeito sobre o valor nutricional de alguns ingredientes empregados na alimentação de animais monogástricos, sobretudo das aves e suínos (SOUFFRANT, 2001).

As duas principais enzimas usadas na alimentação animal que desdobram a fibra são xilanase e β -glucanase. A xilanase hidroliza os arabinoxilanos presentes nos grãos e seus subprodutos e a β -glucanase hidroliza os β -glucanos que prevalecem na cevada, aveia e seus subprodutos. Outras enzimas que degradam fibra, usadas na alimentação animal, são menos difundidas: β -mananase, pectinase e α -galactosidase (BEDFORD; PARTRIDGE, 2010).

As fibras dissolvidas no intestino delgado tornam-se material viscoso (gel) que afeta o aproveitamento dos nutrientes e diminui a taxa de passagem do alimento (CHOCT; ANNISON, 1992). O trato gastrointestinal de animais não ruminantes não produz quantidade satisfatória de carboidrases, assim, a suplementação da enzima exógena pode melhorar a digestão dos carboidratos presentes nas dietas.

Em revisão, Simon (1998) observa que as enzimas carboidrases que atuam sobre os PNAs podem ter vários modos de ação, hidrolisando, parcialmente, os PNAs e diminuindo a viscosidade da digesta pela ruptura dos antinutrientes contidos nas paredes celulares, fazendo com que os nutrientes, então encapsulados, se tornem disponíveis para a digestão. Outros efeitos resultantes da suplementação enzimática incluem mudanças na população e na atividade da flora microbiana (VAHJEN et al., 1998). No entanto, os resultados são controversos, como observaram Van Lunen e Schulze (1996) e Mavromichalis et al. (2000), pois não constatarem respostas favoráveis, quando as dietas de suínos foram suplementadas com xilanase exógena. Da mesma forma, Hogberg e Lindberg; Zijlstra et al. (2004) não encontraram efeitos consistentes sobre as variáveis de desempenho ao usarem multi-carboidrase, enquanto em estudo anterior, realizado por Omogbenigun et al. (2004) no mesmo laboratório, obtiveram resultados consistentes no desempenho de leitões ao utilizarem o mesmo complexo enzimático.

Kim e Baker (2003) observaram que a adição de carboidrase em dietas pré-iniciais de leitões, contendo baixos níveis (20 a 25%) de farelo de soja, não alterou o desempenho. No entanto, com nível de 32,4%, houve melhora na eficiência alimentar, ganho de peso e na digestibilidade da energia e aminoácidos, indicando efeito favorável da enzima quando a

quantidade de substrato foi aumentada. Em estudos realizados com frangos de corte, Campbell e Bedford (1992); Bedford (1995, 2000); Nortey et al. (2007), constataram que o uso de carboidrases aumentou a digestibilidade dos nutrientes e da energia, melhorando o desempenho das aves,

Considerações sobre os efeitos das carboidrases na digestibilidade do N e AA são apresentadas na literatura. De acordo com Schulze et al. (1995), perdas de enzimas pancreáticas e biliares, assim como as de mucosa intestinal, resultam em perdas de N e AA endógenos. A redução na digestibilidade do N, em presença de FDN e FDA, foi atribuída a maior perda de N endógeno e microbiano e a baixa disponibilidade de N nas fibras (STANOGLIAS; PEARCET, 1985). As perdas de N decorrentes do uso de alimentos fibrosos correspondem a cerca de 59% provenientes da fração endógena e 41% da exógena (SCHULZE et al., 1995). De acordo com o mesmo autor, a redução das perdas endógenas e exógenas e aumento na hidrólise da proteína dietética são dois possíveis modos de ação das carboidrases na melhora da utilização do N e dos AA. No entanto, observações sobre a ação das carboidrases nas perdas de proteína endógena ou AA têm sido inconsistentes. Yin et al. (2000) relataram pequena diminuição na perda de AA endógeno após a suplementação com carboidrase em dietas para suínos, enquanto Rutherford et al. (2007) não observaram tais efeitos para aves. As diferenças poderiam ser devido ao tipo de dieta, ingrediente (presença ou ausência de certos antinutrientes) ou diferenças entre enzimas (ADEOLA e COWIESON, 2011).

Conforme descrito na literatura, o aumento da digestibilidade do N e dos AA, pelo uso da carboidrase, parece ocorrer de forma indireta, através da liberação das proteínas complexadas na fibra e melhor ação das proteases digestivas. Tahir et al. (2008) observaram que a combinação de enzimas foi eficaz apenas na presença de hemicelulases, capazes de clivar o resistente ácido galacturônico e as cadeias de ramanose. A consistência das observações anteriores se deu quando observaram que para o farelo de soja houve correlação entre a quantidade de ácido galacturônico e a digestibilidade da proteína bruta, indicando que a hidrólise de substâncias pécticas da parede celular coincidiu com o aumento na digestibilidade da proteína. O ácido galacturônico é produto da quebra da ramanogalacturonas que é um grupo de polissacáridos da parede celular pécticas, estreitamente relacionadas. Portanto, a inconsistência dos resultados com uso das carboidrases no aproveitamento do N ou AA em alguns estudos com suínos, pode ser relacionadas a presença da fibra, cujas células possuem paredes intactas e as carboidrases não terem como alvo específico às cadeias que mantêm protegidas alguns nutrientes. Outro efeito da carboidrases na utilização do N e

utilização de AA foi demonstrada por Yin et al. (2010) em que carboidrases aumentaram a digestibilidade do amido e indiretamente melhorou a digestibilidade e absorção do N e dos AA.

O futuro das enzimas na produção de não ruminantes é promissor e provavelmente, irá incluir uma compreensão do papel da suplementação enzimática na promoção da saúde, bem como a forma como as enzimas podem modular as funções dos genes.

REFERÊNCIAS

- ADEOLA, O.; COWIESON, A. J. Board-invited review: Opportunities and challenges in using exogenous enzymes to improve nonruminant animal production. **Journal of Animal Science**, v. 89, p. 3189-3218, 2011.
- ADEOLA, O.; SANDS, J. S. Does supplemental dietary microbial phytase improve amino acid utilization? A perspective that it does not. **Journal of Animal Science**, v. 81, (E. Suppl. 2), p. 78-85, 2003.
- ABREU, M. L. T.; DONZELE, J. L.; OLIVEIRA, R. F. M.; OLIVEIRA, A. L. S.; HAESE, D.; PEREIRA, A. A. Níveis de lisina digestível em rações, utilizando-se o conceito de proteína ideal, para suínos machos castrados de alto potencial genético para deposição de carne magra na carcaça dos 60 aos 95 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 1, p. 54-61, 2007.
- ARMSTRONG, W. D.; CLAWSON, A. J. Nutrition and management of early weaned pigs: effect of increased nutrient concentrations and (or) supplemented liquid feeding. **Journal of Animal Science**, v. 50, p. 377-384, 1980.
- BATTISTI, J. A.; PEREIRA, J. A. A.; COSTA, P. M. A.; ROSTAGNO, H. S.; SILVA, M.; MELLO, H. V. Composição química e valores energéticos de alguns alimentos para suínos com diferentes idades. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 14, n. 2, p. 141-180, 1985.
- 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.
- BEDFORD, M. R. Mechanism of action and potential environmental benefits from the uses of feed enzymes. **Animal Feed Science and Technology**, v. 53, p. 145-155, 1995.
- BEDFORD M. R.; PARTRIDGE, G. G. **Enzymes in farm animal nutrition**, 2nd, p. 85-95, 2010.
- BOISEN, S.; HVELPLUND, T.; WEISBJERG, M. R. Ideal amino acid profiles as a basis for feed protein evaluation. **Livestock Production Science**, v. 64, p. 239-251, 2000.
- BOLLING, S. D.; DOUGLAS M. W.; WANG, X. The effects of dietary available phosphorus levels and phytase on performance of young and older laying hens. **Poultry Science**, Champaign, v. 79, n. 2, p. 224-230, 2000.
- BOUDRY, G.; PERON, V.; LE HUEROU-LURON, I.; LALLÈS, J. P.; SÈVE, B. Weaning induces both transient and long-lasting modifications of absorptive, secretory, and barrier properties of piglet intestine. **Journal of Nutrition**, v. 134, n. 9, p. 2256-2262, 2004.
- CAMPBELL, G. L.; BEDFORD, M. R. Enzyme applications for monogastric feeds: A review. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 72, p. 449-466, 1992.
- CHOCT, M.; ANNISON, G. Anti-nutritive activity of wheat pentosans in broiler chickens: roles of viscosity and gut microflora. **British Poultry Science**, v. 33, p. 821-834, 1992.

CONTE, A. J.; TEIXEIRA, A. S.; FIGUEIREDO, A. V.; DE VITTI, D. M. S. S. Efeito da fitase na biodisponibilidade do fósforo do farelo de arroz em frangos de corte. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 4, p. 547-552, 2002.

COSGROVE, D. J. Inositol Phosphates: Their Chemistry, Biochemistry and Physiology. **Elsevier Science Publishing Co.**, New York, NY, 1980.

DE LA LATA, M.; DRITZ, S. S.; TOKACH, M. D.; GOODBAND, M. D.; NELSEN, J. L. Effects of increasing L-lysine HCL in corn- or sorghum- soybean meal – based diets of growth performance and carcass characteristics of growing – finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 80, n. 9, p. 2420-2432, 2002.

DE LANGE, C. F. M.; S. H. BIRKETT. Characterization of useful energy content in swine and poultry feed ingredients. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 85, p. 269-280, 2005.

DRITZ, S. S.; TOKACH, M. D.; NELSEN, J. L.; GOODBAND, R. D.; LYNH, G. The effect of weaning age on nursery pig feeding behavior and growth performance. In: ANNUAL MEETING AMERICAN ASSOCIATION OF SWINE PRACTITIONERS, 25, 1994, Chicago, **Proceedings...** Chicago, 1994.

DVORAKOVA, J. Phytase: Sources, preparation and exploitation. **Folia Microbiology**, v. 43, p. 323–338, 1998.

ECKHOUT, W.; DE PAEPE, M. Total phosphorus, phytate-phosphorus and phytase activity in plant feedstuffs. **Animal Feed Science and Technology**, v. 47, p. 19-29, 1994.

ENGELN, A. J.; HEEFT, F. C. Simple and rapid determination of phytase activity. **Journal of AOAC International**, v. 77, n. 3, p. 760-764, 1994.

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

GASPAROTTO, L. F.; MOREIRA, I.; FURLAN, A. C.; MARTINS, E. N.; JÚNIOR, M. M. Exigência de lisina, com base no conceito de proteína ideal, para suínos machos castrados de dois grupos genéticos, na fase de crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 6, p. 1742-1749, 2001.

HAHN, J.D.; BAKER, D.H. Optimum ratio to lysine of threonine, tryptophan, and sulfur amino acids for finishing swine. **Journal of Animal Science**, v. 73, p. 2, p. 482-489, 1995.

HAMPSON, D. J.; KIDDER, D. E. Influence of creep feeding and weaning on brush-border enzyme activity in piglet small intestine. **Research in Veterinary Science**, v. 40, p. 2431, 1986.

HOGBERG, A.; LINDBERG, J.E. Influence of cereal non-starch polysaccharides and enzyme supplementation on digestion site and gut environment in weaned piglets. **Animal Feed Science and Technology**, v. 116, p. 113-128, 2004.

HTOO, J. K.; SAUER, W. C.; YÁÑEZ, J. L.; CERVANTES, M.; ZHANG, Y.; HELM, J. H.; ZILJSTRA, R. T. Effect of low-phytate barley or phytase supplementation to a barley-soybean meal diet on phosphorus retention and excretion by grower pigs. **Journal of Animal Science**, v. 85, p. 2941-2948, 2007.

HU, C. H.; XIAO, K.; LUAN, Z. S.; SONG, J. Early weaning increases intestinal permeability, alters expression of cytokine and tight junction protein, and activates mitogen-activated protein kinases in pigs. **Journal of Animal Science**, v. 91, p.1094-1101, 2013.

JENDZA, J.A.; DILGER, R. N.; ADEDOKUN, S. A. SANDS, J. S.; ADEOLA. O. Escherichia coli phytase improves growth performance of starter, grower, and finisher pigs fed phosphorus-deficient diets. **Journal of Animal Science**, v. 83, p. 1882-1889, 2005.

JOBGEN, W. S.; FRIED, S. K.; FU, W. J.; MEININGER, C. J.; WU, G. Regulatory role for the arginine-nitric oxide pathway in metabolism of energy substrates. **The Journal of Nutritional Biochemistry**, p. 17, v. 571-588, 2006.

JOHNSTON, S. L.; WILLIAMS, S. B.; SOUTHERN, L. L.; BIDNER, T. D.; BUNTING, L. D.; MATHEWS, J. O.; OLCOTT, B. M. Effect of phytase addition and dietary calcium and phosphorus levels on plasma metabolites and ileal and total-tract nutrient digestibility in pigs. **Journal of Animal Science**, v.82, p. 705-714, 2004.

KELLY, D.; SMYTH, J. A.; MCCracken, K. J. Effect of continuous nutrient supply on the development of the digestive tract and on changes in digestive enzyme activity during the first week post-weaning. **British Journal of Nutrition**, V. 65, P. 169-180, 1991.

KEMME, P. A.; JONGBLOED, A. W.; MROZ, Z.; KOGUT, J.; BEYNEN, A. C. Digestibility of nutrients in growing-finishing pigs is affected by *Aspergillus niger* phytase, phytate and lactic acid levels: 1. Apparent ileal digestibility of amino acids. **Livestock Production Science**, v. 58, p. 107-117, 1998.

KIM, S. W.; BAKER, D. H. Use of enzymes supplements in pig diets based on soybean meal. **Pig News and Information**, v. 24, p. 91-95, 2003.

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

LI, P.; YIN, Y. L.; LI, D. F.; KIM, S. W.; WU, G. Amino acids and immune function. **British Journal of Nutrition**, v. 98, p. 237-252, 2007.

LI, S. F.; NIU, Y. B.; LIU, J. S.; LU, L.; ZHANG, L. Y.; RAN, C. Y.; FENG, M. S.; DU, B.; DENG, J. L.; LUO, X. G. Energy, amino acid, and phosphorus digestibility of phytase transgenic corn for growing pig. **Journal of Animal Science**, v. 91, n. 1, p. 298- 308, 2013.

LIU, B. L.; RAfiQ, A.; TZENG, Y. M.; ROB, A. The induction and characterization of phytase and beyond. **Enzyme and Microbial Technology**, v. 22, p.415-424, 1998.

MAENZ, D. D. Enzymatic and other characteristics of phytases as they relate to their use in animal feeds. Pages 61-84. In: M. R. Bedford and G. G. Partridge, eds. **Enzymes in farm animal nutrition**. CABI Publishing, UK., 2001.

MAGA, J. A. Phytate: Its chemistry, occurrence, food interactions, nutritional significance, and methods of analysis. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 30, p. 1-9, 1982.

MARION, J.; ROMÉ, V.; SAVARY, G. THOMAS, F.; LE DIVIDICH, J.; LE HUEROU-LURON, I. Weaning and feed intake alter pancreatic enzyme activities and corresponding mRNA levels in 7-d-old piglets. **Journal of Nutrition**, v. 133, n. 2, p. 362-368, 2003.

MAVROMICHALIS, J.; HANCOCK, D.; SENNE, B. W.; GUGLE, T. L.; KENNEDY, G. A.; HINES, R. H; WYATT, C. L. Enzyme supplementation and particle size of wheat in diets for nursery and finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 78, p. 3086-3095, 2000.

MCMANUS, P. J.; ISSELBACHER, K. J. Effect of fasting versus feeding on the rat small intestine. Morphological, biochemical and functional differences. **Gastroenterology**, v. 59, p. 214-221, 1970.

MOREIRA, I.; GASPAROTTO, L. F.; FURLA, A. C. Lysine requirement for castrated males of two genetic groups of swine during finishing phase, based on the ideal protein concept. **Brazilian Journal of Animal Science**, v. 31, p. 96-103, 2002.

MOUGHAN, P. J. Modelling amino acid absorption and metabolism in the growing pig. In: J.P.F. D'MELLO (editor), **Amino acids in farm animal nutrition**. Edinburgh, UK: Cabi International, p. 133-154, 1994.

MROZ, Z.; JONGBLOED, A. W.; KEMME, P. A. Apparent digestibility and retention of nutrients bound to phytate complexes as influenced by microbial phytase and feeding regimen in pigs. **Journal of Animal Science**, v. 72, p. 126-132, 1994.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient Requirements of Swine**. Tenth Revised Edition, Washington: D.C: The National Academies Press, 1998. 212 p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient Requirements of Swine**. Eleventh Revised Edition, Washington: D.C: The National Academies Press, 2012. 400 p.

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.

OMOGBENIGUN, F. O.; NYACHOTI, C. M.; SLOMISKI, B. A. Dietary supplementation with multi-enzyme preparations improves nutrient and growth performance in weaned pigs. **Journal of Animal Science**, v. 82, p. 1053-1061, 2004.

PAGANO, A. R.; RONEKER, K. R.; LEI, X. G. Distribution of supplemental *Escherichia coli* AppA2 phytase activity in digesta of various gastrointestinal segments of young pigs. **Journal of Animal Science**, v. 87, p. 1444-1452, 2007.

PATIENCE, J. F. Managing energy intake and costs of grow-finish pigs. Advances in Pork Production. In: BANFF PORK SEMINAR, Banff, AB, Canada. **Anais...**, Banff: AB 2013, p. 29-35.

PATIENCE, J. F.; DEROUCHÉY, J. M. **Feed Additives for Swine - Enzymes and Phytase**. In: National Swine Nutrition Guide. 5p. 2010.

PLUSKE, J. R.; HAMPSON, D. J.; WILLIAMS, I. H. Factors influencing the structure and function of the small intestine in the weaned pig: a review. **Livestock Production Science**, v. 51, n. 1, p. 215-236, 1997.

REEDS, P. J.; CADENHEAD, A.; FULLER, M. F.; LOBLEY, G. E.; MCDONALD, J. D. Protein turnover in growing pigs: Effects of age and food intake. **British Journal of Nutrition**, v. 43, n. 3, p. 435-443, 1980.

REZAI, R.; WANG, W.; WU, Z.; DAI, Z.; WANG, J.; WU, G. Review: Biochemical and physiological bases for utilization of dietary amino acids by young Pigs. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v. 4, p. 7 - 19, 2013.

RUTHERFURD, S. M.; CHUNG, T. K.; MOUGHAN, P. J. The effect of a commercial enzyme preparation on apparent metabolizable energy, the true ileal amino acid digestibility, and endogenous ileal lysine losses in broiler chickens. **Poultry Science**, v. 86, p. 665-672, 2007.

SAUER, N.; EKLUND, M.; HOERNER, S.; RADEMACHER, M.; MOSENTHIN, R. Comparison of standardized ileal amino acid digestibilities in protein supplements and cereal grains for weaned pigs. **Journal of Animal Science**, v. 90, p. 107-109, 2012.

SANTOS, S. P.; NUNES, R. C.; LOPES, E. L. Retirada do suplemento micromineral-vitamínico, redução de fósforo inorgânico e adição de fitase em rações de suínos na fase de terminação. **Ciência Animal Brasileira**, v. 9, p. 663-671, 2008.

SCHULZE, H.; VAN LEEUWEN, P.; VERSTEGEN, M. W.; VAN DEN BERG, J. W. Dietary level and source of neutral detergent fiber and ileal endogenous nitrogen flow in swine. **Journal of Animal Science**, v. 73, p. 441-448, 1995.

SELLE, P. H.; RAVINDRAN, V. Microbial phytase in poultry nutrition-review. **Animal Feed Science and Technology**, v. 135, p. 1-41, 2007.

SELLE, P. H.; RAVINDRAN, V.; COWLESON, A. J.; BEDFORD, M. R. Phytate and Phytase. **Enzymes in farm animal nutrition**. 2nd ed. Cambridge, 319 p., 2010.

SILVA, H. O.; FIALHO, E. T.; FREITAS, R. T. F. Fitase em rações para suínos em crescimento: desempenho, parâmetros sanguíneos e teor de minerais nos ossos. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, n. 6, p. 1428-1436, 2004.

SIMON, O. The mode of action of NSP hydrolyzing enzymes in the gastrointestinal tract. **Journal of Animal and Feed Sciences**, v. 7, p. 115-123, 1998.

SIMONS, P. C.; VERSTEEGH, H. A.; JONGBLOED, A. W.; KEMME, P. A.; SLUMP, P.; BOS, K. D.; WOLTERS, M. G.; BEUDEKER, R. F.; VERSCHOOR, G. J. Improvement of phosphorus availability by microbial phytase in broilers and pigs. **British Journal of Nutrition**, v. 64, p. 525-540, 1990.

SMITH, M. W. Effect of post-natal development and weaning upon the capacity of pig intestinal villi to transport alanine. **Journal of Agricultural Science**, v. 102, p. 625-633, 1984.

SOUFFRANT, W. B. Effect of dietary fibre on ileal digestibility and endogenous nitrogen losses in the pig. **Animal Feed Science Technology**, v. 90, p. 93-102, 2001.

STANOGLIAS, G.; PEARCET, G. R. The digestion of fiber by swine. **British Journal of Nutrition**, v. 53, p. 513-530, 1985.

STEIN, H. H.; SÈVE, B.; FULLER, M. F.; MOUGHAN, P. J.; DE LANGE, C. F. M. Invited review: Amino acid bioavailability and digestibility in pig feed ingredients: Terminology and application. **Journal of Animal Science**, v. 85, p. 172-180, 2007.

TAHIR, M.; SALEH, F.; OHTSUKA, A.; HAYASHI, K. An effective combination of carbohydrases that enables reduction of dietary protein in broilers: Importance of hemicellulose. **Poultry Science**, v. 87, p. 713-718, 2008.

TRINDADE NETO, M. A.; LIMA, J. A. F.; BERTECHINI, A. G.; OLIVEIRA, A. I. G. Dietas e níveis proteicos para leitões desmamados aos 28 dias de idade-fase inicial. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, v. 23, n. 1, p. 92-99, 1994.

TRINDADE NETO, M. A.; BRUNO, D.G.; BERTO, D.A. Energy and amino acid content in phase 1 nursery diet: piglet performance and body chemical composition. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 6, p. 1286-1294, 2010.

VAHJEN, W.; GLASER, K.; SCHÄFER, K.; SIMON, O. Influence of xylanase supplemented feed on the development of selected bacterial groups in the intestinal tract of broiler chicks. **Journal of Agriculture Science**, v. 130, p. 489-500, 1998.

VAN LUNEN, T. A.; SCHULZE, H. Influence of *Trichoderma longibrachiatum* xylanase supplementation of wheat and corn based diets on growth performance of pigs. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 76, p. 271-273, 1996.

VARGAS, G. D.; DIONELLO, N. L.; BRUM, P. A. R.; FIALHO, F. Modelo de simulação do crescimento e desenvolvimento de frangos de corte: descrição e implementação. **Ciência Rural**, v. 35, n. 2, p. 440-445, 2005.

VEUM, T. L.; ELLERSIECK, M. R. Effect of low doses of *Aspergillus niger* phytase on growth performance, bone strength and nutrient absorption and excretion by growing and finishing swine fed corn-soybean meal diets deficient in available phosphorus and calcium. **Journal of Animal Science**, v. 86, p. 858-870, 2008.

WALDROUP, P. W. Phosphorus in broiler nutrition. In: SYMPOSIUM ON FEED PHOSPHATES IN MONOGASTRIC NUTRITION, Texas, 1992, **Proceedings...** Texas, 1992.

WANG, J. J.; CHEN, L. X.; LI, P.; LI, X. L.; ZHOU, H. J.; WANG, F. L.; LI, D. F.; YIN, Y. L.; WU, G. Gene expression is altered in piglet small intestine by weaning and dietary glutamine supplementation. **Journal of Nutrition**, v. 138, p. 1025-1032, 2008.

WATERLOW, J. C. **Protein Turnover**. Wallingford, Oxfordshire: CABI Publishing, , 301p., 2006.

WEBB, K.E. Intestinal absorption of protein hydrolysis products: a review. **Journal of Animal Science**, v.68, n.9, p.3011-3022, 1990.

WIJTEN, P. J. A.; VAN DER MEULEN, J.; VERSTEGEN, M. W. A. Intestinal barrier function and absorption in pigs after weaning: A review. **British Journal of Nutrition**, v. 105, p. 967-981, 2011.

WOYENGO, T. A.; SANDS, J. S.; GUENTER, W.; NYACHOTI, C. M. Nutrient digestibility and performance responses of growing pigs fed phytase and xylanase supplemented wheat-based diets. **Journal of Animal Science**, v. 86, p. 848-857, 2008.

WU G. Amino acids: metabolism, functions, and nutrition. **Amino Acids**, v. 37, p. 1-17, 2009.

WU, G.; BAZER, F. W.; BURGHARDT, R. C.; JOHNSON, G. A.; KIM, S. W.; LI, X. L.; SATTERFIELD, M. C.; SPENCER, T. E. Impacts of amino acid nutrition on pregnancy outcome in pigs: mechanisms and implications for swine production. **Journal of Animal Science**, v. 88, p. E195–E204, 2010.

YANG, C. M.; FERKET, P. R.; HONG, Q. H.; ZHOU, J.; CAO, G. T.; ZHOU, L.; CHEN, A. G. Effect of chito-oligosaccharide on growth performance, intestinal barrier function, intestinal morphology and cecal microflora in weaned pigs. **Journal of Animal Science**, v. 90, p. 2671-2676, 2012.

YIN, Y. L.; MCEVOY, J. D. G.; SCHULZE, H.; HENNIG, U.; SOUFFRANT, W. B.; MCCracken, K. J. Apparent digestibility (ileal and overall) of nutrients and endogenous nitrogen losses in growing swine fed wheat (var. Soissons) or its by-products without or with xylanase supplementation. **Livestock Production Science**, v. 62, p. 119-132, 2000.

YIN, F.; ZHANG, Z.; HUANG, J.; YIN, Y. Digestion rate of dietary starch affects systemic circulation of amino acids in weaned swine. **British Journal of Nutrition**, v. 103, p. 1404-1412, 2010.

YOUNG, L. G.; LEUNISSEN, M.; ATKINSON, J. L. Addition of microbial phytase to diets of young pigs. **Journal of Animal Science**, v. 71, p. 2147-2150, 1993.

YUN, J. H.; YONG, J. S.; CHAE, B. J. Effects of feeding rice protein concentrate on growth performance and ileal digestibility in early-weaned pigs. **Asian-Australian Journal of Animal Science**, v. 18, p. 384-389, 2005.

ZIJLSTRA, R. T.; LI, S.; OWUSU-ASIEDU, A.; SIMMINS, P. H.; PATIENCE, J. F. Effect of carbohydrase supplementation of wheat- and canola-meal-based diets on growth performance and nutrient digestibility in group-housed weaned pigs. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 84, p. 689-695, 2004.

CAPÍTULO II

Digestibilidade ileal dos aminoácidos do farelo de arroz e farelo de trigo, com ou sem suplementação de multi-carboidrase e fitase, em leitões recém-desmamados

Ileal amino acid digestibility in rice bran and wheat bran fed to weaned pigs with or without multi-carbohydrase and phytase supplementation

5 INTRODUÇÃO

Os principais ingredientes usados na formulação de ração de suínos são organizados em tabelas e suas revisões trazem informações atualizadas sobre as disponibilidades nutricionais, como as apresentadas por Rostagno et al. (2011) e NRC (2012). Ainda assim, a maior parte dos dados de digestibilidade dos aminoácidos (AA) é proveniente de avaliações com suínos em idade superior a seis semanas. O uso de animais muito jovens implica na dificuldade da implantação de cânulas intestinais e na pior recuperação pós-cirúrgica desses animais. Portanto, em situações diversas, as formulações de rações para leitões recém-desmamados ainda se baseiam em dados de digestibilidade obtidos com animais em fases fisiológicas mais avançadas, subestimando coeficientes de digestibilidade.

O farelo de arroz integral (FAI) e o farelo de trigo (FT) têm sido amplamente utilizados em dietas de suínos (SANDS et al., 2009; HERFEL et al., 2013; EKLUND et al., 2014). O FAI apresenta quantidades consideráveis de proteína bruta, extrato etéreo e energia metabolizável em sua composição (14,6%; 13,77% e 2889 kcal kg⁻¹, respectivamente), representando 85% da energia metabolizável do milho (3395 kcal kg⁻¹) (NRC, 2012). No entanto, visto a alta quantidade de extrato etéreo, o armazenado inadequado pode favorecer o desenvolvimento de rancidez oxidativa em poucos dias (LINFELD, 1985), além da alta quantidade de fatores antinutricionais, como os inibidores de proteases, pode comprometer a digestibilidade dos nutrientes (KRATZER et al., 1974). O FT apresenta 15,1% de proteína bruta e 2342 kcal⁻¹ de energia metabolizável (NRC, 2012). Devido aos elevados teores de fibra bruta e fósforo fítico (NRC, 2012) e a ausência de enzimas digestivas dos leitões para desdobrar estes componentes, a inclusão deste ingrediente nas dietas é limitada. Segundo Weber e Kerr (2012), o aumento da fibra dietética induz alterações fisiológicas no trato gastrointestinal e aumento na demanda de energia pelo intestino, quando ocorre a repartição dos estoques endógenos de glicogênio e lipídios. Logo, são diversas as razões para a difusão e aplicação do uso de enzimas na nutrição animal.

A mais propagada razão para uso de enzimas exógenas na alimentação de suínos e aves é o melhor desempenho, a redução de custos, a modificação da qualidade dos ingredientes dietéticos, com reflexos favoráveis na redução da contaminação ambiental, devido a menor perda de nutrientes através das fezes (WALDROUP, 1992). O uso de carboidrases aumenta o aproveitamento da energia e aminoácidos das dietas pela hidrólise dos polissacarídeos não amiláceos solúveis (PNAs) e a fitase aumenta o aproveitamento do fósforo complexado à molécula de ácido fítico (SIMONS et al., 1990; PATIENCE; DEROUCHÉY, 2010).

A hipótese deste estudo é que as digestibilidades do FAI e FT, em leitões jovens, são menores aos valores descritos na literatura. Assim, objetivou-se determinar a digestibilidade ileal aparente (AID) e digestibilidade ileal estandardizada (SID) dos AA e o balanço nutricional do FAI e do FT, em presença ou ausência das enzimas multi-carboidrase (MC), fitase (F) e MC+F, usando-se leitões entre 8 a 11 kg de peso vivo. Observadas diferenças, sugerir adequações das tabelas de composição química dos ingredientes estudados, com ou sem inclusão das respectivas enzimas.

6 MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios de digestibilidade e coleta de material ileal foram realizados no setor de Suinocultura do Instituto de Zootecnia em Nova Odessa, SP. Todos os procedimentos experimentais foram revisados e aprovados pelo comitê de ética da Universidade de São Paulo e protocolados sob o n. 2843/2012.

Animais e instalações

Cinquenta leitões, machos castrados, de linhagem comercial, desmamados aos 23 dias de idade (± 6 kg de peso corporal), foram divididos em dois experimentos, cada um com 25 animais. Os leitões foram alojados individualmente em gaiolas de digestibilidade e metabolismo, onde permaneceram até os 45 dias de idade. O período de adaptação e coleta total de fezes e urina ocorreu do 10º ao 20º dia do período experimental e as coletas de íleo ao abate, no 22º dia. No Exp.1, quando FAI foi avaliado, o peso dos animais ao início das coletas de fezes e urina foi de $6,9 \pm 0,8$ kg e ao abate, na coleta ileal, foi de $7,8 \pm 1,1$ kg. Nos correspondentes períodos do Exp.2, quando avaliou-se FT, os respectivos pesos foram: $9,4 \pm 1,1$ kg e $10,8 \pm 1,3$ kg.

Delineamento e dietas experimentais

Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e cinco repetições. Uma dieta referência também foi utilizada como base de cálculo para encontrar os coeficientes de digestibilidade dos nutrientes do FAI e do FT. Os ingredientes testes foram incluídos na dieta pelo método de substituição, onde 30% da dieta referência (R), na matéria natural foram substituídos pelo ingrediente teste (Tabela 1).

Tabela 1 - Planejamento experimental¹

Tratamentos	Repetições	Parcela	Leitão/ tratamento
Dieta referência (R)	5	1	1
R+ 30% I (RI)	5	1	1
RI+ 200 mg/kg MC (RIMC)	5	1	1
RI+ 50 mg/kg F (RIF)	5	1	1
RI+ 200 mg/kg MC + 50 mg/kg F (RIMCF)	5	1	1
Total/cada avaliação	25	1	25

¹R: dieta referência; I: ingrediente teste; MC: multi-carboidrase; F: fitase.

Tabela 2 - Composição das dietas usadas nos ensaios de digestibilidade para coleta total e ileal com leitões desmamados¹

Ingredientes, %	Coleta Total		Coleta Ileal	
	R	RI	R	RI
Milho	61,33	42,93	-	-
Amido	5,00	3,50	41,55	29,09
Óleo de soja	1,98	1,38	3,13	2,19
Soro de leite pó	15,00	10,50	-	-
Leite integral pó	10,00	7,00	-	-
Dextrose	-	-	21,00	14,70
Lactose	-	-	20,00	14,00
Caseína	-	-	5,00	3,50
Cloreto de colina 96	0,01	0,01	0,01	0,01
Cloreto de K	-	-	1,04	0,73
Bicarbonato de Na	0,43	0,30	1,04	0,73
Fosfato bicálcico	1,71	1,19	3,01	2,11
Calcário calcítico	0,54	0,38	0,22	0,15
Óxido cromo	0,30	0,21	0,30	0,21
Óxido de Zn	0,35	0,25	0,35	0,25
Px. Vitamínico ^a	0,10	0,07	0,10	0,07
Px. Mineral ^b	0,10	0,07	0,10	0,07
Celulose	3,00	2,10	3,00	2,10
Antioxidante	0,01	0,01	0,12	0,08
Aromatizante	0,12	0,08	0,02	0,01
Ingrediente teste ²	-	30,00	-	30,00
Total	100	100	100	100
Composição calculada, %				
Matéria Seca	90,41	-	93,84	-
EM (kcal kg ⁻¹)	3390	-	3330	-
Proteína bruta	9,01	-	4,26	-
Cálcio	0,85	-	0,85	-
Fósforo digestível	0,45	-	0,45	-
Sódio	0,28	-	0,28	-
Cloro	0,31	-	0,49	-
Potássio	0,61	-	0,52	-
Ácido Linoleico	2,21	-	1,65	-

¹R = Dieta referência; RI: dieta referência + ingrediente teste (FAI e FT). Ingrediente teste substituiu 30% da dieta referência, sendo suplementada ou não com as enzimas multi-carboidrase (200g/ton); fitase (50g/ton) e multi-carboidrase + fitase, respectivamente.

²Inclusão em base natural

^aAdição por Ton de dieta : vitamina A, 10.000.000 UI; vitamina D3, 1.650.000 UI; vitamina E, 60.000 mg; vitamina K, 2.000 mg; vitamina B1, 1.200 mg; vitamina B2, 4.000 mg; vitamina B6, 2.200 mg; vitamina B12, 22.000 mcg; ácido pantotênico, 18.000 mg; ácido fólico, 400 mg; niacina, 30.000 mg e biotina, 150 mg.

^bAdição por Ton de dieta: Selênio, 361 mg; Iodo, 1.100,00 mg; Ferro, 90.000 mg; Cobre, 10.500 mg; Zinco, 117.800 mg e Manganês, 40.200 mg.

Para coleta total de fezes e urina a dieta referência foi à base de milho (61,33%), leite em pó integral (10%) e soro de leite em pó (15%) (Tabela 2), seguindo as recomendações propostas pelo NRC (2012). Para análise da digestibilidade estandardizada, foi formulada uma dieta a base de amido de milho (42%), dextrose (21%) e lactose (20%) com a inclusão de

5% de caseína para determinação de perdas endógenas (Tabela 2). Óxido de cromo (0,3%) foi usado nas avaliações da digestibilidade dos AA. A MC usada foi obtida a partir de uma mistura de carboidrases: galactomananase, 10%*; xilanase, 10%*; betaglucanase, 10%*; cevada maltada, 60% e alfa-galactosidase, 10%* {*Substrato fermentado com *Aspergillus niger* (PRL 2351) e *Aspergillus oryzae* (ATCC66222) gerando atividades de carboidrases}. A fitase usada foi produto de fermentação de *Saccharomyces cerevisiae* (KCCM 80051). Atividade de fitase (Min.) 10.000 FTU/g.

Óxido de Zn (0,3 g/kg) foi adicionado nas dietas para prevenir problemas entéricos os quais os leitões estão propensos nas primeiras fases pós desmame (Poulsen, 1989) e reduzir a incidência de diarreias, como havia manifestado nos animais do Exp. 1. No período de adaptação, de coleta de excretas e de coleta de conteúdo ileal não foram identificados problemas entéricos, tal como diarreias.

Coleta de material experimental e análises químicas

Os procedimentos de arração e coleta de fezes e urina, 2 vezes ao dia (9 e 17h), foram semelhantes aos descritos por Noblet et al. (1994) e Trindade Neto et al. (1994). Para determinação da digestibilidade aparente da matéria seca, proteína, energia digestível e metabolizável foi usado o método de coleta total de fezes e urina, tendo sido o início e o final das coletas determinados pelo aparecimento de fezes marcadas com a adição de 2,5 g/kg de Fe_2O_3 às dietas. As fezes foram acondicionadas em sacos plásticos e conservadas em congelador a -10°C . Ao final do experimento foram pesadas, homogeneizadas e amostradas (300 g/kg), secas em estufa de ventilação forçada, a 60°C por 72 horas e moídas para análises posteriores. A urina excretada foi drenada para baldes plásticos com 5 mL de H_2SO_4 . O volume foi pesado diariamente e uma alíquota de 300 g/kg foi retirada e conservada sob refrigeração a -10°C .

As amostras das rações, dos ingredientes testes e das fezes foram moídas em moinho de facas, peneira de um milímetro e posteriormente analisadas. Uma amostra de urina de cada animal também foi liofilizada para posterior análise de energia bruta. Ao final de cada ensaio experimental os animais foram abatidos para obtenção de amostras da digesta no 1/3 final do íleo (aproximadamente 30 cm). Segundo Adeola e King et al. (2006), o comprimento médio do íleo dos leitões às 5 semanas de idade é 94,5 cm. Previamente ao abate, os leitões foram induzidos e mantidos em estado de anestesia geral com acepromazina (tranquilizante), ketamina combinada a xilazina (sedativo), de acordo com o peso vivo de cada animal.

Confirmado o estado de anestesia, os animais foram submetidos à eutanásia, fazendo uso de tiopental via intracardíaca.

As amostras do conteúdo ileal foram liofilizadas e posteriormente moídas em moinho refrigerado. A matéria seca foi determinada de acordo com a AOAC (1990); método 925.09. Energia bruta foi mensurada através de bomba calorimétrica adiabática (IKA® C5000), usando ácido benzoico como padrão de calibração. Gordura foi determinada após extração com hexano de acordo com a AOAC (1990); método 920.39. Os teores de aminoácidos foram determinados no Laboratório de Nutrição de Monogástricos (VNP-FMVZ-USP), de acordo com a AOAC (1990); método 982.30. Resumidamente, 100 mg de amostra foi hidrolizada com HCl 6 M, a 110°C, durante 24h. O triptofano não foi determinado, assim como não foi possível detectar cistina e glicina. O conteúdo de aminoácidos foi determinado com uso de um analisador 1260 Infinity LCs (Agilent Technologies, Santa Clara, California, USA). O nitrogênio foi analisado usando o procedimento de digestão e destilação de Kjeldahl em um destilador de N Tecnal modelo TE/036/1 e a proteína bruta foi calculada como $N \times 6,25$. Os conteúdos de FDN e FDA nas dietas foram determinados de acordo com o método de Goering e Van Soest (1970) e o conteúdo de matéria mineral foi determinado de acordo com a AOAC (1990); método 942.05.

Cálculos

Os cálculos da AID e SID dos aminoácidos foram realizados segundo a metodologia descrita por Nyachoti et al. (1997) e Stein et al. (2007):

$$AID_{AA} = 1 - ((AA_{\text{digesta}}/AA_{\text{dieta}}) \times (Cr_{\text{dieta}}/Cr_{\text{digesta}})) \times 100$$

$$SID_{AA} = AID + IEL_{AA}/AA_{\text{dieta}}$$

Onde, AID_{AA} é a digestibilidade ileal aparente dos AA (%), AA_{digesta} é a concentração de AA na digesta ileal (na MS), AA_{dieta} é a concentração de AA na dieta (na MS), Cr_{dieta} é a concentração de cromo na dieta (na MS) e Cr_{digesta} é a concentração de cromo na digesta ileal (na MS). SID_{AA} é a digestibilidade ileal standardizada dos AA (%), IEL_{AA} é a perda de aminoácido ileal endógeno.

A digestibilidade aparente da matéria seca, proteína bruta e energia bruta dos ingredientes testes foram calculados de acordo com Medel et al. (1999). Para os valores de ED e EM aparente foi usada a fórmula desenvolvida por Campbell et al. (1983):

$$ED_I = EB_I - [(EF_I - (1 - X) * EF_R) / X],$$

Onde, ED_I : energia digestível do ingrediente teste; EB_I : energia bruta do ingrediente teste; EF_I : energia das fezes do tratamento com o ingrediente teste; EF_R : energia das fezes do tratamento usando dieta referência; X : inclusão do ingrediente teste à dieta referência.

Análise estatística

A análise dos dados foi realizada com o critério de 5% de significância utilizando-se o SAS (versão 9.3; SAS Inst. Inc., Cary, NC). A homogeneidade das variâncias foi avaliada pelo teste de Hartley e a normalidade dos resíduos pelo teste de Shapiro-Wilk (procedimento UNIVARIATE). O procedimento MIXED foi utilizado para avaliar o efeito dos tratamentos por meio de contrastes ortogonais, para facilitar a interpretação e a aplicabilidade dos resultados. Os contrastes testados foram:

C1 = Média de I+MC e I+MC+F vs. média de I e I+F;

C2 = Média de I+F e I+MC+F vs. média de I e I+MC;

C3 = Média de I e I+MC+F vs. média de I+MC e I+F.

O modelo estatístico usado foi:

$$Y_{ij} = \mu + a_i + b_j + (a_i \times b_j) + e_{ij}$$

Onde: Y_{ij} = variável resposta dos leitões alimentados com multi-carboidrase (i) e fitase (j);

μ = efeito geral da média;

a_i = efeito fixo da multi-carboidrase;

b_j = efeito fixo da fitase;

$(a_i \times b_j)$ = efeito fixo da MC+F;

e_{ij} = erro termo (resíduo).

7 RESULTADOS

Devido a proximidade dos resultados, referente à perda de aminoácidos endógena no íleo dos leitões, submetidos à dieta referência (5% caseína) no Exp. 1 e 2, a média foi usada no cálculo da digestibilidade estandardizada dos AA do farelo de arroz integral e farelo de trigo. Os valores foram: arginina, 0,50; histidina, 0,31; isoleucina, 0,50; leucina, 0,80; lisina, 0,41; metionina, 0,21; fenilalanina, 0,52; treonina, 0,93; valina, 0,67; alanina, 0,76; aspargina, 0,60; cistina, 0,18; glutamina, 1,13; glicina, 0,63; prolina, 0,95; serina, 0,99 e tirosina, 0,35 g/kg.

Ensaio experimental 1: Farelo de arroz integral – FAI

A composição química analisada do FAI e das dietas experimentais são apresentadas nas tabelas 3 e 4. Respectivamente, os valores de energia bruta, proteína bruta, matéria mineral, FDN e FDA do FAI no presente experimento foram inferiores aos apresentados pelo NRC (2012): 4618 kcal kg⁻¹; 14,63; 14,32; 25,44 e 11,49%. Enquanto Rostagno et al. (2011), descreveram valores mais elevados de energia bruta e fibra em detergente ácido (FDA) (4302 kcal kg⁻¹ e 12,48%), mas valores semelhantes de proteína bruta e fibra em detergente neutro (FDN) (13,03 e 21,37%, respectivamente). Maior quantidade de extrato etéreo foi encontrada na presente avaliação, comparado ao NRC (2012) (13,33%) e Rostagno et al. (2011) (14,38%).

O perfil aminoacídico do farelo de arroz integral no presente experimento (Tabela 4) foi semelhante aos valores descritos no NRC (2012). As concentrações de AA dentro dos tratamentos, onde foram substituídos 30% da dieta referência pelo FAI também foram próximas, representando boa mistura das rações e homogeneidade dos nutrientes em cada tratamento.

A MC e F, isoladas, melhoraram a digestibilidade dos nutrientes do FAI, comparado com FAI sem enzimas, porém, quando combinadas o efeito ($P < 0,05$) se pronunciou sobre a digestibilidade aparente da proteína, sendo superior em 15,5% a MC e 15,8% a F isoladas (Tabela 5). De forma similar, quando usadas em conjunto, as enzimas melhoraram ($P < 0,05$) a ED, EM e EM/EB do FAI. Os valores de ED e EM do FAI, sem adição das enzimas foram, respectivamente, semelhantes aos descritos pelo NRC (2012) (3100 e 2997 kcal kg⁻¹) e menores aos revisados por Rostagno et al. (2011) (3259 e 3190 kcal kg⁻¹), assim como o

coeficiente de digestibilidade da proteína bruta apresentado na Tabela 5 foi menor ao (74,6%) descrito por Rostagno et al. (2011).

Tabela 3 - Composição analisada do farelo de arroz integral (FAI) e dietas experimentais usadas na coleta total¹

Item, %	Ingrediente	Dietas				
	FAI	R	RFAI	RFAI+MC	RFAI+F	RFAI+MC+F
Matéria seca	88,66	89,61	89,47	89,27	89,43	89,58
Energia bruta (kcal kg ⁻¹)	3957	3411	3579	3569	3550	3610
Proteína bruta	13,21	9,76	10,73	10,71	11,05	11,28
Matéria mineral	11,84	5,24	7,03	7,19	7,34	7,36
Fibra bruta	9,72	-	-	-	-	-
Fibra em detergente neutro	20,16	-	-	-	-	-
Fibra em detergente ácido	8,19	-	-	-	-	-
Extrato etéreo	17,00	-	-	-	-	-

¹R: dieta referência; RFAI: dieta referência + farelo de arroz integral; MC: multi-carboidrase; F: fitase.

Tabela 4 - Composição analisada dos aminoácidos (AA) do farelo de arroz integral (FAI) e dietas experimentais usadas na coleta ileal¹

Item, %	Ingrediente	Dietas				
	FAI	R	RFAI	RFAI+MC	RFAI+F	RFAI+MC+F
Matéria seca	88,66	89,61	89,47	89,27	89,43	89,58
AA essenciais						
Arginina	1,05	0,15	0,43	0,43	0,43	0,44
Histidina	0,38	0,13	0,21	0,22	0,22	0,22
Isoleucina	0,46	0,25	0,33	0,34	0,33	0,34
Leucina	0,91	0,44	0,61	0,63	0,62	0,63
Lisina	0,65	0,36	0,48	0,50	0,49	0,50
Metionina	0,22	0,11	0,15	0,12	0,14	0,15
Fenilalanina	0,57	0,34	0,44	0,47	0,46	0,49
Treonina	0,60	0,22	0,36	0,36	0,35	0,35
Valina	0,82	0,35	0,54	0,54	0,54	0,55
AA não essenciais						
Alanina	0,82	0,16	0,38	0,38	0,38	0,39
Aspargina	1,40	0,40	0,75	0,77	0,76	0,76
Cistina	0,18	0,02	0,06	0,05	0,05	0,05
Glutamina	1,68	0,91	1,16	1,20	1,06	1,18
Glicina	0,69	0,09	0,28	0,28	0,28	0,28
Prolina	0,58	0,40	0,45	0,47	0,46	0,47
Serina	0,65	0,26	0,38	0,39	0,36	0,40
Tirosina	0,47	0,24	0,34	0,35	0,34	0,35
Total AA	12,11	4,83	7,36	7,50	7,27	7,54

¹R: dieta referência; RFAI: dieta referência + farelo de arroz integral; MC: multi-carboidrase; F: fitase.

Para os AA essenciais, a multi-carboidrase melhorou ($P<0,05$) a SID da fenilalanina (89,83%). Resultados muito próximos foram encontrados na combinação das enzimas (89,63%) e da fitase na forma isolada (88,14%). De forma similar, as enzimas isoladas ou

combinadas, melhoraram a digestibilidade da alanina e prolina (Tabelas 6 e 7). A AID e SID dos aminoácidos, sem uso de enzimas, foram inferiores dos valores descritos no NRC (2012).

Tabela 5 - Balanço nutricional aparente do farelo de arroz integral (FAI), combinado ou não com enzimas, para leitões recém-desmamados¹

Item, %	Tratamentos				EPM	Probabilidade ²		
	RFAI	RFAI+MC	RFAI+F	RFAI+MC+F		C1	C2	C3
Matéria seca	64,74	66,48	67,78	69,63	0,771	0,224	0,045	0,969
Proteína bruta	68,61	70,93	70,75	81,92	1,461	0,002	0,003	0,029
N retido	55,89	58,87	62,10	71,35	1,558	0,003	<0,001	0,096
Matéria mineral	31,27	37,26	50,01	50,10	2,774	0,505	0,003	0,517
ED (kcal kg ⁻¹)*	3399	3436	3339	3691	40,677	0,004	0,112	0,015
EM (kcal kg ⁻¹)*	3377	3396	3277	3662	40,915	0,002	0,144	0,004
EM/EB	67,09	67,47	65,10	72,74	0,813	0,002	0,144	0,004

¹RFAI: dieta referência + farelo de arroz integral; MC: multi-carboidrase; F: fitase; EPM: Erro padrão da média; ED: Energia digestível; EM: Energia metabolizável; EB: energia bruta. *Valores calculados com base em MS 100%.

²Contrastes: C1 = Média de I+MC e I+MC+F vs. média de I e I+F. C2 = Média de I+F e I+MC+F vs. média de I e I+MC. C3 = Média de I e I+MC+F vs. média de I+MC e I+F.

Tabela 6 - Digestibilidade ileal aparente (%) dos aminoácidos (AA) do farelo de arroz integral (FAI), combinado ou não com enzimas, para leitões recém-desmamados¹

Item, %	Tratamentos				EPM	Probabilidade ²		
	RFAI	RFAI+MC	RFAI+F	RFAI+MC+F		C1	C2	C3
AA essenciais								
Arginina	57,26	75,70	63,22	74,31	2,082	<0,001	0,357	0,147
Histidina	66,62	77,49	67,86	77,16	1,470	<0,001	0,821	0,695
Isoleucina	56,99	72,14	57,37	70,73	1,998	<0,001	0,839	0,724
Leucina	56,33	74,24	61,88	72,47	1,979	<0,001	0,403	0,116
Lisina	59,32	76,84	61,56	77,47	2,093	<0,001	0,433	0,658
Metionina	61,70	72,30	67,81	72,92	1,575	0,008	0,213	0,305
Fenilalanina	62,13	78,77	80,84	79,09	1,968	0,002	<0,001	<0,001
Treonina	36,91	54,93	36,05	55,16	2,273	<0,001	0,857	0,756
Valina	57,14	74,48	58,65	73,19	2,063	<0,001	0,958	0,505
AA não essenciais								
Alanina	41,92	69,52	54,03	70,23	2,800	<0,001	0,001	0,003
Aspargina	53,88	67,34	53,17	65,90	2,042	0,005	0,724	0,906
Glutamina	64,40	77,54	67,45	76,11	1,4509	<0,001	0,596	0,152
Prolina	50,05	70,67	62,73	70,48	2,030	<0,001	<0,001	<0,001
Serina	43,07	63,96	48,64	62,00	2,269	<0,001	0,512	0,144
Tirosina	61,00	75,90	65,06	74,54	1,737	<0,001	0,531	0,218

¹RFAI: dieta referência + farelo de arroz integral; MC: multi-carboidrase; Fit: fitase. EPM: Erro padrão da média.

²Contrastes: C1 = Média de I+MC e I+MC+F vs. média de I e I+F. C2 = Média de I+F e I+MC+F vs. média de I e I+MC. C3 = Média de I e I+MC+F vs. média de I+MC e I+F.

Tabela 7 - Digestibilidade ileal estandardizada (%) dos aminoácidos (AA) do farelo de arroz integral (FAI), combinado ou não com enzimas, para leitões recém-desmamados¹

combinado ou não com enzimas, para leitões recém desmamados								
Item, %	Tratamentos				EPM	Probabilidade ²		
	RFAI	RFAI+MC	RFAI+F	RFAI+MC+F		C1	C2	C3
AA essenciais								
Arginina	68,91	87,32	76,06	85,81	2,044	<0,001	0,259	0,092
Histidina	81,28	91,74	83,89	91,58	1,393	<0,001	0,542	0,492
Isoleucina	71,91	86,63	73,91	85,40	1,898	<0,001	0,879	0,525
Leucina	69,48	87,02	76,22	85,19	1,912	<0,001	0,282	0,069
Lisina	67,73	85,00	70,77	85,52	2,027	<0,001	0,333	0,489
Metionina	75,59	89,53	82,66	86,47	1,688	0,004	0,451	0,069
Fenilalanina	73,82	89,83	88,14	89,63	1,788	<0,001	0,003	0,002
Treonina	62,93	80,92	65,48	81,50	2,114	<0,001	0,376	0,575
Valina	69,48	86,87	72,87	85,43	1,981	<0,001	0,642	0,257
AA não essenciais								
Alanina	62,12	89,50	76,09	89,87	2,724	<0,001	<0,001	<0,001
Aspargina	61,87	75,09	62,03	73,81	1,991	<0,001	0,854	0,815
Glutamina	74,13	86,97	78,16	85,74	1,398	<0,001	0,362	0,096
Prolina	71,08	90,82	85,26	90,66	1,953	<0,001	<0,001	<0,001
Serina	68,99	90,14	76,22	86,84	2,130	<0,001	0,328	0,016
Tirosina	71,23	85,92	76,31	84,55	1,689	<0,001	0,393	0,146

¹RFAI: dieta referência + farelo de arroz integral; MC: multi-carboidrase; Fit: fitase. EPM: Erro padrão da média.

²Contrastes: C1 = Média de I+MC e I+MC+F vs. média de I e I+F. C2 = Média de I+F e I+MC+F vs. média de I e I+MC. C3 = Média de I e I+MC+F vs. média de I+MC e I+F.

Experimento 2: Farelo de trigo – FT

As composições analisadas dos nutrientes e da energia do FT e das dietas experimentais são apresentadas nas tabelas 8 e 9. O perfil nutricional do FT do presente experimento foi semelhante aqueles descritos por Rostagno et al. (2011) e NRC (2012), com exceção da energia bruta (3444 vs. 4022 e 3881 kcal kg⁻¹, respectivamente) que apresentou diferenças mais expressivas.

Apesar dos valores de proteína bruta do farelo de trigo do presente experimento (Tabela 8) serem semelhantes, comparados ao NRC (2012), grande variação no perfil de aminoácidos foi encontrado, conforme descrito, respectivamente: aginina, 1,18 e 0,77%; histidina, 0,46 e 0,39%; isoleucina, 0,52 e 0,47%; leucina, 0,97 e 0,80%; lisina, 0,71 e 0,52; metionina, 0,19 e 0,22%; fenilalanina, 0,57 e 0,49%; treonina, 0,64 e 0,60%; valina, 0,89 e 0,66%; alanina, 0,79 e 1,79%; aspargina, 1,37 e 3,38%; cistina, 0,16 e 0,74%; glutamina, 2,61 e 5,03%; glicina, 0,86 e 1,44%; prolina, 0,92 e 0,00%; serina, 0,76 e 1,52%; tirosina, 0,45 e 0,69%.

As concentrações de AA dentro dos tratamentos, onde foram substituídos 30% da dieta referência pelo farelo de trigo também foram próximas, representando boa mistura das rações e homogeneidade dos nutrientes em cada tratamento.

Tabela 8 - Composição analisada do farelo de trigo (FT) e dietas experimentais usadas na coleta total¹

Item, %	Ingrediente	Dietas				
	FT	R	RFT	RFT+MC	RFT+F	RFT+MC+F
Matéria seca	87,64	88,95	89,09	88,91	89,10	89,17
Energia bruta (kcal kg ⁻¹)	3444	3398	3426	3462	3475	3477
Proteína bruta	15,36	10,55	11,51	11,63	12,05	12,52
Matéria mineral	5,88	5,85	5,73	5,58	5,74	5,89
Fibra bruta	9,72	-	-	-	-	-
Fibra em detergente neutro	41,08	-	-	-	-	-
Fibra em detergente ácido	12,80	-	-	-	-	-
Extrato etéreo	3,15	-	-	-	-	-

¹R: dieta referência; RFT: dieta referência + farelo de trigo; MC: multi-carboidrase; F: fitase.

Tabela 9 - Composição analisada dos aminoácidos (AA) do farelo de trigo (FT) e dietas experimentais usadas na coleta ileal¹

Item, %	Ingrediente	Dietas				
	FT	R	RFT	RFT+MC	RFT+F	RFT+MC+F
Matéria seca	87,64	88,95	89,09	88,91	89,10	89,17
AA essenciais						
Arginina	1,18	0,16	0,44	0,43	0,43	0,44
Histidina	0,46	0,14	0,23	0,22	0,22	0,22
Isoleucina	0,52	0,26	0,33	0,31	0,32	0,32
Leucina	0,97	0,44	0,59	0,59	0,60	0,59
Lisina	0,71	0,36	0,47	0,45	0,46	0,46
Metionina	0,19	0,12	0,14	0,14	0,14	0,13
Fenilalanina	0,57	0,36	0,47	0,45	0,45	0,46
Treonina	0,64	0,23	0,33	0,33	0,33	0,33
Valina	0,89	0,36	0,48	0,47	0,47	0,48
AA não essenciais						
Alanina	0,79	0,17	0,34	0,33	0,33	0,34
Asparagina	1,37	0,43	0,69	0,67	0,67	0,68
Cistina	0,16	0,020	0,05	0,05	0,05	0,04
Glutamina	2,61	0,98	1,44	1,43	1,43	1,43
Glicina	0,86	0,10	0,31	0,30	0,30	0,29
Prolina	0,92	0,45	0,56	0,55	0,57	0,56
Serina	0,76	0,28	0,40	0,40	0,40	0,40
Tirosina	0,45	0,25	0,33	0,32	0,33	0,31
Total AA	14,03	5,11	7,58	7,46	7,49	7,47

¹R: dieta referência; RFT: dieta referência + farelo de trigo; MC: multi-carboidrase; F: fitase.

Não houve efeito ($P>0,05$) das enzimas conjugadas sobre a digestibilidade dos nutrientes e da energia do FT (Tabelas 10, 11 e 12). Os valores de ED (2500 kcal kg⁻¹) e EM (2450 kcal kg⁻¹) do farelo de trigo, sem uso de enzimas, foram superiores aos valores descritos por Rostagno et al. (2011) (2476 e 2363 kcal kg⁻¹) e NRC (2012) (2420 e 2318 kcal kg⁻¹). O coeficiente de digestibilidade da proteína bruta do farelo de trigo sem uso de enzimas foi 10,91% inferior daquele descrito por Rostagno et al. (2011).

Tabela 10 - Balanço nutricional aparente (%) do farelo de trigo (FT), combinado ou não com enzimas, para leitões recém-desmamados¹

Item, %	Tratamentos				EPM	Probabilidade ²		
	RFT	RFT+MC	RFT+F	RFT+MC+F		C1	C2	C3
Matéria seca	65,50	68,33	66,61	69,59	0,548	0,005	0,207	0,934
Proteína bruta	71,23	74,97	72,84	81,27	1,277	0,009	0,069	0,265
N retido	51,76	55,24	50,87	55,89	1,294	0,123	0,965	0,772
Matéria mineral	38,72	48,52	54,77	54,67	1,948	0,092	0,001	0,086
ED (kcal kg ⁻¹)*	2862	3098	3051	3164	29,651	<0,001	0,001	0,074
EM (kcal kg ⁻¹)*	2804	3056	2996	3082	32,382	0,002	0,028	0,083
EM/EB	62,55	68,18	66,83	68,75	0,722	0,002	0,028	0,083

¹RFT: dieta referência + farelo de trigo; MC: multi-carboidrase; F: fitase; EPM: Erro padrão da média; ED: energia digestível; EM: energia metabolizável; EB: energia bruta; *Valores calculados com base em MS 100%.

²Contrastes: C1 = Média de I+MC e I+MC+F vs. média de I e I+F. C2 = Média de I+F e I+MC+F vs. média de I e I+MC. C3 = Média de I e I+MC+F vs. média de I+MC e I+F.

Tabela 11 - Digestibilidade ileal aparente (%) dos aminoácidos (AA) do farelo de trigo (FT), combinado ou não com enzimas, para leitões recém-desmamados¹

com enzimas, para leites recém-desmamados								
Item, %	Tratamentos				EPM	Probabilidade ²		
	RFT	RFT+MC	RFT+F	RFT+MC+F		C1	C2	C3
AA essenciais								
Arginina	65,38	71,50	70,86	70,93	1,281	0,233	0,340	0,244
Histidina	66,10	75,43	74,70	74,49	1,465	0,094	0,154	0,081
Isoleucina	62,07	69,86	70,86	69,44	1,788	0,374	0,247	0,205
Leucina	66,00	74,96	76,28	74,62	1,558	0,198	0,086	0,068
Lisina	62,02	69,90	70,28	71,26	1,468	0,109	0,084	0,204
Metionina	66,39	77,25	76,75	76,58	1,532	0,093	0,009	0,219
Fenilalanina	74,20	80,69	80,81	80,68	1,299	0,213	0,197	0,197
Treonina	48,88	46,66	49,44	50,89	1,718	0,918	0,523	0,623
Valina	63,11	69,46	70,30	71,17	1,590	0,258	0,168	0,387
AA não essenciais								
Alanina	46,50	56,11	59,56	61,56	1,947	0,080	0,008	0,238
Aspargina	55,74	59,95	62,99	62,94	1,795	0,574	0,177	0,564
Glutamina	69,61	77,66	78,91	77,16	1,710	0,346	0,194	0,151
Prolina	56,28	65,44	68,45	70,05	2,109	0,170	0,040	0,328
Serina	51,83	57,39	59,09	63,13	1,889	0,200	0,088	0,835
Tirosina	63,79	75,49	76,29	75,15	1,708	0,184	0,122	0,117

¹RFT: dieta referência + farelo de trigo; MC: multi-carboidrase; F: fitase. EPM: Erro padrão da média.

²Contrastes: C1 = Média de I+MC e I+MC+F vs. média de I e I+F. C2 = Média de I+F e I+MC+F vs. média de I e I+MC. C3 = Média de I e I+MC+F vs. média de I+MC e I+F.

Na forma isolada, a enzima MC melhorou a digestibilidade aparente da matéria seca, proteína e energia ($P<0,05$) do farelo de trigo, enquanto a fitase melhorou a digestibilidade da matéria mineral e energia ($P<0,05$), com tendência de melhora no coeficiente de digestibilidade da proteína ($P=0,07$). Efeito positivo da fitase também foi percebido na SID da alanina e prolina ($P<0,05$), além de uma tendência de melhora na digestibilidade da serina ($P=0,06$), leucina e lisina ($P=0,07$). Com uso da MC, isolada, aumento na SID da alanina ($P=0,05$) e tendência de aumento na digestibilidade da histidina ($P=0,07$) e lisina ($P=0,08$)

foram encontrados. Comparado com os valores descritos por Rostagno et al. (2011) e NRC (2012), o farelo de trigo, sem enzimas, apresentou a menor AID e SID em todos os AA analisados.

Tabela 12 - Digestibilidade ileal estandardizada (%) dos aminoácidos (AA) do farelo de trigo (FT) combinado ou não com enzimas para leitões recém-desmamados¹

Não com enzimas para testes recém designados								
Item, %	Tratamentos				EPM	Probabilidade ²		
	RFT	RFT+MC	RFT+F	RFT+MC+F		C1	C2	C3
AA essenciais								
Arginina	76,81	83,09	82,58	83,13	1,299	0,191	0,262	0,269
Histidina	80,00	89,64	88,85	89,30	1,494	0,066	0,116	0,092
Isoleucina	77,32	85,79	86,55	85,83	1,819	0,282	0,202	0,205
Leucina	79,20	88,43	89,67	88,68	1,581	0,149	0,066	0,078
Lisina	70,63	78,83	79,13	80,58	1,496	0,083	0,067	0,214
Metionina	75,68	86,34	86,98	86,79	1,541	0,167	0,106	0,109
Fenilalanina	85,25	92,22	92,35	91,92	1,320	0,202	0,185	0,151
Treonina	76,67	74,92	77,57	80,56	1,747	0,868	0,386	0,527
Valina	76,80	83,67	84,38	85,89	1,624	0,193	0,131	0,397
AA não essenciais								
Alanina	68,84	78,86	82,45	85,56	2,028	0,051	0,005	0,282
Aspargina	64,50	68,90	71,93	72,34	1,810	0,516	0,153	0,589
Glutamina	77,49	85,60	86,83	85,53	1,717	0,310	0,173	0,167
Prolina	73,14	82,52	85,17	87,81	2,136	0,128	0,034	0,382
Serina	76,68	82,28	84,08	89,63	1,956	0,139	0,056	0,996
Tirosina	74,40	86,31	87,01	86,46	1,728	0,083	0,097	0,102

¹RFT: dieta referência + farelo de trigo; MC: multi-carboidrase; F: fitase. EPM: Erro padrão da média.

²Contrastes: C1 = Média de I+MC e I+MC+F vs. média de I e I+F. C2 = Média de I+F e I+MC+F vs. média de I e I+MC. C3 = Média de I e I+MC+F vs. média de I+MC e I+F.

8 DISCUSSÃO

Experimento 1: Farelo de arroz integral – FAI

As diferenças encontradas na composição dos nutrientes e da energia do FAI do presente experimento, comparado aos descritos na literatura, podem estar relacionadas às características intrínsecas do ingrediente nas diferentes avaliações.

O menor coeficiente de digestibilidade da proteína bruta encontrada no FAI do presente experimento, comparado a Rostagno et al. (2011) está relacionado ao menor aproveitamento do N dietético, como os resultados descritos por Kunrath et al. (2010) que também verificaram menor coeficiente de digestibilidade do farelo de arroz desengordurado usando suínos em crescimento. Variações nas composições do farelo de arroz são comuns, sendo que o teor de polimento, resíduo, casca e tipo de arroz, são as principais fontes de variação (PESTANA et al., 2008). Segundo Linfield (1985), o farelo de arroz integral constitui uma excelente fonte de energia, porém, seu alto teor de óleo, torna-o susceptível à peroxidação, principalmente em regiões de clima quente, úmido ou em condições de armazenagem inadequadas. Segundo Cabel et al. (1988) e Barbi et al. (1999), a peroxidação da gordura nas rações reduz seu valor nutritivo e leva à formação de produtos tóxicos. No presente experimento, análise de acidez e índice de peróxidos do farelo de arroz integral foi realizada para verificar o perfil nutricional e as concentrações aceitáveis para uso do mesmo nas rações (acidez < 10mg NaOH/g e índice de peróxidos < que 5 meq/1000g). Antioxidante também foi utilizado para retardar a deteriorização oxidativa do ingrediente. De acordo com Blas et al. (2003), a adição de antioxidante ajuda a retardar o problema mas não previne por completo a ação resultante da presença de ácidos graxos livres, já que o antioxidante previne a rancificação oxidativa, mas não a hidrolítica. Além disso, o processo de deterioração pode ser muito rápido, em algumas circunstâncias se tem observado níveis de oxidação de 10% em poucas horas após a obtenção do farelo de arroz integral. Nenhum problema relacionado à perda de valor nutricional do FAI pela peroxidação do óleo foi observado no presente experimento.

Os valores inferiores na digestibilidade dos AA do FAI (sem enzimas), comparado aos dados da literatura, comprovam a hipótese do trabalho que previa resultados inferiores na digestibilidade dos nutrientes pela menor eficiência dos leitões jovens no aproveitamento dos componentes do farelo de arroz integral. Desta forma, resultados da literatura podem superestimar a digestibilidade dos nutrientes, quando as referências são animais nas fases

após o desmame, no período de creche, ao extrapolar dados obtidos sob condições fisiológicas do trato digestório de leitões mais desenvolvidos. A forma de processamento do ingrediente, granulometria, forma da ração (*pellet* vs. farelo), composição e uniformidade do ingrediente, também podem contribuir para mudanças nos coeficientes de digestibilidade (GADIANT, 1986; NIR; HILLEL, 1994).

Apesar de alguns resultados controversos encontrados na literatura pelo uso de enzimas em dietas de suínos (KEMME et al., 1999; TRAYLOR et al., 2001; BARRERA et al., 2004), a multi-carboidrase, no presente experimento, melhorou a digestibilidade de todos os AA do FAI ($P < 0,05$). Adeola e Cowieson (2011) mostraram que alguns resultados positivos pela ação de carboidrases em dietas de suínos ocorrem devido à redução nas perdas de aminoácidos endógenos, no entanto, a ação desta enzima parece ser mais efetiva sobre os componentes da fibra, visto que ocorre uma melhora na digestibilidade dos aminoácidos pela liberação de nutrientes até então inacessíveis. De acordo com o mesmo autor, as inúmeras limitações impostas pelo trato gastrointestinal de suínos jovens, comparado a animais em fases subsequentes de vida, bem como as consequências negativas de alimentos fibrosos, poderiam fazer da suplementação das carboidrases uma intervenção essencial nas dietas destes animais, sempre que alimentos com estas características fossem utilizados nas formulações.

A inclusão da enzima fitase ao farelo de arroz integral melhorou a digestibilidade de alguns AA, mas não de todos, como ocorreu quando a enzima multi-carboidrase foi usada. A capacidade das enzimas exógenas melhorarem a digestibilidade dos nutrientes depende do nível de atividade enzimática e disponibilidade de substrato (Emiola et al., 2009). Geralmente alimentos com maior quantidade de PNAs, intuitivamente, respondem melhor a suplementação de carboidrases (ADEOLA; COWIESON, 2011). No presente experimento, a quantidade e a composição bromatológica do farelo de arroz integral favoreceram de forma mais pronunciada a ação da multi-carboidrase e em menor proporção a ação da fitase sobre a digestibilidade dos AA.

Experimento 2: Farelo de trigo – FT

Assim como ocorreu no farelo de arroz integral, as diferenças encontradas na composição dos nutrientes e da energia do farelo de trigo do presente experimento, comparadas aos descritos na literatura, podem estar relacionadas às características intrínsecas do ingrediente nas diferentes avaliações.

Os maiores valores de ED e EM do FT, sem uso de enzimas, na presente avaliação, comparado com os valores descritos na literatura, mostraram a alta capacidade dos leitões no aproveitamento da energia bruta do farelo de trigo. No entanto, o perfil de nutrientes do FT do presente experimento foi diferente daqueles valores descritos na literatura, indicando que as características intrínsecas do ingrediente, em conjunto com as características fisiológicas dos leitões, podem ter contribuído para a maior digestibilidade da energia.

O aumento na digestibilidade aparente da energia pelo uso de enzimas exógenas vai de acordo com os resultados obtidos por Nortey et al. (2007a, 2008), que também encontraram efeitos positivos na digestibilidade da energia bruta quando utilizaram xilanase suplementar em dietas contendo farelo de trigo para suínos. Uma vez que a enzima suplementar tenha afinidade pelo substrato, aumentos na digestibilidade podem ser observados (ZIJLSTRA et al., 1999). Aumento na digestibilidade dos nutrientes e da energia pelo uso da carboidrase em dietas de suínos e aves também foi reportado por Campbell e Bedford (1992); Bedford (1995, 2000) e Nortey et al. (2007b).

O menor coeficiente de digestibilidade da proteína bruta do farelo de trigo, sem uso de enzimas, comparado aos dados da literatura, pode estar relacionado com a alta quantidade de fibra bruta (7,77%) do ingrediente (NRC, 2012) e também pela limitação do trato gastrointestinal dos leitões no aproveitamento da fração nitrogenada do FT. De acordo com Choct e Annison (1992), as fibras quando dissolvidas no intestino delgado tornam-se material viscoso (gel) que afetam o aproveitamento dos nutrientes. Segundo Weber e Kerr (2012), com o aumento da fibra dietética, alterações fisiológicas no trato gastrointestinal ocorrem, com consequente aumento na demanda de energia pelo intestino e repartição dos estoques endógenos de glicogênio e lipídios. De acordo com Yen et al. (1991), o aumento da fibra na dieta resulta em mais substrato no intestino grosso e consequente aumento na produção de ácidos graxos voláteis pelo aumento da fermentação neste sítio. Para suínos em crescimento, a energia gerada neste processo poderia contribuir com 24% da energia para produção de calor corporal. Assim como no presente experimento, Eklund et al. (2014) também encontraram resultados inferiores na digestibilidade da maioria dos AA do farelo de trigo, em suínos em crescimento, comparado ao NRC (1998). De acordo com King et al. (2000) a medida que o animal cresce, nota-se o aparecimento e desenvolvimento das hidrolases digestivas intestinais, sendo assim, a capacidade do intestino em absorver os nutrientes caracteriza-se em quando os animais são capazes de assimilar macromoléculas ingeridas. Estudos sobre o desenvolvimento das funções digestivas incluindo hidrolases (MATASUSHITA, 1985; BIVIANO et al., 1993) e de sistemas de transporte (BUDDINGTON; DIAMANTE, 1990; SORIANO; PLANAS,

1998) tem relatado diferenças relacionadas à idade na atividades das hidrolases no intestino delgado e taxas de transporte de AA.

Quando as enzimas multi-carboidrase e fitase foram adicionadas às dietas, nas formas isoladas, se mostraram eficientes na ação contra os fatores antinutricionais do farelo de trigo e melhoraram a digestibilidade de alguns AA, mas não de todos. De acordo com Tahir et al. (2008), o aumento na digestibilidade do N e dos aminoácidos, pelo uso das carboidrases, parece ocorrer de forma indireta, através da liberação das proteínas complexadas à fibra, facilitando a ação das proteases digestivas. O mesmo parece ocorrer com a enzima fitase na hidrólise do ácido fítico e dos nutrientes a ele complexados. No presente experimento, efeito positivo das enzimas na SID de alguns AA foi encontrado, no entanto, segundo Adeola e Cowieson (2011), apesar de muitos estudos comprovarem a eficiência da enzima fitase no aproveitamento do P, os efeitos positivos sobre outros nutrientes nem sempre são observados.

Alguns estudos demonstraram melhor digestibilidade dos AA pelo uso da fitase em dietas a base de trigo (DIEBOLD et al., 2004; BARRERA et al., 2004; VAHJEN et al., 2007), cevada (LI et al., 1996) e nos sub produtos do trigo provindos de destilarias (DDGS) (EMIOLA et al., 2009) para suínos. Resultados positivos na digestibilidade de AA pelo uso da enzima carboidrase também foram descritos por Adeola e Cowieson (2011), porém, a ação principal desta enzima parece ocorrer sobre a fibra e as frações dos PNAs e não necessariamente sobre os AA. Conforme revisado por Simon (1998), enzimas carboidrases que atuam sobre os PNAs podem ter vários modos de ação, a hidrólise parcial dos fatores antinutricionais, diminuição na viscosidade da digesta e na ruptura dos PNAs contidos nas paredes celulares.

9 CONCLUSÃO

O farelo de arroz integral e o farelo de trigo, sem uso de enzimas, apresentam AID e SID de AA inferior daqueles valores descritos na literatura, provavelmente usando suínos em fases mais avançadas de crescimento. De forma similar, a digestibilidade aparente da energia do farelo de arroz integral, sem uso de enzimas, também é menor. Conforme hipotetizado, leitões com 5 a 6 semanas de idade apresentam menor capacidade de aproveitar a energia e os nutrientes da dieta, comparado com leitões em fases subsequentes, e, portanto, ajustes nas tabelas de formulação de dietas de leitões jovens, quando o farelo de arroz integral e o farelo de trigo são usados, devem ser levados em consideração.

A enzima multi-carboidrase é uma alternativa para aumentar a SID dos AA do farelo de arroz integral, no entanto, não altera a SID dos AA do farelo de trigo. A enzima fitase não altera a SID da maior parte dos AA de ambos os ingredientes. Em conjunto, as enzimas são uma alternativa para aumentar a digestibilidade aparente da energia e proteína do farelo de arroz integral.

REFERÊNCIAS

- ADEOLA, O.; COWIESON, A. J. Board-invited review: Opportunities and challenges in using exogenous enzymes to improve nonruminant animal production. **Journal of Animal Science**, v. 89, p. 3189-3218, 2011.
- ADEOLA, O.; KING, D. E. Developmental changes in morphometry of the small intestine and jejunal sucrase activity during the first nine weeks of postnatal growth in pigs. **Journal of Animal Science**, v. 84, p. 112-118, 2006.
- AOAC., 1990. **Official methods of analysis**. 15th ed. Association of Analytical Chemistry, Washington, DC.
- BARBI, J. H.; BECKER, B. G.; ROBEY, W. Antioxidantes em rações avícolas. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE NUTRIÇÃO DE AVES, 1., 1999, Campinas. **Anais...** Campinas: Fundação Apinco de Ciência e Tecnologia Avícolas, p. 219-246, 1999.
- BARRERA, M.; CERVANTES, M.; SAUER, W. C.; ARAIZA, A. B.; TOR-RENTERA, N.; CERVANTES, M. Ileal amino acid digestibility and performance of growing pigs fed wheat-based diets supplemented with xylanase. **Journal of animal science**, v. 82, p. 1997-2003, 2004.
- 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.
- BEDFORD, M. R. Mechanism of action and potential environmental benefits from the uses of dietary enzymes. **Animal Feed Science and Technology**, v. 53, p. 145-155, 1995.
- BIVIANO, A. B.; MARTINEZ DEL RIO, C.; PHILLIPS, D. L. Ontogenesis of intestinal morphology and intestinal disaccharidases in chicken (*Gallus gallus*) fed contrasting purified diets. **Journal of Comparative Physiology B**, v. 163, p. 508-518, 1993.
- BLAS, C.; MATEOS, G. G.; REBOLLAR, P. G. (Ed.). **Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la formulación de piensos compuestos**. 2nd. ed. Madrid: Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal, 423p., 2003.
- BUDDINGTON, R. K.; DIAMOND, J. M. Ontogenetic development monosaccharide and amino acid transporters in rabbit intestine. **American Journal of Physiology**, v. 259, p. 544-555, 1990.
- CABEL, M. C.; WALDROUP, P. W.; SHERMER, W. D.; CALABOTTA, D. F. Effects of ethoxyquin dietary preservative and peroxide level on broiler performance. **Poultry Science**, v. 67, n. 12, p. 1725-1730, 1988.
- CAMPBELL, G. L.; BEDFORD, M. R. Enzyme applications for monogastric diets: A review. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 72, p. 449-466, 1992.
- CAMPBELL, G. L., CAMPBELL, L. D., BLAIR, R. Calculation of metabolizable energy for ingredients incorporated at low levels into a reference diet. **Poultry Science**, v. 62, p. 705-707, 1983.

CHOCT, M.; ANNISON, G. Anti-nutritive activity of wheat pentosans in broiler chickens: roles of viscosity and gut microflora. **British Poultry Science**, v. 33, p. 821-834, 1992.

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

EKLUND, M.; RADEMACHER, M.; SAUER, W. C.; BLANK, R.; MOSENTHIN, R. Standardized ileal digestibility of amino acids in alfalfa meal, sugar beet pulp, and wheat bran compared to wheat and protein ingredients for growing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 92, p. 1037-1043, 2014.

EMIOLA, I. A.; OPAPEJU, F. O.; SLOMINSKI, B. A.; NYACHOTI, C. M. Growth performance and nutrient digestibility in pigs fed wheat distillers dried grains with solubles-based diets supplemented with a multicarbohydase enzyme. **Journal of animal science**, v. 87, p. 2315-2322, 2009.

GADIANT, M. Effect of pelleting on nutritional quality of dieta. **Proccedings...** MARILAND NUTRITION CONFERENCE FOR DIETA MANUFACTURERS, p. 73-79, 1986.

GOERING, H. K.; VAN SOEST, P. J. **Forage fiber analysis** (Apparatus, reagents, procedures and some applications). Washington, DC: USDA, (Agricultural Handbook, 379), 1970.

HERFEL, T.; JACOBI, S.; LIN, X.; VAN HEUGTEN, E.; FELLNER, V.; ODLE, J. Stabilized rice bran improves weaning pig performance via a prebiotic mechanism. **Journal of Animal Science**, v. 91, p. 907-913, 2013.

KEMME, P. A.; JONGBLOED, A. W.; MROZ, Z.; BEYNEN, A. C. Digestibility of nutrients in growing-finishing pigs is affected by *Aspergillus niger* phytase, phytate, and lactic acid levels: 1. Apparent ileal digestibility of amino acids. **Livestock Production Science**, v. 58, p. 107-117, 1999.

KING, D. E.; ASEM, E. K.; ADEOLA, O. Ontogenetic development of intestinal digestive functions in White Pekin ducks. **Journal of Nutrition**, v. 130, p. 57-62, 2000.

KRATZER, F. H.; EARL, L.; CHIARAVANONT, C. Factors influencing the dietaing value of rice bran in chickens. **Poultry Science**, v. 53, p. 1795-1800, 1974.

KUNRATH, M. A.; KESSLER, A. M.; RIBEIRO, A. M. L.; VIEIRA, M. M.; SILVA, G. L. S.; PEIXOTO, F. D. Metodologias de avaliação do valor nutricional do farelo de arroz desengordurado para suínos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, p. 1172-1179, 2010.

LI, S.; SAUER, W. C.; HUANG, S. X. Effect of b-glucanase supplementation to hullless barley- or wheat-soybean meal diets on the digestibilities of energy, protein, b-glucans, and amino acids in young pigs. **Journal of Animal Science**, v. 74, p. 1649-1656, 1996.

LINFIELD, W. M.; SEROTA, S.; SIVIERI, L. Lipid-lipase interaction, a new method for the assay of lipase activity. **Journal of American Oil Chemists' Society**, v. 62, p. 1152-1154, 1985.

MATASUSHITA, S. Development of sucrase in the chicken small intestine. **Journal of Experimental Zoology**, v. 233, p. 377-383, 1985.

MEDEL, P.; SALADO, S.; DE BLAS, J. C.; MATEOS, G. G. Processed cereals in diets for early-weaned piglets. **Animal Feed Science and Technology**, v. 82, p. 145-156, 1999.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient Requirements of Swine**. Tenth Revised Edition, Washington: D.C: The National Academies Press, 1998.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient Requirements of Swine**. Eleventh Revised Edition, Washington: D.C: The National Academies Press, 2012. 400 p.

NIR. I.; HILLEL, R. Effect of grain particle size on performance. 2. Grain texture interaction. **Poultry Science**, v. 73, p. 781-791, 1994.

NOBLET, J.; FORTUNE, H.; SHI, X. S.; DUBOIS, S. Prediction of net energy value of dietas for growing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 72, p. 344-354, 1994.

NORTEY, T. N.; PATIENCE, J. F.; SANDS, J. S.; ZIJLSTRA, R. T. Xylanase supplementation improves energy digestibility of wheat by-products in grower pigs. **Livestock Science**, v. 109, p. 96-99, 2007a.

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, 2007b.

NORTEY, T. N.; PATIENCE, J. F.; SANDS, J. S.; TROTTIER, N. L.; ZIJLSTRA, R. T. Effects of xylanase supplementation on digestibility and digestible content of energy, amino acids, phosphorus, and calcium in wheat by-products from dry milling in grower pigs. **Journal of Animal Science**, v. 86, p. 3450-3464, 2008.

NYACHOTI, C. M.; DE LANGE, C. F. M.; SCHULZE, H. Estimating endogenous amino acid flows at the terminal ileum and true ileal amino acid digestibilities in dietastuffs for growing pigs using the homoarginine method. **Journal of Animal Science**, v. 75, p. 3206-3213, 1997.

PATIENCE, J. F.; DEROUCHEY, J. M. **Diet Additives for Swine - Enzymes and Phytase**. In: NATIONAL SWINE NUTRITION GUIDE, 5p., 2010.

PESTANA, V.; MENDONÇA, C.; ZAMBIAZI, R. Farelo de arroz: características, benefícios a saúde e aplicações. **Boletim do centro de pesquisa e processamento de alimentos**, v. 26, p. 29-40, 2008.

POULSEN, H. D. Zinc oxide for pigs during the weaning period. Publication no. 746. **Danish Institute of Animal Science**, Tjele, Denmark, 1989.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; OLIVEIRA, R. F. **Tabelas Brasileiras Para aves e suínos. Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais**. 3ª ed. Viçosa: UFV, 252p., 2011.

SANDS, J. S.; RAGLAND, D.; DILGER, R. N.; ADEOLA, O. Responses of pigs to *Aspergillus niger* phytase supplementation of low-protein or high-phytin diets. **Journal of Animal Science**, v. 87, p. 2581-2589, 2009.

SAS Institute Inc. 2008. **SAS/STAT® 9.2 User's Guide**. Cary, NC, USA: SAS Institute Inc.

SIMON, O. The mode of action of NSP hydrolyzing enzymes in the gastrointestinal tract. **Journal of Animal and Diets Sciences**, v. 7, p. 115-123, 1998.

SIMONS, P. C.; VERSTEEGH, H. A.; JONGBLOED, A. W.; KEMME, P. A.; SLUMP, P.; BOS, K. D.; WOLTERS, M. G.; BEUDEKER, R. F.; VERSCHOOR, G. J. Improvement of phosphorus availability by microbial phytase in broilers and pigs. **British Journal of Nutrition**, v. 64, p. 525-540, 1990.

SORIANO, M. E.; PLANAS, J. M. Developmental study of amethyl -D-glucoside and L-proline uptake in the small intestine of chicken. **Poultry Science**, v. 77, p. 1347-1353, 1998.

STEIN, H. H.; SÈVE, B.; FULLER, M. F.; MOUGHAN, P. J.; DE LANGE, C. F.; Invited review: Amino acid bioavailability and digestibility in pig fed ingredients: Terminology and application. **Journal of Animal Science**, v. 85, p. 172-180, 2007.

TAHIR, M.; SALEH, F.; OHTSUKA, A.; HAYASHI, K. An effective combination of carbohydrases that enables reduction of dietary protein in broilers: Importance of hemicellulose. **Poultry Science**, v. 87, p. 713-718, 2008.

TRAYLOR, S. L.; CROMWELL, G. L.; LINDEMANN, M. D.; KNABE, D. A. Effects of level of supplemental phytase on ileal digestibility of amino acids, calcium, and phosphorus in dehulled soybean meal for growing pigs. **Journal of animal science**, v. 79, p. 2634-2642, 2001.

TRINDADE NETO, M. A.; LIMA, J. A.; FIALHO, E. T.; OLIVEIRA, A. I. G. Avaliação química e biológica de glúten de milho (FGM), com suínos em crescimento e terminação. **Revista Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 23, n. 3, p. 497-505, 1994.

VAHJEN, W.; OSSWALD, T.; SCHAFER, K.; SIMON, O. Comparison of xylanase and a complex of non-starch polysaccharide-degrading enzymes with regard to performance and bacterial metabolism in weaned piglets. **Archives of Animal Nutrition**, v. 61, p. 90-102, 2007.

WALDROUP, P. W. Phosphorus in broiler nutrition. In: SYMPOSIUM ON DIETARY PHOSPHATES IN MONOGASTRIC NUTRITION, Texas, 1992, **Proceedings...** Texas, 1992.

WEBER, T. E., KERR, B. J. Metabolic effects of dietary sugar beet pulp or wheat bran in growing female pigs, **Journal of Animal Science**, v. 90, p. 523-532, 2012.

YEN, J.T.; NIENABER, J. A.; HILL, D. A.; POND, W. G. Potential contribution of absorbed volatile fatty acids to whole-animal energy requirement in conscious swine. **Journal of Animal Science**, v. 69, p. 2001-2012, 1991.

ZIJLSTRA, R. T.; DE LANGE, C. F. M.; PATIENCE, J. F. Nutritional value of wheat for growing pigs: chemical composition and digestible energy content. Canadian **Journal of Animal Science**, v. 79, p. 187-194, 1999.

CAPÍTULO III

Digestibilidade ileal dos aminoácidos da farinha de soja integral micronizada e farinha de soja texturizada, com ou sem suplementação de multi-carboidrase e fitase, em leitões recém-desmamados

Ileal amino acid digestibility in micronized and textured full fat soybean meal fed to weaned pigs with or without multi-carbohydrase and phytase supplementation

10 INTRODUÇÃO

Os principais ingredientes usados na formulação de ração de suínos são organizados em tabelas e suas revisões trazem informações atualizadas sobre as disponibilidades nutricionais, como as apresentadas por Rostagno et al. (2011) e NRC (2012). Ainda assim, a maior parte dos dados de digestibilidade dos aminoácidos (AA) é proveniente de avaliações com suínos em idade superior a seis semanas. O uso de animais muito jovens implica na dificuldade da implantação de cânulas intestinais e na pior recuperação pós-cirúrgica desses animais. Portanto, em situações diversas, as formulações de rações para leitões recém-desmamados ainda se baseiam em dados de digestibilidade obtidos com animais em fases fisiológicas mais avançadas, subestimando coeficientes de digestibilidade.

Visto a alta demanda de AA dos leitões nas primeiras fases de vida, fazendo-se necessário o uso de alimentos com alto valor biológico na elaboração de dietas que atendam o rápido crescimento e saúde destes animais, a soja e seus subprodutos tem sido amplamente estudada como principal fonte de proteína para atender as exigências de AA do suíno nas diferentes fases de vida. A maior parte dos estudos encontrados na literatura faz uso do farelo de soja (LAWRENCE et al., 2003; BERROCOSO et al., 2013), desta forma, avaliar outros sub-produtos se faz necessário. A micronização da soja integral, para obtenção da farinha de soja integral micronizada (SIM), consiste no processamento por calor, via radiação infravermelho, com objetivo de hidrolisar componentes da parede celular e aumentar a digestibilidade da matéria seca e dos nutrientes em suínos (LAWRENCE, 1973) e aves (IGBASAN; GUENTER, 1996, 1997). O processo de extrusão, usando calor, pressão e umidade, para obtenção da farinha de soja texturizada (FST), é feito depois da retirada do óleo da farinha de soja. O processo tem por objetivo aumentar a digestibilidade dos nutrientes e reduzir a atividade biológica das proteínas antigênicas, tornando a FST mais digestível que o farelo de soja (PARTRIDGE; GILL, 1993; FRIESEN et al., 1993). A SIM apresenta

quantidades consideráveis de proteína bruta, extrato etéreo e EM em sua composição (39,1%; 21,5% e 4330 kcal⁻¹, respectivamente), sendo superior a EM do milho (3395 kcal kg⁻¹) (NRC, 2012) podendo ser importante fonte de AA para leitões jovens. Poucas informações a respeito da digestibilidade da FST são encontradas nas tabelas de formulação de rações.

Os variados teores de fibra e P indisponível dos alimentos de origem vegetal (NRC, 2012), sugerem o uso de enzimas exógenas, mesmo após processamento físico ou químico, pois, a carência de enzimas digestivas dos leitões limita o desdobramento desses componentes. O aumento da fibra dietética induz alterações fisiológicas no trato gastrointestinal, aumentando a demanda de energia pelo intestino e a repartição dos estoques endógenos de glicogênio e lipídios (WEBER; KERR, 2012). Assim, o melhor aproveitamento da energia e dos AA da dieta a base de milho e farelo de soja pode ser obtido com uso de MC, permitindo aumento da hidrólise dos polissacarídeos não amiláceos solúveis (PNAs) ou pela fitase que aumenta o aproveitamento do fósforo complexado à molécula de ácido fítico (SIMONS et al., 1990; PATIENCE; DEROUCHÉY, 2010).

A hipótese deste estudo é que as digestibilidades da SIM e da FST, em leitões com 6 semanas de idade, são menores aos valores descritos na literatura. Assim, objetivou-se determinar a digestibilidade ileal aparente (AID) e digestibilidade ileal estandardizada (SID) dos AA e o balanço nutricional da SIM e da FST, em presença ou ausência das enzimas multi-carboidrase (MC), fitase (F) e MC+F, usando-se leitões entre 10 e 12 kg de peso vivo. Observadas diferenças, sugerir adequações das tabelas de composição química dos ingredientes estudados, com ou sem inclusão das respectivas enzimas.

11 MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios de digestibilidade e coleta de material ileal foram realizados no setor de Suinocultura do Instituto de Zootecnia em Nova Odessa, SP. Todos os procedimentos experimentais foram revisados e aprovados pelo comitê de ética da Universidade de São Paulo e protocolados sob o n. 2843/2012.

Ingredientes, dietas e enzimas

A farinha de soja integral micronizada usada no presente experimento foi de origem comercial. Obtida a partir de grãos de soja, submetidos a um tratamento térmico por calor e micronização via radiação infravermelho, mantendo integralmente as características nutricionais do produto. De forma similar, a farinha de soja texturizada (Profine™ 210) foi obtida a partir de grãos de soja moídos até a forma de farinha (pó) e extrusada usando tratamento térmico e umidade. Ambos ingredientes foram incluídos na dieta pelo método de substituição, onde 30% da dieta referência (R), na matéria natural foram substituídos pelo ingrediente teste (Tabela 13).

Tabela 13 - Planejamento experimental¹

Tratamentos	Repetições	Parcela	Leitão/ tratamento
Dieta referência (R)	5	1	1
R+ 30% I (RI)	5	1	1
RI+ 200 mg/kg MC (RIMC)	5	1	1
RI+ 50 mg/kg F (RIF)	5	1	1
RI+ 200 mg/kg MC + 50 mg/kg F (RIMCF)	5	1	1
Total/cada avaliação	25	1	25

¹R: dieta referência; I: ingrediente teste; MC: multi-carboidrase; F: fitase.

Para coleta total de fezes e urina foi formulada uma dieta controle, a base de milho (61,33%), leite em pó integral (10%) e soro de leite em pó (15%) (Tabela 14), seguindo as recomendações propostas pelo NRC (2012). Para análise da digestibilidade estandardizada, foi formulada uma dieta a base de amido de milho (42%), dextrose (21%) e lactose (20%) com a inclusão de 5% de caseína para determinação de perdas endógenas (Tabela 14). Óxido férrico (0,3%) foi utilizado para marcar o início e o final das coletas de fezes e óxido de cromo (0,3%) nas avaliações da digestibilidade dos AA. A multi-carboidrase usada foi obtida a partir de uma mistura de carboidrases: galactomananase, 10%*; xilanase, 10%*;

betaglucanase, 10%*; cevada maltada, 60% e alfa-galactosidase, 10%* {*Substrato fermentado com *Aspergillus niger* (PRL 2351) e *Aspergillus oryzae* (ATCC66222) gerando atividades de carboidrases}. A fitase usada foi produto de fermentação de *Saccharomyces cerevisiae* (KCCM 80051). Atividade de fitase (Min.) 10.000 FTU/g.

Tabela 14 - Composição das dietas usadas nos ensaios de digestibilidade para coleta total e ileal com leitões desmamados¹

Ingredientes, %	Coleta Total		Coleta Ileal	
	R	RI	R	RI
Milho	61,33	42,93	-	-
Amido	5,00	3,50	41,55	29,09
Óleo de soja	1,98	1,38	3,13	2,19
Soro de leite pó	15,00	10,50	-	-
Leite integral pó	10,00	7,00	-	-
Dextrose	-	-	21,00	14,70
Lactose	-	-	20,00	14,00
Caseína	-	-	5,00	3,50
Cloreto de colina 96	0,01	0,01	0,01	0,01
Cloreto de K	-	-	1,04	0,73
Bicarbonato de Na	0,43	0,30	1,04	0,73
Fosfato bicálcico	1,71	1,19	3,01	2,11
Calcário calcítico	0,54	0,38	0,22	0,15
Óxido cromo	0,30	0,21	0,30	0,21
Óxido de Zn	0,35	0,25	0,35	0,25
Px. Vitamínico ^a	0,10	0,07	0,10	0,07
Px. Mineral ^b	0,10	0,07	0,10	0,07
Celulose	3,00	2,10	3,00	2,10
Antioxidante	0,01	0,01	0,12	0,08
Aromatizante	0,12	0,08	0,02	0,01
Ingrediente teste ²	-	30,00	-	30,00
Total	100	100	100	100
Composição calculada, %				
Matéria Seca	90,41	-	93,84	-
EM (kcal kg ⁻¹)	3390	-	3330	-
Proteína bruta	9,01	-	4,26	-
Cálcio	0,85	-	0,85	-
Fósforo digestível	0,45	-	0,45	-
Sódio	0,28	-	0,28	-
Cloro	0,31	-	0,49	-
Potássio	0,61	-	0,52	-
Ácido Linoleico	2,21	-	1,65	-

¹R: Dieta referência; RI: dieta referência + ingrediente teste (SIM e FST). Ingrediente teste substituiu 30% da dieta referência, sendo suplementada ou não com as enzimas multi-carboidrase (200g/ton); fitase (50g/ton) e multi-carboidrase + fitase, respectivamente. ²Inclusão em base natural.

^aAdição por Ton de dieta: vitamina A, 10.000.000 UI; vitamina D3, 1.650.000 UI; vitamina E, 60.000 mg; vitamina K, 2.000 mg; vitamina B1, 1.200 mg; vitamina B2, 4.000 mg; vitamina B6, 2.200 mg; vitamina B12, 22.000 mcg; ácido pantotênico, 18.000 mg; ácido fólico, 400 mg; niacina, 30.000 mg e biotina, 150 mg.

^bAdição por Ton de dieta: Selênio, 361 mg; Iodo, 1.100,00 mg; Ferro, 90.000 mg; Cobre, 10.500 mg; Zinco, 117.800 mg e Manganês, 40.200 mg.

Óxido de Zn (0,3 g/kg) foi adicionado nas dietas para prevenir problemas entéricos os quais os leitões estão propensos nas primeiras fases pós desmame (Poulsen, 1989) e reduzir a incidência de diarreias, como havia manifestado nos animais do Exp. 1. No período de adaptação, de coleta de excretas e de coleta de conteúdo ileal não foram identificados problemas entéricos, tal como diarreias.

Animais, instalações e delineamento experimental

Cinquenta leitões, machos castrados, de linhagem comercial, desmamados aos 23 dias de idade (± 6 kg de peso corporal), foram divididos em 2 experimentos, cada um com 25 animais. Os leitões foram alojados individualmente em gaiolas de digestibilidade e metabolismo, onde permaneceram até os 45 dias de idade. O período de adaptação e coleta total de fezes e urina ocorreu do 10º ao 20º dia do período experimental e as coletas de íleo ao abate, no 22º dia. Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e cinco repetições. Um tratamento correspondente a dieta controle (caseína) e 4 tratamentos com inclusão dos ingredientes testes, com e sem enzimas. No Exp.1, quando soja integral micronizada foi avaliada, o peso dos animais ao início das coletas de fezes e urina foi de $8,5 \pm 0,5$ kg e ao abate, na coleta ileal, foi de $9,7 \pm 0,9$ kg. Nos correspondentes períodos do Exp.2, quando avaliou-se farinha de soja texturizada, os respectivos pesos foram: $9,2 \text{ kg} \pm 0,9 \text{ kg}$ e $12,2 \pm 1,6 \text{ kg}$.

Coleta de material experimental e análises químicas

Os procedimentos de arrazoamento e coleta de fezes e urina, 2 vezes ao dia (9 e 17h), foram semelhantes aos descritos por Noblet et al. (1994) e Trindade Neto et al. (1994). Para determinação da digestibilidade aparente da matéria seca, proteína bruta, energia digestível e energia metabolizável, foi usado o método de coleta total de fezes e urina, tendo sido o início e o final das coletas determinados pelo aparecimento de fezes marcadas com a adição de 2,5 g/kg de Fe_2O_3 às dietas. As fezes foram acondicionadas em sacos plásticos e conservadas em congelador a -10°C . Ao final do experimento foram pesadas, homogeneizadas e amostradas (300 g/kg), secas em estufa de ventilação forçada, a 60°C por 72 horas e moídas para análises posteriores. A urina excretada foi drenada para baldes plásticos com 5 mL de H_2SO_4 . O volume foi pesado diariamente e uma alíquota de 300 g/kg foi retirada e conservada sob refrigeração a -10°C .

As amostras das rações, dos ingredientes testes e das fezes foram moídas em moinho de facas, peneira de um milímetro e posteriormente analisadas. Uma amostra de urina de cada

animal também foi liofilizada para posterior análise de energia bruta. Ao final de cada ensaio experimental os animais foram abatidos para obtenção de amostras da digesta no 1/3 final do íleo (aproximadamente 30 cm). Segundo Adeola e King et al. (2006), o comprimento médio do íleo dos leitões às 5 semanas de idade é 94,5 cm. Previamente ao abate, os leitões foram induzidos e mantidos em estado de anestesia geral com acepromazina (tranquilizante), ketamina combinada a xilazina (sedativo), de acordo com o peso vivo de cada animal. Confirmado o estado de anestesia, os animais foram submetidos à eutanásia, fazendo uso de tiopental via intracardíaca.

As amostras do conteúdo ileal foram liofilizadas e posteriormente moídas em moinho refrigerado. A matéria seca foi determinada de acordo com a AOAC (1990); método 925.09. Energia bruta foi mensurada através de bomba calorimétrica adiabática (IKA® C5000), usando ácido benzoico como padrão de calibração. Gordura foi determinada após extração com hexano de acordo com a AOAC (1990); método 920.39. Os teores de AA foram determinados no Laboratório de Nutrição de Monogástricos (VNP-FMVZ-USP), de acordo com a AOAC (1990); método 982.30. Resumidamente, 100 mg de amostra foi hidrolizada com HCl 6 M, a 110°C, durante 24h. O triptofano não foi determinado, assim como não foi possível detectar cistina e glicina. O conteúdo de AA foi determinado com uso de um analisador 1260 Infinity LCs (Agilent Technologies, Santa Clara, California, USA). O nitrogênio foi analisado usando o procedimento de digestão e destilação de Kjeldahl em um destilador de N Tecnal modelo TE/036/1 e a proteína bruta foi calculada como $N \times 6,25$. Os conteúdos de FDN e FDA nas dietas foram determinados de acordo com o método de Goering e Van Soest (1970) e o conteúdo de matéria mineral foi determinado de acordo com a AOAC (1990); método 942.05.

Cálculos

Os cálculos da AID e SID dos AA foram realizados segundo a metodologia descrita por Nyachoti et al. (1997) e Stein et al. (2007):

$$AID_{AA} = 1 - ((AA_{digesta}/AA_{dieta}) \times (Cr_{dieta}/Cr_{digesta})) \times 100$$

$$SID_{AA} = AID + IEL_{AA}/AA_{dieta},$$

Onde, AID_{AA} é a digestibilidade ileal aparente dos AA (%), $AA_{digesta}$ é a concentração de AA na digesta ileal (na MS), AA_{dieta} é a concentração de AA na dieta (na MS), Cr_{dieta} é a

concentração de cromo na dieta (na MS) e $Cr_{digesta}$ é a concentração de cromo na digesta ileal (na MS). SID_{AA} é a digestibilidade ileal estandardizada dos AA (%), IEL_{AA} é a perda de aminoácido ileal endógeno.

A digestibilidade aparente da matéria seca, proteína bruta e energia bruta dos ingredientes testes foram calculados de acordo com Medel et al. (1999). Para os valores de ED e EM aparente foi usada a fórmula desenvolvida por Campbell et al. (1983):

$$ED_I = EB_I - [(EF_I - (1 - X) * EF_R) / X]$$

Onde, ED_I : energia digestível do ingrediente teste; EB_I : energia bruta do ingrediente teste; EF_I : energia das fezes do tratamento com o ingrediente teste; EF_R : energia das fezes do tratamento usando dieta referência; X : inclusão do ingrediente teste à dieta referência.

Análise estatística

A análise dos dados foi realizada com o critério de 5% de significância utilizando-se o SAS (versão 9.3; SAS Inst. Inc., Cary, NC). A homogeneidade das variâncias foi avaliada pelo teste de Hartley e a normalidade dos resíduos pelo teste de Shapiro-Wilk (procedimento UNIVARIATE). O procedimento MIXED foi utilizado para avaliar o efeito dos tratamentos por meio de contrastes ortogonais, para facilitar a interpretação e a aplicabilidade dos resultados. Os contrastes testados foram:

C1 = Média de I+MC e I+MC+F x média de I e I+F;

C2 = Média de I+F e I+MC+F x média de I e I+MC;

C3 = Média de I e I+MC+F x média de I+MC e I+F.

O modelo estatístico usado foi:

$$Y_{ij} = \mu + a_i + b_j + (a_i \times b_j) + e_{ij}$$

Onde: Y_{ij} = variável resposta dos leitões alimentados com multi-carboidrase (i) e fitase (j);

μ = efeito geral da média;

a_i = efeito fixo da multi-carboidrase;

b_j = efeito fixo da fitase;

$(a_i \times b_j)$ = erro termo (resíduo).

12 RESULTADOS

Devido a proximidade dos resultados, referente à perda de aminoácidos endógena no íleo dos leitões, submetidos à dieta referência (5% caseína) no Exp. 1 e 2, a média foi usada no cálculo da digestibilidade estandardizada dos AA da soja integral micronizada e farinha de soja texturizada. Os valores foram: arginina, 0,50; histidina, 0,31; isoleucina, 0,50; leucina, 0,80; lisina, 0,41; metionina, 0,21; fenilalanina, 0,52; treonina, 0,93; valina, 0,67; alanina, 0,76; asparagina, 0,60; cistina, 0,18; glutamina, 1,13; glicina, 0,63; prolina, 0,95; serina, 0,99 e tirosina, 0,35 g/kg.

Experimento 1: Farinha de soja integral micronizada – SIM

As composições analisadas dos nutrientes e da energia da SIM e das dietas experimentais são apresentadas nas tabelas 15 e 16. Respectivamente, os valores de energia bruta, proteína bruta, extrato etéreo e matéria mineral da SIM no presente experimento são semelhantes aos valores apresentados pelo NRC (2012): 5377 kcal kg⁻¹; 38,64; 20,76 e 5,03%. No entanto, maior quantidade de fibra bruta e fibra em detergente ácido (FDA) e menor quantidade de fibra em detergente neutro (FDN) foi descrita no NRC (2012): 4,19; 6,35 e 10,29%, respectivamente. Já Rostagno et al. (2011), descreveram 5415 kcal kg⁻¹ para energia bruta; 40,15% para proteína bruta; 22,05% para extrato etéreo; 4,58% para matéria mineral; 1,39% para fibra bruta; 5,97% para FDA e 28,31% para FDN.

O perfil de aminoácidos da soja integral micronizada do presente estudo (Tabela 16) foi semelhante aos valores descritos no NRC (2012) e Rostagno et al. (2011). As concentrações de AA dentro dos tratamentos, onde foram substituídos 30% da dieta referência pela soja integral micronizada também foram próximas, representando boa mistura das rações e homogeneidade dos nutrientes em cada tratamento.

Tabela 15 - Composição analisada da soja integral micronizada (SIM) e dietas experimentais usadas na coleta total¹

Item, %	Ingrediente	Dietas				
	SIM	R	RSIM	RSIM+MC	RSIM+F	RSIM+MC+F
Matéria seca	95,01	89,89	91,59	91,56	91,48	91,63
Energia bruta (kcal kg ⁻¹)	5196	3440	3938	3939	3948	3938
Proteína bruta	38,17	9,91	17,85	19,16	18,86	18,54
Matéria mineral	5,55	5,46	5,17	5,27	5,23	5,31
Fibra bruta	1,85	-	-	-	-	-
Fibra em detergente neutro	20,10	-	-	-	-	-
Fibra em detergente ácido	3,77	-	-	-	-	-
Extrato etéreo	23,96	-	-	-	-	-

¹R: dieta referência; RSIM: dieta referência + soja integral micronizada; MC: multi-carboidrase; F: fitase.

Tabela 16 - Composição analisada dos aminoácidos (AA) da soja integral micronizada (SIM) e dietas experimentais usadas na coleta ileal¹

Item, %	Ingrediente	Dietas				
	SIM	R	RSIM	RSIM+MC	RSIM+F	RSIM+MC+F
Matéria seca	95,01	89,89	91,59	91,56	91,48	91,63
AA essenciais						
Arginina	3,03	0,14	1,03	1,04	1,03	1,04
Histidina	1,08	0,13	0,44	0,44	0,43	0,45
Isoleucina	2,02	0,24	0,82	0,80	0,79	0,82
Leucina	3,09	0,43	1,31	1,30	1,29	1,30
Lisina	2,59	0,36	1,08	1,07	1,05	1,06
Metionina	0,44	0,11	0,23	0,23	0,23	0,23
Fenilalanina	2,04	0,32	0,95	0,92	0,96	0,93
Treonina	1,82	0,21	0,70	0,70	0,70	0,71
Valina	2,30	0,33	0,97	0,94	0,95	0,96
AA não essenciais						
Alanina	1,74	0,15	0,67	0,68	0,67	0,67
Asparagina	5,51	0,39	2,04	2,05	2,03	2,08
Cistina	0,41	0,02	0,09	0,10	0,10	0,09
Glutamina	6,91	0,88	2,84	2,84	2,81	2,83
Glicina	1,67	0,08	0,57	0,57	0,57	0,58
Prolina	1,92	0,40	0,90	0,88	0,88	0,91
Serina	2,15	0,25	0,86	0,88	0,87	0,88
Tirosina	1,53	0,23	0,68	0,68	0,67	0,67
Total AA	40,27	4,68	16,19	16,11	16,03	16,23

¹R: dieta referência; RSIM: dieta referência + soja integral micronizada; MC: carboidrase; F: fitase

Não houve efeito das enzimas ($P>0,05$), isoladas ou combinadas, na digestibilidade dos nutrientes e da energia da soja integral micronizada (Tabelas 17, 18 e 19). A energia digestível e energia metabolizável, sem uso de enzimas, no presente estudo, foram respectivamente, 6,7 e 4,7% inferiores dos valores descritos por Rostagno et al. (2011) e 1,9 e 4,6% superiores daqueles descritos no NRC (2012). O coeficiente de digestibilidade da

proteína bruta da soja integral micronizada no presente experimento foi 4,5% menor comparado a Rostagno et al. (2011). Assim como a AID e SID dos AA, no presente experimento (Tabelas 18 e 19), foram inferiores comparado ao NRC (2012).

Tabela 17 - Balanço nutricional aparente (%) da soja integral micronizada (SIM), combinada ou não com enzimas, para leitões recém-desmamados¹

Item, %	Tratamentos				EPM	Probabilidade ²		
	RSIM	RSIM+MC	RSIM+F	RSIM+MC+F		C1	C2	C3
Matéria seca	85,96	85,22	86,02	87,25	0,457	0,794	0,278	0,304
Proteína bruta	84,20	85,00	85,05	86,18	0,385	0,224	0,202	0,834
N retido	62,98	66,72	64,87	66,35	0,882	0,162	0,675	0,532
Matéria mineral	56,51	52,06	57,42	59,78	1,727	0,768	0,234	0,344
ED (kcal kg ⁻¹)*	4629	4646	4652	4707	20,66	0,409	0,333	0,660
EM (kcal kg ⁻¹)*	4467	4447	4438	4531	25,09	0,489	0,606	0,294
EM/EB	77,59	77,26	77,10	77,78	0,413	0,850	0,991	0,578

¹RSIM: dieta referência + soja integral micronizada; MC: multi-carboidrase; F: fitase. EPM: Erro padrão da média; ED: energia digestível; EM: energia metabolizável; EB: energia bruta.*Valores calculados com base em MS 100%.

²Contrastes: C1 = Média de I+MC e I+MC+F vs. média de I e I+F. C2 = Média de I+F e I+MC+F vs. média de I e I+MC. C3 = Média de I e I+MC+F vs. média de I+MC e I+F.

Tabela 18 - Digestibilidade ileal aparente (%) dos aminoácidos (AA) da soja integral micronizada (SIM), combinada ou não com enzimas, para leitões recém-desmamados¹

combinada ou não com enzimas, para ratos recém desmamados								
Item, %	Tratamentos				EPM	Probabilidade ²		
	RSIM	RSIM+MC	RSIM+F	RSIM+MC+F		C1	C2	C3
AA essenciais								
Arginina	71,61	74,16	74,55	72,74	1,280	0,894	0,784	0,437
Histidina	69,83	72,25	71,83	69,56	1,400	0,979	0,910	0,445
Isoleucina	59,93	66,53	64,31	64,44	1,344	0,226	0,675	0,243
Leucina	68,06	70,40	69,10	67,76	1,231	0,851	0,765	0,495
Lisina	75,84	75,30	72,82	72,05	0,946	0,735	0,118	0,954
Metionina	72,26	72,08	70,44	69,69	1,412	0,879	0,497	0,925
Fenilalanina	68,75	72,51	71,43	69,04	1,302	0,805	0,885	0,275
Treonina	61,44	61,35	62,99	61,62	0,823	0,684	0,614	0,722
Valina	65,21	66,89	66,44	65,75	1,498	0,881	0,989	0,719
AA não essenciais								
Alanina	66,65	67,93	68,77	69,32	0,600	0,459	0,165	0,768
Aspargina	66,90	68,25	65,97	69,04	0,788	0,189	0,966	0,601
Glutamina	71,06	73,27	73,96	73,31	1,609	0,824	0,677	0,686
Prolina	70,07	71,31	70,37	69,86	1,107	0,882	0,814	0,721
Serina	69,97	72,68	71,49	71,48	0,613	0,295	0,900	0,292
Tirosina	68,87	72,36	67,53	69,52	1,527	0,405	0,525	0,818

¹RSIM: dieta referência + soja integral micronizada; MC: multi-carboidrase; F: fitase. EPM: Erro padrão da média.

²Contrastes: C1 = Média de I+MC e I+MC+F vs. média de I e I+F. C2 = Média de I+F e I+MC+F vs. média de I e I+MC. C3 = Média de I e I+MC+F vs. média de I+MC e I+F.

Tabela 19 - Digestibilidade ileal estandardizada (%) dos aminoácidos (AA) da soja integral micronizada (SIM), combinada ou não com enzimas, para leitões recém-desmamados¹

combinada ou não com enzimas, para leitões recém desmamados								
Item, %	Tratamentos				EPM	Probabilidade ²		
	RSIM	RSIM+MC	RSIM+F	RSIM+MC+F		C1	C2	C3
AA essenciais								
Arginina	76,48	79,02	79,45	77,50	1,281	0,917	0,794	0,423
Histidina	76,98	79,39	79,04	76,55	1,402	0,991	0,898	0,425
Isoleucina	65,96	72,73	70,63	70,47	1,350	0,234	0,659	0,213
Leucina	74,18	76,55	75,30	73,79	1,233	0,871	0,760	0,472
Lisina	79,60	79,10	76,67	75,76	0,947	0,715	0,118	0,917
Metionina	81,09	81,17	79,30	78,49	1,415	0,905	0,472	0,886
Fenilalanina	74,21	78,13	76,81	74,35	1,306	0,791	0,832	0,258
Treonina	74,64	74,53	76,29	74,61	0,826	0,617	0,630	0,662
Valina	72,10	74,00	73,70	72,69	1,501	0,894	0,965	0,660
AA não essenciais								
Alanina	77,96	79,19	80,14	80,41	0,596	0,544	0,178	0,694
Aspargina	69,84	71,17	68,93	71,92	0,785	0,198	0,959	0,613
Glutamina	75,04	77,27	77,99	77,24	1,608	0,834	0,679	0,673
Prolina	80,65	82,03	81,08	80,27	1,110	0,908	0,786	0,655
Serina	81,50	83,98	82,87	82,71	0,607	0,366	0,970	0,305
Tirosina	74,01	77,51	72,77	74,57	1,526	0,420	0,525	0,795

¹RSIM: dieta referência + soja integral micronizada; MC: multi-carboidrase; F: fitase. EPM: Erro padrão da média.

²Contrastes: C1 = Média de I+MC e I+MC+F vs. média de I e I+F. C2 = Média de I+F e I+MC+F vs. média de I e I+MC. C3 = Média de I e I+MC+F vs. média de I+MC e I+F.

Experimento 2: Farinha de soja texturizada – FST

As composições analisadas dos nutrientes e da energia da FST e das dietas experimentais são apresentadas nas tabelas 20 e 21. Poucas informações a respeito do uso deste ingrediente, em dietas de suínos, foram encontradas na literatura. Rostagno et al. (2011) descreve valores de digestibilidade da soja submetida a outros tipos de processamento, sendo os valores de proteína bruta e energia bruta da soja integral extrusada (SIE): 38,85% e 5367 kcal kg⁻¹; soja semi-integral extrusada (SSE): 42,47% e 4723 kcal kg⁻¹ e concentrado proteico de soja (CPS): 67,06% e 4743 kcal kg⁻¹, respectivamente. Estas diferenças nos valores de proteína bruta e energia bruta, comparadas aos valores encontrados no presente experimento, estão relacionadas, em parte, pelas diferenças na quantidade de extrato etéreo entre os ingredientes (FST – 0,60%; SIE – 19,54%; SSE – 8,82% e CPS – 0,48%).

Visto as diferenças nos valores de proteína bruta descritos nos ingredientes acima, o perfil de AA da FST no presente experimento (Tabela 21) também foi diferente daqueles valores descritos por Rostagno et al. (2011). As concentrações de AA dentro dos tratamentos, onde foram substituídos 30% da dieta referência pela farinha de soja texturizada também foram próximas, representando boa mistura das rações e homogeneidade dos nutrientes em cada tratamento.

Tabela 20 - Composição analisada da farinha de soja texturizada (FST) e dietas experimentais usadas na coleta total¹

Item, %	Ingrediente		Dietas			
	FST	R	RFST	RFST+MC	RFST+F	RFST+MC+F
Matéria seca	95,93	89,83	91,88	92,09	92,23	92,24
Energia bruta (kcal kg ⁻¹)	4125	3644	3804	3798	3788	3765
Proteína bruta	51,78	11,89	23,37	22,99	24,65	24,42
Matéria mineral	6,58	6,26	6,40	6,36	6,90	6,92
Fibra bruta	1,56	-	-	-	-	-
Fibra em detergente neutro	5,97	-	-	-	-	-
Fibra em detergente ácido	5,07	-	-	-	-	-

¹R: dieta referência; RFST: dieta referência + farinha de soja texturizada; MC: multi-carboidrase; F: fitase.Tabela 21 - Composição analisada dos aminoácidos (AA) da farinha de soja texturizada (FST) e dietas experimentais usadas na coleta ileal¹

Item, %	Ingrediente		Dietas			
	FST	R	RFST	RFST+MC	RFST+F	RFST+MC+F
Matéria seca	95,93	89,83	91,88	92,09	92,23	92,24
AA essenciais						
Arginina	4,03	0,16	1,37	1,39	1,38	1,38
Histidina	1,45	0,14	0,57	0,57	0,56	0,56
Isoleucina	2,52	0,24	1,01	1,00	1,00	1,01
Leucina	4,09	0,44	1,61	1,60	1,59	1,61
Lisina	3,44	0,36	1,38	1,38	1,39	1,37
Metionina	0,52	0,10	0,22	0,22	0,21	0,22
Fenilalanina	2,66	0,34	1,18	1,20	1,22	1,18
Treonina	2,36	0,22	0,97	0,96	0,90	0,91
Valina	2,87	0,37	1,18	1,16	1,16	1,16
AA não essenciais						
Alanina	2,28	0,16	0,85	0,86	0,85	0,85
Asparagina	7,28	0,43	2,70	2,73	2,70	2,69
Cistina	0,42	0,020	0,90	0,11	0,11	0,10
Glutamina	8,25	1,00	3,58	3,57	3,55	3,55
Glicina	2,23	0,09	0,76	0,76	0,75	0,75
Prolina	2,62	0,42	1,14	1,15	1,13	1,14
Serina	2,88	0,28	1,10	1,10	1,09	1,09
Tirosina	2,00	0,24	0,82	0,82	0,81	0,81
Total AA	52,60	5,03	21,34	20,57	20,38	20,39

¹R: dieta referência; RFST: dieta referência + farinha de soja texturizada; MC: multi-carboidrase; F: fitase.

As enzimas, MC e F, combinadas, melhoraram ($P<0,05$) a AID e SID da lisina, alanina, asparagina, serina e tirosina, mas não alteraram a digestibilidade da matéria seca, proteína bruta, energia bruta e dos demais AA da farinha de soja texturizada (Tabelas 22, 23 e 24). A fitase, isolada, melhorou a digestibilidade aparente da proteína bruta ($P<0,01$), ED ($P=0,04$) e a SID ($P<0,05$) da arginina, histidina, glutamina e prolina, enquanto a multi-carboidrase, isolada, melhorou a SID ($P<0,01$) da histidina, cistina, glutamina e glicina.

A digestibilidade aparente e standardizada da maioria dos AA da farinha de soja texturizada, sem uso de enzimas (Tabelas 22 e 23), foi superior a 90%, demonstrando a alta eficiência dos leitões jovens em aproveitar os nutrientes deste ingrediente.

Tabela 22 - Balanço nutricional aparente (%) da farinha de soja texturizada (FST), combinado ou não com enzimas, para leitões recém-desmamados¹

Item, %	Tratamentos				EPM	Probabilidade ²		
	RFST	RFST+MC	RFST+F	RFST+MC+F		C1	C2	C3
Matéria seca	87,04	89,63	88,39	87,87	0,482	0,289	0,829	0,118
Proteína bruta	88,09	89,15	90,37	92,06	0,432	0,032	<0,001	0,596
ED (kcal kg ⁻¹)*	3863	3869	3830	3761	17,535	0,341	0,041	0,251
EM (kcal kg ⁻¹)*	3598	3650	3599	3533	16,881	0,808	0,075	0,071
EM/EB	80,29	81,44	80,31	78,05	0,593	0,631	0,158	0,152

¹RFST: dieta referência + farinha de soja texturizada; MC: multi-carboidrase; F: fitase. EPM: Erro padrão da média. ED: energia digestível; EM: energia metabolizável; EB: energia bruta. *Valores calculados com base em MS 100%.

²Contrastes: C1 = Média de I+MC e I+MC+F vs. média de I e I+F. C2 = Média de I+F e I+MC+F vs. média de I e I+MC. C3 = Média de I e I+MC+F vs. média de I+MC e I+F.

Tabela 23 - Digestibilidade ileal aparente (%) dos aminoácidos (AA) da farinha de soja texturizada (FST), combinado ou não com enzimas, para leitões recém-desmamados¹

Item, %	Tratamentos				EPM	Probabilidade ²		
	RFST	RFST+MC	RFST+F	RFST+MC+F		C1	C2	C3
AA essenciais								
Arginina	94,93	95,46	94,41	94,26	0,178	0,547	0,013	0,277
Histidina	89,02	90,96	88,16	89,34	0,313	0,003	0,015	0,412
Isoleucina	89,49	91,08	89,53	89,65	0,308	0,161	0,254	0,226
Leucina	89,06	90,94	89,12	89,10	0,295	0,084	0,096	0,079
Lisina	91,35	92,55	91,53	90,86	0,238	0,532	0,087	0,039
Metionina	92,96	94,24	92,03	92,30	0,352	0,240	0,039	0,441
Fenilalanina	90,16	91,16	90,52	89,93	0,227	0,648	0,338	0,086
Treonina	81,67	84,44	81,33	81,02	0,533	0,210	0,063	0,120
Valina	87,90	89,46	87,92	87,53	0,326	0,347	0,135	0,127
AA não essenciais								
Alanina	83,84	86,54	86,04	84,17	0,500	0,662	0,930	0,024
Aspargina	86,15	88,70	86,55	86,22	0,375	0,097	0,117	0,035
Cistina	70,74	77,22	72,07	75,58	1,033	0,015	0,935	0,430
Glutamina	91,47	93,27	90,41	91,16	0,298	0,004	<0,001	0,189
Glicina	76,17	81,10	75,56	77,45	0,738	0,012	0,094	0,222
Prolina	87,17	89,31	86,81	86,60	0,391	0,161	0,033	0,093
Serina	82,85	86,81	84,86	83,77	0,512	0,107	0,545	0,008
Tirosina	90,48	93,33	91,24	91,36	0,349	0,016	0,288	0,025

¹RFST: dieta referência + farinha de soja texturizada; MC: multi-carboidrase; F: fitase. EPM: Erro padrão da média.

²Contrastes: C1 = Média de I+MC e I+MC+F vs. média de I e I+F. C2 = Média de I+F e I+MC+F vs. média de I e I+MC. C3 = Média de I e I+MC+F vs. média de I+MC e I+F.

Tabela 24 - Digestibilidade ileal estandardizada (%) dos aminoácidos (AA) da farinha de soja texturizada (FST), combinado ou não com enzimas, para leitões recém-desmamados¹

combinado ou não com enzimas, para ratos recém desmamados								
Item, %	Tratamentos				EPM	Probabilidade ²		
	RFST	RFST+MC	RFST+F	RFST+MC+F		C1	C2	C3
AA essenciais								
Arginina	97,14	97,64	96,62	96,45	0,177	0,589	0,013	0,288
Histidina	94,50	96,50	93,76	94,93	0,311	0,003	0,022	0,377
Isoleucina	94,40	95,91	94,49	94,54	0,304	0,203	0,288	0,227
Leucina	94,03	95,84	94,16	94,07	0,289	0,109	0,124	0,078
Lisina	94,29	95,49	94,32	93,80	0,238	0,431	0,063	0,055
Metionina	95,66	96,67	94,82	95,05	0,335	0,348	0,071	0,548
Fenilalanina	94,53	95,71	94,75	94,29	0,235	0,425	0,189	0,079
Treonina	90,94	93,87	91,93	91,55	0,499	0,194	0,489	0,097
Valina	93,58	95,21	93,70	93,28	0,326	0,333	0,153	0,109
AA não essenciais								
Alanina	92,82	95,41	95,05	93,15	0,496	0,713	0,988	0,027
Aspargina	88,37	90,90	88,78	88,49	0,373	0,094	0,130	0,040
Cistina	84,41	90,19	85,35	90,49	1,053	0,009	0,740	0,864
Glutamina	94,63	96,42	93,60	94,35	0,295	0,004	<0,001	0,195
Glicina	84,44	89,37	83,93	85,76	0,734	0,012	0,104	0,213
Prolina	95,48	97,58	95,20	94,94	0,385	0,182	0,041	0,093
Serina	91,85	95,62	93,92	92,90	0,500	0,121	0,708	0,011
Tirosina	94,76	97,60	95,59	95,68	0,348	0,017	0,337	0,024

¹RFST: dieta referência + farinha de soja texturizada; MC: multi-carboidrase; F: fitase. EPM: Erro padrão da média.

²Contrastes: C1 = Média de I+MC e I+MC+F vs. média de I e I+F. C2 = Média de I+F e I+MC+F vs. média de I e I+MC. C3 = Média de I e I+MC+F vs. média de I+MC e I+F.

13 DISCUSSÃO

Experimento 1: Farinha de soja integral micronizada – SIM

As diferenças encontradas na composição dos nutrientes e da energia da SIM do presente experimento, comparado aos descritos na literatura, podem estar relacionadas ao tipo de processamento ou às características do ingrediente provenientes das diferentes avaliações.

Os valores inferiores na digestibilidade da energia e dos nutrientes da SIM (sem enzimas), comparado aos dados da literatura, comprovam a hipótese do presente experimento, na qual a digestibilidade de nutrientes seria inferior, quando comparado a animais em fases subsequentes, quando o estágio fisiológico para a digestão encontra-se mais desenvolvido. Desta forma, resultados da literatura podem subestimar alguns coeficientes de digestibilidade, ao extrapolar dados obtidos sob condições fisiológicas do trato digestório de leitões mais avançados. A forma de processamento do ingrediente, granulometria, forma da ração (*pellet* vs. farelo), também podem contribuir para mudanças nos coeficientes de digestibilidade (GADIANT, 1986; NIR e HILLEL, 1994).

De forma geral, o uso de alimentos com reduzidas granulometrias em dietas de suínos, como a SIM, suscitaram diferentes sugestões a cerca da digestibilidade dos nutrientes (GOODBAND et al., 1995; LAURINEN et al., 2000; VALENCIA et al., 2008). A redução do tamanho da partícula aumenta a eficiência da digestão e aproveitamento do alimento, pois facilita a ação das enzimas digestivas aumentando a disponibilidade dos nutrientes, todavia, também pode aumentar a fluidez do conteúdo estomacal e a incidência de distúrbios digestivos (BRUNSGAARD, 1998). Fastinger e Mahan (2003) verificaram aumento na digestibilidade dos AA, quando reduziram o tamanho das partículas do farelo de soja, enquanto Lawrence et al. (2003) não observaram diferenças. No presente experimento, as limitações fisiológicas do leitão, quanto à eficiência da digestão enzimática na fase pós desmame (GU; Li, 2003), não ficaram caracterizadas no aproveitamento da proteína da SIM e a digestibilidade foi próxima aos valores encontrados na literatura, usando, provavelmente, suínos de maior porte e idade.

Não foi encontrado efeito das enzimas, na forma isolada ou combinada, sobre a digestibilidade da energia e dos nutrientes da farinha de soja integral micronizada. A baixa quantidade de agentes antinutricionais, tais como fibra e fitato, presentes nesse ingrediente, como sugere a literatura (VICENTE et al., 2008) pode ter limitado a eficiência das enzimas, visto que a maior parte dos trabalhos usando enzimas enxógenas apresentaram resultados

variados, de acordo com o tipo de ingrediente e sua inclusão na dieta. Segundo Emiola et al. (2009), a capacidade das enzimas exógenas melhorarem a digestibilidade dos nutrientes depende do nível de atividade enzimática e disponibilidade dos componentes antinutritivos. Olukosi et al. (2007) descreveram que o ácido fítico e os PNAs são os principais componentes antinutritivos de alimentos de origem vegetal.

Experimento 2: Farinha de soja texturizada - FST

De forma similar à soja integral micronizada, as diferenças encontradas na composição dos nutrientes e da energia da farinha de soja texturizada do presente experimento, comparadas aos resultados descritos na literatura, podem estar relacionadas ao tipo de processamento ou às características do próprio ingrediente nas diferentes avaliações.

Visto as diferenças na composição da FST do presente experimento comparadas aos dados da literatura, se tornou difícil estabelecer comparações dos valores de digestibilidade. As enzimas combinadas melhoraram a SID da lisina, alanina, aspargina, serina e tirosina da farinha de soja texturizada. De acordo com Fireman e Fireman (1998), resultados positivos ou negativos provenientes do uso das enzimas exógenas, decorrem da concentração de substrato na dieta, do antagonismo entre enzimas, da concentração da enzima ou categoria animal. No presente experimento, não foi observado efeito das enzimas, na forma isolada ou combinada, sobre a digestibilidade dos demais AA analisados. Assim, como ocorreu na soja integral micronizada, a baixa quantidade de PNAs, fósforo fítico e outros fatores antinutricionais da farinha de soja texturizada pode ter contribuído para estes resultados. No entanto, a enzima fitase, na forma isolada, melhorou a digestibilidade da energia bruta e da proteína bruta, enquanto a multi-carboidrase melhorou o coeficiente de digestibilidade apenas da proteína bruta.

Ficaram caracterizados neste estudo que os resultados de digestibilidade mais elevados dos AA essenciais e não essenciais da farinha de soja texturizada, quando comparou-se aos ingredientes similares: soja integral extrusada, soja semi-integral extrusada e concentrado proteico de soja. Mesmo na ausência de enzimas exógenas, a digestibilidade standardizada da maioria dos AA foi superior a 90%, sugerindo-se alta qualidade da farinha de soja texturizada e ao processo de extrusão úmida. Friesen et al. (1993) trabalharam com extrusão úmida e a seco em diferentes produtos de soja e concluíram que o processo de extrusão na forma úmida (aproximadamente 30% de água no produto final) do farelo de soja, conferiu ao produto qualidade superior, comparado a extrusão a seco, permitindo-se, portanto, a inclusão do ingrediente em dietas de leitões nas fases iniciais do crescimento. A extrusão úmida

permite reduzir as concentrações de inibidores de tripsina e as propriedades antigênicas dos produtos de soja, favorecendo a digestibilidade e minimizando efeitos sobre a resposta imune à proteína de soja. Ainda de acordo com Friesen et al. (1993), a extrusão úmida de produtos menos refinados de soja (flocos de soja, farinha de soja e farelo de soja) propiciou aos suínos desempenho comparável aos alimentados com produtos mais processados de soja (concentrado de proteína de soja).

Sob condições ótimas, a extrusão aumenta a digestibilidade dos ingredientes e reduz a atividade biológica das proteínas antigênicas da soja (PARTRIDGE e GILL, 1993). Portanto, a proteína da soja, após processo de texturização, torna-se mais digestível que a proteína do farelo de soja não processado e isso se deve, em parte, pelo menor nível de agressão à mucosa intestinal dos animais. Segundo Marsman et al. (1995), o adequado processo de extrusão aumenta a hidrólise das proteínas, com maior ação de enzimas digestivas. A digestibilidade média da matéria seca de duas amostras de proteína texturizada de soja avaliadas por Bertol e Ludke (1999) foi de 90,9% comparando-se aos 88,4% do farelo de soja com 46,5% de proteína bruta e aos 86,63% do farelo de soja com 44,5% de proteína bruta. A alta digestibilidade dos AA da FST encontrada no presente experimento (>90%) sugere que o processo de extrusão foi eficaz contra os fatores antigênicos do ingrediente, visto que os leitões aproveitaram, de forma eficiente, os nutrientes da farinha de soja texturizada, ainda que haja limitações do trato digestório nas fases iniciais de desenvolvimento.

14 CONCLUSÃO

A SID dos aminoácidos da farinha de soja integral micronizada, sem uso de enzimas, é inferior daqueles valores descritos nas tabelas de formulação de dietas. De forma similar, a digestibilidade da energia e da proteína é menor. Poucas informações a respeito da farinha de soja texturizada (com composição nutricional semelhante) foram encontradas na literatura, o que tornou difícil a comparação dos resultados com outros dados. No entanto, conforme hipotetizado, leitões com 5 a 6 semanas de idade apresentam menor capacidade de aproveitar a energia e os nutrientes da farinha de soja integral micronizada, comparado a leitões em fases subsequentes, e, portanto, ajustes nas tabelas de formulação de dietas de leitões jovens, quando este ingrediente é usado, devem ser levados em consideração.

O emprego de enzimas não influencia no balanço da energia e na digestibilidade dos nutrientes da farinha de soja integral micronizada. De forma similar, multi-carboidrase e fitase, combinadas, não alteram a SID dos aminoácidos essenciais da farinha de soja texturizada, no entanto, quando isoladas, as enzimas promovem aumento na digestibilidade aparente da proteína.

REFERÊNCIAS

- ADEOLA, O.; KING, D. E. Developmental changes in morphometry of the small intestine and jejunal sucrase activity during the first nine weeks of postnatal growth in pigs. **Journal of Animal Science**, v. 84, p. 112-118, 2006.
- AOAC., 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. **Association of Analytical Chemistry**, Washington, DC.
- BERROCOSO, J. D.; SERRANO, M. P.; CÁMARA, L.; LÓPEZ, A.; MATEOS, G. G. Influence of source and micronization of soybean meal on nutrient digestibility and growth performance of weanling pigs. **Journal of Animal Science**, v. 91, p. 309-317, 2013.
- BERTOL, T. M.; LUDKE, J. V. Determinação do balanço de energia e nitrogênio de alguns alimentos com leitões na fase inicial. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 28, n. 6, p. 1296-1304, 1999.
- BRUNSGAARD, G. Effects of cereal type and dieta particle size on morphological characteristics, epithelial cell proliferation, and lectin binding patterns in the large intestine of pigs. **Journal of Animal Science**, v. 76, p. 2787-2798, 1998.
- CAMPBELL, G. L., CAMPBELL, L. D., BLAIR, R. Calculation of metabolizable energy for ingredients incorporated at low levels into a reference diet. **Poultry Science**, p. 62, v. 705-707, 1983.
- EMIOLA, I. A.; OPAPEJU, F. O.; SLOMINSKI, B. A.; NYACHOTI, C. M. Growth performance and nutrient digestibility in pigs fed wheat distillers dried grains with solubles-based diets supplemented with a multicarbohydrase enzyme. **Journal of animal science**, v. 87, p. 2315-2322, 2009.
- FASTINGER, N. D.; MAHAN, D.C. Effect of soybean meal particle size on amino acid and energy digestibility in grower-finisher swine. **Journal of Animal Science**, v. 81, p. 697-704, 2003.
- FIREMAN, F. A. T.; FIREMAN, A. K. B. A. Enzimas na alimentação de suínos. **Ciência rural**, v. 28, p. 173-178, 1998.
- FRIESEN, K. G.; NELSEN, J. L.; GOODBAND, R. D.; BEHNKE, K. C.; KATS, L. J. The effect of moist extrusion of soy products on growth performance and nutrient utilization in the early-weaned pig. **Journal of Animal Science**, v. 71, n. 8, p. 2099-2109, 1993.
- GADIENT, M. Effect of pelleting on nutritional quality of dieta. **Proccedings...**
MARILAND NUTRITION CONFERENCE FOR DIETA MANUFACTURERS, p. 73-79, 1986.
- GOERING, H. K.; VAN SOEST, P. J. **Forage fiber analysis** (Apparatus, reagents, procedures and some applications). Washington, DC: USDA, (Agricultural Handbook, 379), 1970.

GOODBAND, R. D.; TOKACH, M. D.; NELSSSEN, J. L. The effects of diet particle size on animal performance. MF-2050. **Diet manufacturing**. Kansas State Univ. Agric. Exp. Stn. Coop. Ext. Serv., Manhattan, 1995.

GU, X.; LI, D. Fat nutrition and metabolism in piglets: a review. **Animal Feed Science and Technology**, v. 109, n. 1, p. 151-170, 2003.

IGBASAN, F. A.; GUENTER, W. The enhancement of the nutritive value of peas for broiler chickens: An evaluation of micronization and dehulling processes. **Poultry Science**, v. 75, p. 1243-1252, 1996.

IGBASAN, F. A.; GUENTER, W. The influence of micronization, dehulling, and enzyme supplementation on the nutritive value of peas for laying hens. **Poultry Science**, v. 76, p. 331-337, 1997.

LAURINEN, P.; SILJANDER-RASI, H.; KARHUNEN, J.; ALAVIHKOLA, T.; NASI, M.; TUPPI, K. Effects of different grinding methods and particle size of barley and wheat on pig performance and digestibility. **Animal Feed Science and Technology**, v. 83, p. 1-16, 2000.

LAWRENCE, T. L. J. An evaluation of the micronization process for preparing cereals for the growing pig. 1. Effects on digestibility and nitrogen retention. **Animal Production**, v. 16, p. 99-107, 1973.

LAWRENCE, K. R., HASTAD, C. W., GOODBAND, R. D., TOKACH, M. D., DRITZ, S. S., NELSSSEN, J. L., DEROUHEY, J. M., WEBSTER, M. J. Effects of soybean meal particle size on growth performance of nursery pigs. **Journal of Animal Science**, v. 81, p. 2118-2122. 2003.

MARSMAN, G. J. P., GRUPPEN, H., VAN DER POEL, A. F. B., RESINK, J. W., VERSTEGEN, M. W. A., VORAGEN, A. G. J. The effect of shear forces and addition of a mixture of a protease and a hemicellulase on chemical, physical and physiological parameters during extrusion of soybean meal. **Animal Feed Science and Technology**, v. 56, n. 1-2, p. 21-35, 1995.

MEDEL, P.; SALADO, S.; DE BLAS, J. C.; MATEOS, G. G. Processed cereals in diets for early-weaned piglets. **Animal Feed Science and Technology**, v. 82, p. 145-156, 1999.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient Requirements of Swine**. Eleventh Revised Edition, Washington: D.C: The National Academies Press, 2012. 400 p.

NIR, I.; HILLEL, R. Effect of grain particle size on performance. 2. Grain texture interaction. **Poultry Science**, v. 73, p. 781-791, 1994.

NOBLET, J.; FORTUNE, H.; SHI, X.S.; DUBOIS, S. Prediction of net energy value of diets for growing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 72, p. 344-354, 1994.

NYACHOTI, C. M.; DE LANGE, C. F. M.; SCHULZE, H. Estimating endogenous amino acid flows at the terminal ileum and true ileal amino acid digestibilities in dietastuffs for growing pigs using the homoarginine method. **Journal of Animal Science**, v. 75, p. 3206-3213, 1997.

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

PARTRIDGE, G. G.; GILL, B. P. New approaches with pig weaned diets. In: GARNSWORTHY, P. C., COLE, D. J. A., (Eds.) **Recent advances in animal nutrition**. Nottingham: UniverSTy Press, p. 221-248, 1993.

PATIENCE, J. F.; DEROUCHEY, J. M. **Dieta Additives for Swine - Enzymes and Phytase**. In: NATIONAL SWINE NUTRITION GUIDE, 5p. 2010.

POULSEN, H. D. Zinc oxide for weaned pigs. Pages 8–10 in Proc. 4th Annu. Meet. Eur. Assoc. Anim. Prod. EAAP, Rome, Italy. Poulsen, H.D. Zinc oxide for weanling piglets. **Acta Agriculturae Scandinavica**, v. 45, p. 159-167, 1989.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; OLIVEIRA, R. F. **Tabelas Brasileiras Para aves e suínos. Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais**. 3ª ed. Viçosa: UFV, 252p., 2011.

SAS Institute Inc. 2008. **SAS/STAT® 9.2 User's Guide**. Cary, NC, USA: SAS Institute Inc.

SIMONS, P. C.; VERSTEEGH, H. A.; JONGBLOED, A. W.; KEMME, P. A.; SLUMP, P.; BOS, K. D.; WOLTERS, M. G.; BEUDEKER, R. F.; VERSCHOOR, G. J. Improvement of phosphorus availability by microbial phytase in broilers and pigs. **British Journal of Nutrition**, v. 64, p. 525-540, 1990.

STEIN, H. H.; SÈVE, B.; FULLER, M. F.; MOUGHAN, P. J.; DE LANGE, C. F.; Invited review: Amino acid bioavailability and digestibility in pig fed ingredients: Terminology and application. **Journal of Animal Science**, v. 85, p. 172-180, 2007.

TRINDADE NETO, M. A.; LIMA, J. A.; FIALHO, E. T.; OLIVEIRA, A. I. G. Avaliação química e biológica de glúten de milho (FGM), com suínos em crescimento e terminação. **Revista Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 23, n. 3, p. 497-505, 1994.

VALENCIA, D. G.; SERRANO, M. P.; LÁZARO, M. R.; LATORRE, A.; MATEOS, G. G. Influence of micronization (fine grinding) of soy bean meal and full fat soya bean on productive performance and digestive traits in young pigs. **Animal Feed Science and Technology**, p. 147, v. 340-356, 2008.

WEBER, T. E.; KERR, B. J. Metabolic effects of dietary sugar beet pulp or wheat bran in growing female pigs, **Journal of Animal Science**, v. 90, p. 523-532, 2012.

CAPÍTULO IV

Utilização dos aminoácidos da quirera de arroz, com ou sem suplementação de multi-carboidrase e fitase, em leitões recém-desmamados

Utilization of amino acids of broken rice fed to weaned pigs with or without multi-carbohydrase and phytase supplementation

15 INTRODUÇÃO

Os principais ingredientes usados na formulação de ração de suínos são organizados em tabelas e suas revisões trazem informações atualizadas sobre as disponibilidades nutricionais, como as apresentadas por Rostagno et al. (2011) e NRC (2012). Ainda assim, a maior parte dos dados de digestibilidade dos aminoácidos (AA) é proveniente de avaliações com suínos em idade superior a seis semanas. O uso de animais muito jovens implica na dificuldade da implantação de cânulas intestinais e na pior recuperação pós-cirúrgica desses animais. Portanto, em situações diversas, as formulações de rações para leitões recém-desmamados ainda se baseiam em dados de digestibilidade obtidos com animais em fases fisiológicas mais avançadas, subestimando coeficientes de digestibilidade.

O arroz é uma das principais fontes de energia na nutrição humana e a sua utilização na alimentação de suínos é limitada pelo preço e disponibilidade no mercado (VICENTE, et al., 2008). Quirera de arroz (QA) é um subproduto derivado da produção de arroz liso ou polido e apresenta energia metabolizável e proteína bruta similar ao milho (7,9% e 3511 kcal/kg⁻¹ vs. 8,24% e 3395 kcal/kg⁻¹) (NRC, 2012), sendo assim uma boa alternativa para uso em dietas de leitões. Informações a respeito da SID dos AA da QA são limitadas na literatura (NRC, 2012; BRESTENSKÝ et al., 2014). De acordo com Mateos et al. (2006), a inclusão de QA na dieta, em substituição ao milho, aumentou a digestibilidade dos nutrientes e o ganho de peso diário com pouco efeito sobre a conversão alimentar.

Os variados teores de fibra e P indisponível nos alimentos de origem vegetal (NRC, 2012), tem aumentado o interesse pelo uso de enzimas exógenas nas dietas de suínos. O aumento da fibra dietética induz alterações fisiológicas no trato gastrointestinal, aumentando a demanda de energia pelo intestino e a repartição dos estoques endógenos de glicogênio e lipídios (WEBER e Kerr, 2012). Assim, o melhor aproveitamento da energia e dos aminoácidos da dieta pode ser obtido com uso das carboidrases, pelo aumento da hidrólise dos polissacarídeos não amiláceos solúveis (PNAs), ou das fitases, pelo maior aproveitamento

do fósforo complexado à molécula de ácido fítico (SIMONS et al., 1990; PATIENCE e DEROUCHÉY, 2010).

A hipótese deste estudo é que a digestibilidade da quirera de arroz, em leitões jovens (5 a 6 semanas de idade), é menor aos valores descritos na literatura. Assim, objetivou-se determinar a digestibilidade ileal aparente (AID) e digestibilidade ileal estandardizada (SID) dos AA e o balanço nutricional da quirera de arroz, em presença ou ausência das enzimas multi-carboidrase (MC), fitase (F) e MC+F, usando-se leitões com peso médio de 10 kg de peso vivo. Observadas diferenças, sugerir adequações das tabelas de composição química do ingrediente estudado, com ou sem inclusão das respectivas enzimas.

16 MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios de digestibilidade e coleta de material ileal foram realizados no setor de Suinocultura do Instituto de Zootecnia em Nova Odessa, SP. Todos os procedimentos experimentais foram revisados e aprovados pelo comitê de ética da Universidade de São Paulo e protocolados sob o n. 2843/2012.

Animais e instalações

Foram usados 25 leitões, machos castrados, de linhagem comercial, desmamados aos 23 dias de idade (± 6 kg de peso corporal). Os leitões foram alojados individualmente em gaiolas de digestibilidade e metabolismo, onde permaneceram até os 45 dias de idade. O período de adaptação e coleta total de fezes e urina ocorreu do 10º ao 20º dia do período experimental e as coletas de íleo ao abate, no 22º dia. O peso dos animais ao início das coletas de fezes e urina foi de $8,8 \pm 1,1$ kg e ao abate, na coleta ileal, foi de $9,9 \pm 1,3$ kg.

Delineamento e dietas experimentais

Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e cinco repetições. Uma dieta referência também foi utilizada como base de cálculo para encontrar os coeficientes de digestibilidade dos nutrientes da QA. A QA foi incluída na dieta pelo método de substituição, onde 30% da dieta referência, na matéria natural foram substituídos pela QA (Tabela 25).

Tabela 25 - Planejamento experimental¹

Tratamentos	Repetições	Parcela	Leitão/ tratamento
Dieta referência (R)	5	1	1
R+ 30% QA (RQA)	5	1	1
RQA+ 200 mg/kg MC (RQAMC)	5	1	1
RQA+ 50 mg/kg F (RQAF)	5	1	1
RQA+ 200 mg/kg MC + 50 mg/kg F (RQAMCF)	5	1	1
Total/cada avaliação	25	1	25

¹R: dieta referência; QA: quirera de arroz; MC: multi-carboidrase; F: fitase.

Para coleta total de fezes e urina a dieta referência foi à base de milho (61,33%), leite em pó integral (10%) e soro de leite em pó (15%) (Tabela 26), seguindo as recomendações propostas pelo NRC (2012). Para análise da SID, foi formulada uma dieta a base de amido de

milho (42%), dextrose (21%) e lactose (20%) com a inclusão de 5% de caseína para determinação de perdas endógenas (Tabela 26). Óxido de cromo (0,3%) foi usado nas avaliações da digestibilidade dos AA. A multi-carboidrase usada foi obtida a partir de uma mistura de carboidrases: galactomananase, 10%*; xilanase, 10%*; betaglucanase, 10%*; cevada maltada, 60% e alfa-galactosidase, 10%* {*Substrato fermentado com *Aspergillus niger* (PRL 2351) e *Aspergillus oryzae* (ATCC66222) gerando atividades de carboidrases}. A fitase usada foi produto de fermentação de *Saccharomyces cerevisiae* (KCCM 80051). Atividade de fitase (Min.) 10.000 FTU/g.

Óxido de Zn (0,3 g/kg) foi adicionado nas dietas para prevenir problemas entéricos os quais os leitões estão propensos nas primeiras fases pós desmame (Poulsen, 1989). No período de adaptação, de coleta de excretas e de coleta de conteúdo ileal não foram identificados problemas entéricos, tal como diarreias.

Coleta de material experimental e análises químicas

Os procedimentos de arrazoamento e coleta de fezes e urina, 2 vezes ao dia (9 e 17h), foram semelhantes aos descritos por Noblet et al. (1994) e Trindade Neto et al. (1994). Para determinação da digestibilidade aparente da matéria seca, proteína, energia digestível e metabolizável foi usado o método de coleta total de fezes e urina, tendo sido o início e o final das coletas determinados pelo aparecimento de fezes marcadas com a adição de 2,5 g/kg de Fe_2O_3 às dietas. As fezes foram acondicionadas em sacos plásticos e conservadas em congelador a -10°C . Ao final do experimento foram pesadas, homogeneizadas e amostradas (300 g/kg), secas em estufa de ventilação forçada, a 60°C por 72 horas e moídas para análises posteriores. A urina excretada foi drenada para baldes plásticos com 5 mL de H_2SO_4 . O volume foi pesado diariamente e uma alíquota de 300 g/kg foi retirada e conservada sob refrigeração a -10°C .

As amostras das rações, do ingrediente e das fezes foram moídas em moinho de facas, peneira de um milímetro e posteriormente analisadas. Uma amostra de urina de cada animal também foi liofilizada para posterior análise de energia bruta. Ao final de cada ensaio experimental os animais foram abatidos para obtenção de amostras da digesta no 1/3 final do íleo (aproximadamente 30 cm). Segundo Adeola e King et al. (2006), o comprimento médio do íleo dos leitões às 5 semanas de idade é 94,5 cm. Previamente ao abate, os leitões foram induzidos e mantidos em estado de anestesia geral com acepromazina (tranquilizante), ketamina combinada a xilazina (sedativo), de acordo com o peso vivo de cada animal.

Confirmado o estado de anestesia, os animais foram submetidos à eutanásia, fazendo uso de tiopental via intracardíaca.

As amostras do conteúdo ileal foram liofilizadas e posteriormente moídas em moinho refrigerado. A matéria seca foi determinada de acordo com a AOAC (1990); método 925.09. Energia bruta foi mensurada através de bomba calorimétrica adiabática (IKA® C5000), usando ácido benzoico como padrão de calibração. Gordura foi determinada após extração com hexano de acordo com a AOAC (1990); método 920.39. Os teores de AA foram determinados no Laboratório de Nutrição de Monogástricos (VNP-FMVZ-USP), de acordo com a AOAC (1990); método 982.30. Resumidamente, 100 mg de amostra foi hidrolizada com HCl 6 M, a 110°C, durante 24h. O triptofano não foi determinado, assim como não foi possível detectar cistina e glicina. O conteúdo de AA foi determinado com uso de um analisador 1260 Infinity LCs (Agilent Technologies, Santa Clara, California, USA). O nitrogênio foi analisado usando o procedimento de digestão e destilação de Kjeldahl em um destilador de N Tecnal modelo TE/036/1 e a proteína bruta foi calculada como $N \times 6,25$. Os conteúdos de FDN e FDA nas dietas foram determinados de acordo com o método de Goering e Van Soest (1970) e o conteúdo de matéria mineral foi determinado de acordo com a AOAC (1990); método 942.05.

Cálculos

Os cálculos da AID e SID dos aminoácidos foram realizados segundo a metodologia descrita por Nyachoti et al. (1997) e Stein et al. (2007):

$$AID_{AA} = 1 - ((AA_{\text{digesta}}/AA_{\text{dieta}}) \times (Cr_{\text{dieta}}/Cr_{\text{digesta}})) \times 100$$

$$SID_{AA} = AID + IEL_{AA}/AA_{\text{dieta}},$$

Onde, AID_{AA} é a digestibilidade ileal aparente dos AA (%), AA_{digesta} é a concentração de AA na digesta ileal (na MS), AA_{dieta} é a concentração de AA na dieta (na MS), Cr_{dieta} é a concentração de cromo na dieta (na MS) e Cr_{digesta} é a concentração de cromo na digesta ileal (na MS). SID_{AA} é a digestibilidade ileal standardizada dos AA (%), IEL_{AA} é a perda de aminoácido ileal endógeno.

A digestibilidade aparente da matéria seca, proteína bruta e energia bruta dos ingredientes testes foram calculados de acordo com Medel et al. (1999). Para os valores de ED e EM aparente foi usada a fórmula desenvolvida por Campbell et al. (1983):

$$ED_{QA} = EB_{QA} - [(EF_{QA} - (1-X) \cdot EF_R)/X],$$

Onde, ED_{QA} : energia digestível da quirera de arroz; EB_{QA} : energia bruta da quirera de arroz; EF_{QA} : energia das fezes do tratamento com a quirera de arroz; EF_R : energia das fezes do tratamento usando dieta referência; X : inclusão do ingrediente teste à dieta referência.

Análise estatística

A análise dos dados foi realizada com o critério de 5% de significância utilizando-se o SAS (versão 9.3; SAS Inst. Inc., Cary, NC). A homogeneidade das variâncias foi avaliada pelo teste de Hartley e a normalidade dos resíduos pelo teste de Shapiro-Wilk (procedimento UNIVARIATE). O procedimento MIXED foi utilizado para avaliar o efeito dos tratamentos por meio de contrastes ortogonais, para facilitar a interpretação e a aplicabilidade dos resultados. Os contrastes testados foram:

C1 = Média de QA+MC e QA+MC+F vs. média de QA e QA+F;

C2 = Média de QA+F e QA+MC+F vs. média de QA e QA+MC;

C3 = Média de QA e QA+MC+F vs. média de QA+MC e QA+F.

O modelo estatístico usado foi:

$$Y_{ij} = \mu + a_i + b_j + (a_i \times b_j) + e_{ij}$$

Onde: Y_{ij} = variável resposta dos leitões alimentados com multi-carboidrase (i) e fitase (j).

μ = efeito geral da média;

a_i = efeito fixo da multi-carboidrase;

b_j = efeito fixo da fitase;

$(a_i \times b_j)$ = efeito fixo da MC+F;

e_{ij} = erro termo (resíduo).

17 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A perda endógena ileal de aminoácidos dos leitões recebendo dieta referência (5% caseína) foram: arginina, 0,50; histidina, 0,31; isoleucina, 0,50; leucina, 0,80; lisina, 0,41; metionina, 0,21; fenilalanina, 0,52; treonina, 0,93; valina, 0,67; alanina, 0,76; aspargina, 0,60; cistina, 0,18; glutamina, 1,13; glicina, 0,63; prolina, 0,95; serina, 0,99 e tirosina, 0,35 g/kg.

A composição química analisada da quirera de arroz e das dietas experimentais é apresentada nas tabelas 27 e 28. A proteína bruta da quirera de arroz do presente experimento foi semelhante aos valores descritos no NRC (2012) (7,72%). Da mesma forma o perfil aminoácídico foi muito próximo: arginina, 0,64 vs. 0,51%; histidina, 0,20 vs. 0,18%; isoleucina, 0,33 vs. 0,34%; leucina, 0,63 vs. 0,66%; lisina, 0,30 vs. 0,30; metionina, 0,18 vs. 0,18; fenilalanina, 0,37 vs. 0,39%; treonina, 0,33 vs. 0,26%; valina, 0,54 vs. 0,49%; cistina, 0,07 vs. 0,11% e tirosina, 0,36 vs. 0,38%, respectivamente. Os valores dos demais aminoácidos (alanina, aspargina, glutamina, glicina, prolina, serina) não foram descritos no NRC (2012). Comparado a Rostagno et al. (2011), o perfil aminoácídico da QA também é semelhante.

A energia bruta da quirera de arroz do presente experimento foi 25% inferior ao valor descrito no NRC (2012) e 17% inferior ao descrito por Rostagno et al. (2011). Para os demais nutrientes, FDN, FDA e fibra bruta, o presente experimento apresentou resultados inferiores aos descritos na literatura. As concentrações de AA dentro dos tratamentos, onde foram substituídos 30% da dieta referência pela QA foram próximas, representando boa mistura das rações e homogeneidade dos nutrientes em cada tratamento.

Não houve efeito ($P>0,05$) das enzimas conjugadas sobre a digestibilidade dos nutrientes e da energia da QA (Tabelas 29, 30 e 31). A fitase aumentou a digestibilidade aparente da matéria seca ($P=0,04$) da quirera de arroz, enquanto a multi-carboidrase favoreceu a digestibilidade da proteína bruta e energia bruta ($P<0,05$), comparado ao tratamento sem enzimas. No balanço nutricional, a digestibilidade aparente da proteína bruta da quirera de arroz, sem uso de enzimas, foi 5,7% e 14,5% (respectivamente) menores daqueles descritos por Apolônio et al. (2003) e Rostagno et al. (2011). Isso demonstra a limitação do trato gastrointestinal dos leitões jovens (9 kg de peso médio) no aproveitamento da proteína da quirera de arroz, comparado aos dados da literatura, provavelmente usando animais com idade e peso superiores (20 kg ou mais).

Visto que a quirera de arroz é fonte uma fonte alternativa de energia para suínos, os resultados positivos na digestibilidade da energia bruta, pelo uso da multi-carboidrase, no presente experimento indicam a enzima como alternativa viável em dietas leitões pós desmame acrescida do ingrediente. Maximizar a inclusão de fontes de carboidratos alternativos ao milho (quirera de arroz, farinha de trigo, grão de sorgo) com o intuito de reduzir os custos de produção tem sido estudado por Hongtrakul et al. (1998). O arroz contém maior quantidade de amido e menor quantidade de fibra, comparado com outros grãos de cereais (BACH KNUDSEN, 1997; KIM et al., 2007; VICENTE et al., 2008), o que favorece sua inclusão em dietas de leitões jovens. No entanto, Conci et al. (1996) recomendaram substituição máxima de 60% para suínos em crescimento e terminação, sem afetar no desempenho e na qualidade de carcaça. Resultados controversos quanto ao melhor nível de quirera de arroz podem estar associados a suas características intrínsecas, já que este pode ser encontrado em graus variados de limpeza. Os principais contaminantes são cascas de arroz, sementes de capim-arroz (*Equinocloaspp*) e angiquinho (*Aeschynomene spp*) (TEIXEIRA, 1997). De acordo com Li et al. (2002); Mateos et al. (2006); Menoyo et al. (2011), leitões desmamados recebendo dietas à base de arroz apresentaram maior AID da energia bruta, matéria orgânica e extrato etéreo, comparado com dietas à base de milho. De forma similar, Vicente et al. (2009) perceberam melhora na digestibilidade dos componentes da dieta e na morfologia do epitélio da mucosa ileal em suínos alimentados com QA, comparado com animais alimentados com amido de milho.

No presente experimento, a fitase melhorou ($P<0,05$) a SID da arginina, histidina, leucina, lisina, valina, alanina e prolina da quirera de arroz. Enquanto a multi-carboidrase não apresentou diferença ($P>0,05$) na SID de nenhum dos AA analisados. De acordo com Tester et al. (2004), comparado ao milho, o arroz apresenta menor tamanho de grânulos de amido, menor quantidade de amilose e menores complexos lipídios/amiloses. Estas diferenças na composição prejudicam a digestibilidade de alguns nutrientes, no entanto, pode favorecer a ação de enzimas digestivas pela maior relação enzima substrato (VICENTE et al., 2008). Segundo Emiola et al. (2009), a capacidade das enzimas exógenas melhorarem a digestibilidade dos nutrientes depende do nível de atividade enzimática e disponibilidade de substrato. Ravindran et al. (2000) mostraram que a fitase pode promover, além do melhor aproveitamento do P da dieta, aumento na utilização da energia e dos aminoácidos. No trato digestório os minerais complexados com o ácido fítico formam, juntamente com outros nutrientes, reações de saponificação, prejudicando a digestão e absorção dos mesmos. A

enzima fitase age liberando o complexo fitato-mineral e impedindo a formação desses sabões metálicos, o que possibilita melhor utilização dos nutrientes da dieta.

Apesar da limitação de informações encontradas no NRC (2012), referentes à AID e SID de AA da quirera de arroz, menor SID para a maior parte dos AA foi encontrada no presente experimento comparado com o NRC (2012): arginina, 84 vs. 89 %; histidina, 77 vs. 84%; isoleucina, 79 vs. 81%; leucina, 79 vs. 83%; lisina, 78 vs. 77%; metionina, 81 vs. 85%; fenilalanina, 84 vs. 84%; treonina, 65 vs. 76%; valina, 81 vs. 78%, respectivamente. De acordo Brestenský et al (2014), apesar da quirera de arroz ser utilizada nas dietas principalmente como fonte de energia, também pode ser uma excelente fonte de aminoácidos para suínos em crescimento.

Alguns alimentos podem ser usados na alimentação de leitões, todavia, devem ser mais bem avaliados, visto às suas limitações pelos animais nas primeiras fases de vida (NRC, 2012). A variabilidade dos alimentos está também relacionada à sua viabilidade econômica ao empregado na ração, bem como a garantia de aporte de nutrientes para atender as demandas nutricionais dos animais. Nesse sentido, a principal barreira para o uso de alguns alimentos é a falta de padronização nutricional que eles apresentam, como alternativa a outros de mesmas características. Apesar da quirera de arroz apresentar boa composição nutricional e ser uma alternativa ao milho, em dietas de suínos em crescimento e terminação (NRC, 2012), poucos trabalhos analisando a digestibilidade de AA em leitões nas fases iniciais de crescimento tem sido encontrados na literatura (BRESTENSKÝ et al., 2014). Devido à disponibilidade da quirera de arroz ser, geralmente, pequena e sazonal, a falta do produto no mercado pode contribuir para a limitação das pesquisas.

Tabela 26 - Composição das dietas usadas nos ensaios de digestibilidade para coleta total e ileal com leitões desmamados¹

Ingredientes, %	Coleta Total		Coleta Ileal	
	R	RQA	R	RQA
Milho	61,33	42,93	-	-
Amido	5,00	3,50	41,55	29,09
Óleo de soja	1,98	1,38	3,13	2,19
Soro de leite pó	15,00	10,50	-	-
Leite integral pó	10,00	7,00	-	-
Dextrose	-	-	21,00	14,70
Lactose	-	-	20,00	14,00
Caseína	-	-	5,00	3,50
Cloreto de colina 96	0,01	0,01	0,01	0,01
Cloreto de K	-	-	1,04	0,73
Bicarbonato de Na	0,43	0,30	1,04	0,73
Fosfato bicálcico	1,71	1,19	3,01	2,11
Calcário calcítico	0,54	0,38	0,22	0,15
Óxido cromo	0,30	0,21	0,30	0,21
Óxido de Zn	0,35	0,25	0,35	0,25
Px. Vitamínico ^a	0,10	0,07	0,10	0,07
Px. Mineral ^b	0,10	0,07	0,10	0,07
Celulose	3,00	2,10	3,00	2,10
Antioxidante	0,01	0,01	0,12	0,08
Aromatizante	0,12	0,08	0,02	0,01
Ingrediente teste ²	-	30,00	-	30,00
Total	100	100	100	100
Composição calculada, %				
Matéria Seca	90,41	-	93,84	-
EM (kcal kg ⁻¹)	3390	-	3330	-
Proteína bruta	9,01	-	4,26	-
Cálcio	0,85	-	0,85	-
Fósforo digestível	0,45	-	0,45	-
Sódio	0,28	-	0,28	-
Cloro	0,31	-	0,49	-
Potássio	0,61	-	0,52	-
Ácido Linoleico	2,21	-	1,65	-

¹R: Dieta referência; RQA: dieta referência + quirera de arroz. QA substituiu 30% da dieta referência, sendo suplementada ou não com as enzimas multi-carboidrase (200g/ton); fitase (50g/ton) e multi-carboidrase + fitase, respectivamente.

²Inclusão em base natural

^aAdição por Ton de dieta : vitamina A, 10.000.000 UI; vitamina D3, 1.650.000 UI; vitamina E, 60.000 mg; vitamina K, 2.000 mg; vitamina B1, 1.200 mg; vitamina B2, 4.000 mg; vitamina B6, 2.200 mg; vitamina B12, 22.000 mcg; ácido pantotênico, 18.000 mg; ácido fólico, 400 mg; niacina, 30.000 mg e biotina, 150 mg.

^bAdição por Ton de dieta: Selênio, 361 mg; Iodo, 1.100,00 mg; Ferro, 90.000 mg; Cobre, 10.500 mg; Zinco, 117.800 mg e Manganês, 40.200 mg.

Tabela 27 - Composição analisada da quirera de arroz (QA) e dietas experimentais usadas na coleta total

Item, %	Ingrediente	Dietas				
	QA	R	RQA	RQA+MC	RQA+F	RQA+MC+F
Matéria seca	86,97	90,25	89,27	89,44	89,39	89,31
Energia bruta (kcal kg ⁻¹)	3125	3.454	3.423	3.340	3.323	3.364
Proteína bruta	7,75	10,78	9,75	9,69	9,61	9,59
Matéria mineral	1,18	5,88	4,24	4,64	4,47	4,78
Fibra bruta	0,72	-	-	-	-	-
Fibra em detergente neutro	4,81	-	-	-	-	-
Fibra em detergente ácido	3,22	-	-	-	-	-
Extrato etéreo	0,78	-	-	-	-	-

¹R: dieta referência; RQA: dieta referência + quirera de arroz; MC: multi-carboidrase; F: fitase.

Tabela 28 - Composição analisada dos aminoácidos (AA) da quirera de arroz (QA) e dietas experimentais usadas na coleta ileal¹

Item, %	Ingrediente	Dietas				
	QA	R	RQA	RQA+MC	RQA+F	RQA+MC+F
Matéria seca	86,97	90,25	89,27	89,44	89,39	89,31
AA essenciais						
Arginina	0,64	0,15	0,28	0,29	0,27	0,29
Histidina	0,20	0,13	0,15	0,15	0,14	0,15
Isoleucina	0,33	0,24	0,25	0,26	0,26	0,25
Leucina	0,63	0,46	0,51	0,50	0,49	0,49
Lisina	0,30	0,38	0,36	0,35	0,35	0,34
Metionina	0,18	0,12	0,13	0,13	0,13	0,14
Fenilalanina	0,37	0,36	0,42	0,41	0,40	0,41
Treonina	0,33	0,23	0,25	0,25	0,24	0,23
Valina	0,54	0,33	0,37	0,37	0,37	0,36
AA não essenciais						
Alanina	0,45	0,16	0,24	0,25	0,23	0,24
Asparagina	0,81	0,39	0,51	0,52	0,49	0,50
Cistina	0,07	0,020	0,03	0,03	0,03	0,03
Glutamina	1,25	0,94	1,02	1,01	0,98	0,98
Glicina	0,35	0,09	0,16	0,17	0,16	0,16
Prolina	0,40	0,45	0,41	0,40	0,40	0,39
Serina	0,41	0,28	0,32	0,32	0,30	0,31
Tirosina	0,36	0,25	0,29	0,29	0,27	0,27
Total AA	7,64	4,98	5,71	5,70	5,53	5,54

¹R: dieta referência; RQA: dieta referência + quirera de arroz; MC: multi-carboidrase; F: fitase.

Tabela 29 - Balanço nutricional aparente (%) da quirera de arroz (QA), combinada ou não com enzimas, para leitões recém-desmamados¹

Item, %	Tratamentos				EPM	Probabilidade ²		
	RQA	RQA+MC	RQA+F	RQA+MC+F		C1	C2	C3
Matéria seca	93,72	93,55	95,90	96,88	0,664	0,752	0,044	0,653
Proteína bruta	77,89	81,83	77,81	84,82	1,069	0,008	0,433	0,408
ED (kcal kg ⁻¹)*	3742	3848	3749	3909	25,411	0,007	0,441	0,531
EM (kcal kg ⁻¹)*	3720	3808	3723	3858	24,455	0,024	0,562	0,604
EM/EB	90,04	92,17	90,11	93,37	0,592	0,023	0,562	0,605

¹RQA: dieta referência + quirera de arroz; MC: multi-carboidrase; F: fitase. EPM: Erro padrão da média. ED: energia digestível; EM: energia metabolizável; EB: energia bruta. *Valores calculados com base em MS 100.

²Contrastes: C1 = Média de I+MC e I+MC+F vs. média de I e I+F. C2 = Média de I+F e I+MC+F vs. média de I e I+MC. C3 = Média de I e I+MC+F vs. média de I+MC e I+F.

Tabela 30 - Digestibilidade ileal aparente (%) dos aminoácidos (AA) da quirera de arroz (QA), combinada ou não com enzimas, para leitões recém-desmamados¹

nas com enzimas, para leitões recém desmamados								
Item, %	Tratamentos				EPM	Probabilidade ²		
	RQA	RQA+MC	RQA+F	RQA+MC+F		C1	C2	C3
AA essenciais								
Arginina	66,27	66,38	76,55	75,39	1,846	0,873	0,009	0,847
Histidina	62,62	73,92	73,21	74,10	1,671	0,040	0,066	0,074
Isoleucina	59,63	60,64	61,68	60,01	1,471	0,919	0,827	0,679
Leucina	70,02	70,14	78,89	78,60	1,517	0,973	0,003	0,936
Lisina	66,26	66,45	74,62	75,63	1,545	0,816	0,003	0,874
Metionina	70,99	71,27	74,91	74,48	1,401	0,980	0,240	0,905
Fenilalanina	72,14	76,50	76,16	73,84	1,266	0,701	0,798	0,220
Treonina	49,24	49,72	50,90	49,61	1,340	0,891	0,793	0,764
Valina	63,01	65,19	72,29	70,42	1,586	0,957	0,024	0,495
AA não essenciais								
Alanina	50,94	55,69	63,79	62,26	2,107	0,677	0,021	0,421
Aspargina	61,77	63,76	64,60	65,24	1,4129	0,668	0,484	0,825
Glutamina	66,71	74,79	73,10	73,02	1,456	0,169	0,417	0,160
Prolina	62,34	62,23	68,55	68,84	1,387	0,973	0,024	0,940
Serina	40,44	40,33	43,34	43,28	1,563	0,980	0,391	0,994
Tirosina	74,39	76,22	76,31	75,46	1,050	0,829	0,800	0,561

¹RQA: dieta referência + quirera de arroz; MC: multi-carboidrase; F: fitase. EPM: Erro padrão da média.

²Contrastes: C1 = Média de I+MC e I+MC+F vs. média de I e I+F. C2 = Média de I+F e I+MC+F vs. média de I e I+MC. C3 = Média de I e I+MC+F vs. média de I+MC e I+F.

Tabela 31 - Digestibilidade ileal estandardizada (%) dos aminoácidos (AA) da quirera de arroz (QA), combinada ou não com enzimas, para leitões recém-desmamados¹

ou não com enzimas, para leitões recém desmamados						Probabilidade ²		
Item, %	Tratamentos				EPM	C1	C2	C3
	RQA	RQA+MC	RQA+F	RQA+MC+F				
AA essenciais								
Arginina	84,14	83,62	94,96	92,77	1,876	0,680	0,007	0,799
Histidina	76,94	88,17	87,90	88,54	1,679	0,045	0,054	0,070
Isoleucina	79,16	80,01	80,80	80,05	1,467	0,986	0,796	0,806
Leucina	78,95	79,10	88,08	87,83	1,537	0,984	0,003	0,938
Lisina	77,54	78,17	86,13	87,54	1,564	0,693	0,003	0,879
Metionina	80,76	80,78	87,65	83,88	1,489	0,530	0,107	0,526
Fenilalanina	84,33	88,97	90,66	86,33	1,321	0,955	0,490	0,106
Treonina	64,97	65,74	67,91	66,74	1,356	0,947	0,506	0,742
Valina	81,05	83,06	90,24	88,85	1,596	0,915	0,020	0,567
AA não essenciais								
Alanina	61,29	65,88	74,48	72,66	2,124	0,721	0,018	0,411
Aspargina	73,47	75,29	76,73	77,24	1,421	0,704	0,400	0,831
Glutamina	77,83	85,96	84,68	84,55	1,467	0,169	0,341	0,156
Prolina	85,32	85,62	92,03	92,95	1,428	0,814	0,015	0,906
Serina	71,59	71,79	77,18	75,81	1,627	0,863	0,168	0,817
Tirosina	86,50	88,22	89,13	88,37	1,058	0,833	0,545	0,590

¹RQA: dieta referência + quirera de arroz; MC: multi-carboidrase; F: fitase. EPM: Erro padrão da média.

²Contrastes: C1 = Média de I+MC e I+MC+F vs. média de I e I+F. C2 = Média de I+F e I+MC+F vs. média de I e I+MC. C3 = Média de I e I+MC+F vs. média de I+MC e I+F.

18 CONCLUSÃO

A digestibilidade da energia e dos nutrientes da quirera de arroz, sem uso de enzimas, é inferior aos valores descritos na literatura, provavelmente usando suínos em fases mais avançadas de crescimento. Conforme hipotetizado, leitões com 5 a 6 semanas de idade apresentam menor capacidade de aproveitar a energia e os nutrientes da dieta, comparado com leitões em fases subsequentes, e, portanto, ajustes nas tabelas de formulação de dietas de leitões jovens, quando a quirera de arroz é usada, devem ser levados em consideração.

A enzima multi-carboidrase é uma alternativa para aumentar a digestibilidade aparente da energia e da proteína, além da SID da histidina da quirera de arroz. Enquanto a fitase aumenta a digestibilidade da matéria seca e a SID da arginina, histidina, leucina, lisina, alanina e prolina. Combinadas, as enzimas não alteram a digestibilidade da energia e dos nutrientes do ingrediente.

REFERÊNCIAS

- ADEOLA, O.; KING, D. E. Developmental changes in morphometry of the small intestine and jejunal sucrase activity during the first nine weeks of postnatal growth in pigs. **Journal of Animal Science**, v. 84, p. 112-118, 2006.
- AOAC., 1990. **Official methods of analysis**. 15th ed. Association of Analytical Chemistry, Washington, DC.
- APOLÔNIO, L. R.; DONZELE, J. L.; OLIVEIRA, R. F. M.; SOUZA, A. V. C.; SILVA, F. C. O.; BÜNZEN, S. Digestibilidade ileal de aminoácidos de alguns alimentos, determinada pela técnica da cânula T simples com suínos. **Revista Brasileira Zootecnia**, v. 32, n. 3, p. 605-614, 2003.
- BACH KNUDSEN, K. E. Carbohydrates and lignin contents of plant materials used in animal dieting. **Animal Feed Science and Technology**, v.67, p.319-338, 1997.
- BRESTENSKÝ, M.; NITRAYOVÁ, S; PATRÁŠ, P.; HEGER, J. Utilization of amino acids of broken rice in growing pigs. **Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences**, v. 3, n. 4, p. 347-349, 2014.
- CAMPBELL, G. L., CAMPBELL, L. D., BLAIR, R. Calculation of metabolizable energy for ingredients incorporated at low levels into a reference diet. **Poultry Science**, p. 62, v. 705-707, 1983.
- CONCI, V. A.; MAGALHÃES, R. M.; BENDER, P. E.; WIEDERKEHR, N. A.; OLIVEIRA, F. M. G. Avaliação de subprodutos do arroz na alimentação de suínos. A quítera de arroz nas fases de recria e terminação. **Pesquisa Agropecuária**, v. 14, n. 159, p. 49-53, 1996.
- EMIOLA, I. A.; OPAPEJU, F. O.; SLOMINSKI, B. A.; NYACHOTI, C. M. Growth performance and nutrient digestibility in pigs fed wheat distillers dried grains with solubles-based diets supplemented with a multicarbohydrase enzyme. **Journal of animal science**, v. 87, p. 2315-2322, 2009.
- FERREIRA, W. M. Matérias-primas utilizadas na formulação de rações para coelhos: Restrições e alternativas. **Informe Agropecuário**, v. 14 n. 159, p. 16-22, 1989.
- GOERING, H. K.; VAN SOEST, P. J. **Forage fiber analysis** (Apparatus, reagents, procedures and some applications). Washington, DC: USDA, (Agricultural Handbook, 379), 1970.
- HONGTRAKUL, K.; GOODBAND, R. D.; BEHNKE, K. C.; NELSEN, J. L.; TOKACH, M. D.; BERGSTRÖM, J. R.; NESSMITH, W.B. Jr.; KIM, I. H. The effects of extrusion processing of carbohydrate sources on weanling pig performance. **Journal of Animal Science**, v. 76, p. 3034-3042, 1998.
- KIM, J. C.; MULLAN, B. P.; HAMPSON, D. J.; RIJNEN, M. M. J. A.; PLUSKE, J. R. The digestible energy and net energy content of two varieties of processed rice in pigs of different body weight. **Animal Feed Science and Technology**, v. 134, p. 316-325, 2007.

- LI, D.; ZHANG, D. F.; PIAO, X. S.; HAN, I. K.; YANG, C. J.; LI, J. B.; LEE, J. H. Effects of replacing corn with Chinese brown rice on growth performance and apparent fecal digestibility of nutrients in weaning pigs. **Asian-Australian Journal of Animal Science**, v. 15, p. 1191-1197, 2002.
- MATEOS, G. G.; MARTIN, F.; LATORRE, M. A.; VICENTE, B.; LAZARO, R. Inclusion of oat hulls in diets for young pigs based on cooked maize or cooked rice. **Animal Science**, v. 82, p. 57-63, 2006.
- MEDEL, P.; SALADO, S.; DE BLAS, J. C.; MATEOS, G. G. Processed cereals in diets for early-weaned piglets. **Animal Feed Science and Technology**, v. 82, p. 145-156, 1999.
- MENOYO, D.; SERRANO, M.P.; BARRIOS, V.; VALENCIA, D.G.; LAZARO, R.; ARGENTE, J.; MATEOS, G.G. Cereal type and heat processing of the cereal affect nutrient digestibility and dynamics of serum insulin and ghrelin in weanling pigs. **Journal of Animal Science**, v. 89, p. 2793-2800, 2011.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient Requirements of Swine**. Eleventh Revised Edition, Washington: D.C: The National Academies Press, 2012. 400 p.
- NOBLET, J.; FORTUNE, H.; SHI, X. S.; DUBOIS, S. Prediction of net energy value of dietas for growing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 72, p. 344-354, 1994.
- NYACHOTI, C. M.; DE LANGE, C. F. M.; SCHULZE, H. Estimating endogenous amino acid flows at the terminal ileum and true ileal amino acid digestibilities in dietastuffs for growing pigs using the homoarginine method. **Journal of Animal Science**, v. 75, p. 3206-3213, 1997.
- PATIENCE, J.F.; DEROUCHÉY, J. M. **Diet Additives for Swine - Enzymes and Phytase**. In: NATIONAL SWINE NUTRITION GUIDE, 5p. 2010.
- POULSEN, H. D. Zinc oxide for pigs during the weaning period. Publication no. 746. **Danish Institute of Animal Science**, Tjele, Denmark, 1989.
- RAVINDRAN, V.; CABAUGH, S.; RAVINDRAN, G., SELLE, P. H.; BRYDEN, W. L. Response of broiler chickens to microbial phytase supplementation as influenced by dietary phytic acid and non-phytate phosphorous levels. II. Effects on apparent metabolizable energy, nutrient digestibility and nutrient retention. **British Poultry Science**, v. 41, p. 193-200, 2000.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L.; GOMES, P.C.; OLIVEIRA, R.F. **Tabelas Brasileiras Para aves e suínos. Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais**. 3ª ed. Viçosa: UFV, 252p., 2011.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM. (SAS). Institute Inc. **User's Guide**. Cary, NC, USA: SAS Institute Inc. 2012.
- SIMONS, P. C.; VERSTEEGH, H. A.; JONGBLOED, A. W.; KEMME, P. A.; SLUMP, P.; BOS, K. D.; WOLTERS, M. G.; BEUDEKER, R. F.; VERSCHOOR, G. J. Improvement of phosphorus availability by microbial phytase in broilers and pigs. **British Journal of Nutrition**, v. 64, p. 525-540, 1990.

STEIN, H. H.; SÈVE, B.; FULLER, M. F.; MOUGHAN, P. J.; DE LANGE, C. F.; Invited review: Amino acid bioavailability and digestibility in pig fed ingredients: Terminology and application. **Journal of Animal Science**, v. 85, p. 172-180, 2007.

TEIXEIRA, A.S. **Alimentos e alimentação dos animais**. 4. ed. Lavras: UFLA/FAEPE, 402p., 1997.

TESTER, F.; KARKALAS, J.; QI, X. Starch - Composition, fine structure and architecture. **Journal of Cereal Science**, v. 39, n. 2, p. 151-165, 2004.

TRINDADE NETO, M. A.; LIMA, J. A.; FIALHO, E. T.; OLIVEIRA, A. I. G. Avaliação química e biológica de glúten de milho (FGM), com suínos em crescimento e terminação. **Revista Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 23, n. 3, p. 497-505, 1994.

VICENTE, B.; VALENCIA, D. G.; PEREZ-SERRANO, M.; LAZARO, R.; MATEOS, G. G. The effects of dietary rice in substitution of corn and the degree of starch gelatinization of rice on the digestibility of dietary components and productive performance of young pigs. **Journal of Animal Science**, v. 86, p. 119-126, 2008.

VICENTE, B., VALENCIA, D. G., SERRANO, M. P., LÁZARO, R., MATEOS, G. G. Effects of feeding rice and the degree of starch gelatinization of rice on nutrient digestibility and ileal morphology of young pigs. **British Journal of Nutrition**, v. 101, n. 9, p. 1278-1281, 2009.

WEBER, T. E.; KERR, B. J. Metabolic effects of dietary sugar beet pulp or wheat bran in growing female pigs, **Journal of Animal Science**, v. 90, p. 523-532, 2012.

CAPÍTULO V

Digestibilidade ileal dos aminoácidos do milho e sorgo, com ou sem suplementação de multi-carboidrase e fitase, em leitões recém-desmamados

Ileal amino acid digestibility in corn and sorghum fed to weaned pigs with or without multi-carbohydrase and phytase supplementation

19 INTRODUÇÃO

Os principais ingredientes usados na formulação de ração de suínos são organizados em tabelas e as informações atualizadas sobre as disponibilidades nutricionais, como as apresentadas por Rostagno et al. (2011) e NRC (2012), tornam-se importantes para a elaboração das dietas de suínos nas suas diferentes fases da criação. Ainda assim, a maior parte dos dados sobre a digestibilidade dos aminoácidos (AA) é proveniente de avaliações com suínos numa faixa etária comum, superior a seis semanas de idade. Dados com animais muito jovens se devem as dificuldades de implantação de cânulas intestinais e na recuperação pós-cirúrgica desses animais. Portanto, em situações diversas, as formulações de rações para leitões recém-desmamados ainda se baseiam em dados de digestibilidade obtidos com animais em fases fisiológicas mais avançadas, provavelmente, superestimando-se coeficientes de digestibilidade dos nutrientes e energia de diferentes ingredientes combinados numa dieta.

Sorgo e milho são as principais fontes de energia empregadas em dietas de suínos e aves. A viabilidade no uso desses alimentos, devido ao alto conteúdo de carboidratos, em maior parte amido, digestível (NRC, 2012), torna-os de grande importância na indústria de rações para animais monogástricos. De acordo com Nyannor et al. (2007) e Liu et al. (2013), a cultura do sorgo é tolerante às secas e pode ser cultivado sob amplas condições ambientais, comparado ao milho. No entanto, usado como ingrediente nas dietas de não ruminantes, o sorgo, em suas diferentes concentrações de tanino, pode reduzir a utilização dos nutrientes (LIU et al., 2013). De acordo com Cousins et al. (1981), a conversão alimentar de suínos em crescimento (50 kg PV), a digestibilidade ileal e total do N e da energia bruta foi reduzida, quando o sorgo alto tanino substituiu o milho, não verificando o mesmo, quando sorgo baixo tanino foi usado.

A mais propagada indicação para uso de enzimas exógenas na alimentação de suínos e aves se dá em favor do desempenho, da redução de custos, da melhoria na qualidade dos ingredientes dietéticos com reflexos favoráveis na redução da contaminação ambiental

diminuindo a perda de nutrientes através das fezes (WALDROUP, 1992). O uso de carboidrases aumenta o aproveitamento da energia e aminoácidos das dietas pela hidrólise dos polissacarídeos não amiláceos solúveis (PNAs) e a fitase aumenta o aproveitamento do fósforo complexado à molécula de ácido fítico (SIMONS et al., 1990; PATIENCE; DEROUCHÉY, 2010).

A hipótese deste estudo é que as digestibilidades do sorgo e milho, em leitões jovens, são menores aos valores descritos na literatura. Assim, objetivou-se determinar a digestibilidade ileal aparente (AID) e digestibilidade ileal estandardizada (SID) dos AA e o balanço nutricional do sorgo e milho, em presença ou ausência das enzimas multi-carboidrase (MC), fitase (F) e MC+F, usando-se leitões com média de 11 kg de peso vivo. Observadas diferenças, sugerir adequações das tabelas de composição química dos ingredientes estudados, com ou sem inclusão das respectivas enzimas.

20 MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios de digestibilidade e coleta de material ileal foram realizados no setor de Suinocultura do Instituto de Zootecnia em Nova Odessa, SP. Todos os procedimentos experimentais foram revisados e aprovados pelo comitê de ética da Universidade de São Paulo e protocolados sob o n. 2843/2012.

Animais e instalações

Cinquenta leitões, machos castrados, de linhagem comercial, desmamados aos 23 dias de idade (± 6 kg de peso corporal), foram divididos em 2 experimentos, cada um com 25 animais. Os leitões foram alojados individualmente em gaiolas de digestibilidade e metabolismo, onde permaneceram até os 45 dias de idade. O período de adaptação e coleta total de fezes e urina ocorreu do 10º ao 20º dia do período experimental e as coletas de íleo ao abate, no 22º dia. No Exp.1, quando sorgo foi avaliado, o peso dos animais ao início das coletas de fezes e urina foi de $8,8 \pm 1,4$ kg e ao abate, na coleta ileal, foi de $10,8 \pm 1,3$ kg. Nos correspondentes períodos do Exp.2, quando avaliou-se o milho, os respectivos pesos foram: $8,9 \pm 1,4$ kg e $11 \pm 1,5$ kg.

Delineamento e dietas experimentais

Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e cinco repetições. Uma dieta referência também foi utilizada como base de cálculo para encontrar os coeficientes de digestibilidade dos nutrientes do sorgo e do milho. Os ingredientes testes foram incluídos na dieta pelo método de substituição, onde 30% da dieta referência (R), na matéria natural foram substituídos pelo ingrediente teste (Tabela 32).

Tabela 32 - Planejamento experimental¹

Tratamentos	Repetições	Parcela	Leitão/ tratamento
Dieta referência (R)	5	1	1
R+ 30% I (RI)	5	1	1
RI+ 200 mg/kg MC (RIMC)	5	1	1
RI+ 50 mg/kg F (RIF)	5	1	1
RI+ 200 mg/kg MC + 50 mg/kg F (RIMCF)	5	1	1
Total/cada avaliação	25	1	25

¹R: dieta referência; I: ingrediente teste; MC: multi-carboidrase; F: fitase

Tabela 33 - Composição das dietas usadas nos ensaios de digestibilidade para coleta total e ileal com leitões desmamados¹

Ingredientes, %	Coleta Total		Coleta Ileal	
	R	RI	R	RI
Milho	61,33	42,93	-	-
Amido	5,00	3,50	41,55	29,09
Óleo de soja	1,98	1,38	3,13	2,19
Soro de leite pó	15,00	10,50	-	-
Leite integral pó	10,00	7,00	-	-
Dextrose	-	-	21,00	14,70
Lactose	-	-	20,00	14,00
Caseína	-	-	5,00	3,50
Cloreto de colina 96%	0,01	0,01	0,01	0,01
Cloreto de K	-	-	1,04	0,73
Bicarbonato de Na	0,43	0,30	1,04	0,73
Fosfato bicálcico	1,71	1,19	3,01	2,11
Calcário calcítico	0,54	0,38	0,22	0,15
Óxido cromo	0,30	0,21	0,30	0,21
Óxido de Zn	0,35	0,25	0,35	0,25
Px. Vitamínico ^a	0,10	0,07	0,10	0,07
Px. Mineral ^b	0,10	0,07	0,10	0,07
Celulose	3,00	2,10	3,00	2,10
Antioxidante	0,01	0,01	0,12	0,08
Aromatizante	0,12	0,08	0,02	0,01
Ingrediente teste ²	-	30,00	-	30,00
Total	100	100	100	100
Composição calculada, %				
Matéria Seca	90,41	-	93,84	-
EM (kcal kg ⁻¹)	3390	-	3330	-
Proteína bruta	9,01	-	4,26	-
Cálcio	0,85	-	0,85	-
Fósforo digestível	0,45	-	0,45	-
Sódio	0,28	-	0,28	-
Cloro	0,31	-	0,49	-
Potássio	0,61	-	0,52	-
Ácido Linoleico	2,21	-	1,65	-

¹R: Dieta referência; RI: dieta referência + ingrediente teste (SO e MI). Ingrediente teste substituiu 30% da dieta referência, sendo suplementada ou não com as enzimas multi-carboidrase (200g/ton); fitase (50g/ton) e multi-carboidrase + fitase, respectivamente.

²Inclusão em base natural

^aAdição por Ton de dieta : vitamina A, 10.000.000 UI; vitamina D3, 1.650.000 UI; vitamina E, 60.000 mg; vitamina K, 2.000 mg; vitamina B1, 1.200 mg; vitamina B2, 4.000 mg; vitamina B6, 2.200 mg; vitamina B12, 22.000 mcg; ácido pantotênico, 18.000 mg; ácido fólico, 400 mg; niacina, 30.000 mg e biotina, 150 mg.

^bAdição por Ton de dieta: Selênio, 361 mg; Iodo, 1.100,00 mg; Ferro, 90.000 mg; Cobre, 10.500 mg; Zinco, 117.800 mg e Manganês, 40.200 mg.

Para coleta total de fezes e urina a dieta referência foi à base de milho (61,33%), leite em pó integral (10%) e soro de leite em pó (15%) (Tabela 33), seguindo as recomendações propostas pelo NRC (2012). Para análise da digestibilidade estandarizada, foi formulada uma dieta a base de amido de milho (42%), dextrose (21%) e lactose (20%) com a inclusão de

5% de caseína para determinação de perdas endógenas (Tabela 33). Óxido de cromo foi usado nas avaliações da digestibilidade dos AA. A multi-carboidrase usada foi obtida a partir de uma mistura de carboidrases: galactomananase, 10%*; xilanase, 10%*; betaglucanase, 10%*; cevada maltada, 60% e alfa-galactosidase, 10%* {*Substrato fermentado com *Aspergillus niger* (PRL 2351) e *Aspergillus oryzae* (ATCC66222) gerando atividades de carboidrases}. A fitase usada foi produto de fermentação de *Saccharomyces cerevisiae* (KCCM 80051). Atividade de fitase (Min.) 10.000 FTU/g.

Óxido de Zn (0,3 g/kg) foi adicionado nas dietas para prevenir problemas entéricos os quais os leitões estão propensos nas primeiras fases pós desmame (Poulsen, 1989) e reduzir a incidência de diarreias, como havia manifestado nos animais do Exp. 1. No período de adaptação, de coleta de excretas e de coleta de conteúdo ileal não foram identificados problemas entéricos, tal como diarreias.

Coleta de material experimental e análises químicas

Os procedimentos de arração e coleta de fezes e urina, 2 vezes ao dia (9 e 17h), foram semelhantes aos descritos por Noblet et al. (1994) e Trindade Neto et al. (1994). Para determinação da digestibilidade aparente da matéria seca, proteína, energia digestível e metabolizável foi usado o método de coleta total de fezes e urina, tendo sido o início e o final das coletas determinados pelo aparecimento de fezes marcadas com a adição de 2,5 g/kg de Fe_2O_3 às dietas. As fezes foram acondicionadas em sacos plásticos e conservadas em congelador a -10°C . Ao final do experimento foram pesadas, homogeneizadas e amostradas (300 g/kg), secas em estufa de ventilação forçada, a 60°C por 72 horas e moídas para análises posteriores. A urina excretada foi drenada para baldes plásticos com 5 mL de H_2SO_4 . O volume foi pesado diariamente e uma alíquota de 300 g/kg foi retirada e conservada sob refrigeração a -10°C .

As amostras das rações, dos ingredientes testes e das fezes foram moídas em moinho de facas, peneira de um milímetro e posteriormente analisadas. Uma amostra de urina de cada animal também foi liofilizada para posterior análise de energia bruta. Ao final de cada ensaio experimental os animais foram abatidos para obtenção de amostras da digesta no 1/3 final do íleo (aproximadamente 30 cm). Segundo Adeola e King et al. (2006), o comprimento médio do íleo dos leitões às 5 semanas de idade é 94,5 cm. Previamente ao abate, os leitões foram induzidos e mantidos em estado de anestesia geral com acepromazina (tranquilizante), ketamina combinada a xilazina (sedativo), de acordo com o peso vivo de cada animal.

Confirmado o estado de anestesia, os animais foram submetidos à eutanásia, fazendo uso de tiopental via intracardíaca.

As amostras do conteúdo ileal foram liofilizadas e posteriormente moídas em moinho refrigerado. A matéria seca foi determinada de acordo com a AOAC (1990); método 925.09. Energia bruta foi mensurada através de bomba calorimétrica adiabática (IKA® C5000), usando ácido benzoico como padrão de calibração. Gordura foi determinada após extração com hexano de acordo com a AOAC (1990); método 920.39. Os teores de aminoácidos foram determinados no Laboratório de Nutrição de Monogástricos (VNP-FMVZ-USP), de acordo com a AOAC (1990); método. Resumidamente, 100 mg de amostra foi hidrolizada com HCl 6 M, a 110°C, durante 24h. O triptofano não foi determinado, assim como não foi possível detectar Cistina e Glicina. O conteúdo de aminoácidos foi determinado com uso de um analisador 1260 Infinity LCs (Agilent Technologies, Santa Clara, California, USA). O nitrogênio foi analisado usando o procedimento de digestão e destilação de Kjeldahl em um destilador de N Tecnal modelo TE/036/1 e a proteína bruta foi calculada como $N \times 6,25$. Os conteúdos de FDN e FDA nas dietas foram determinados de acordo com o método de Goering e Van Soest (1970) e o conteúdo de matéria mineral foi determinado de acordo com a AOAC (1990); método 942.05.

Cálculos

Os cálculos da AID e SID dos aminoácidos foram realizados segundo a metodologia descrita por Nyachoti et al. (1997) e Stein et al. (2007):

$$AID_{AA} = 1 - ((AA_{\text{digesta}}/AA_{\text{dieta}}) \times (Cr_{\text{dieta}}/Cr_{\text{digesta}})) \times 100$$

$$SID_{AA} = AID + IEL_{AA}/AA_{\text{dieta}},$$

Onde, AID_{AA} é a digestibilidade ileal aparente dos AA (%), AA_{digesta} é a concentração de AA na digesta ileal (na MS), AA_{dieta} é a concentração de AA na dieta (na MS), Cr_{dieta} é a concentração de cromo na dieta (na MS) e Cr_{digesta} é a concentração de cromo na digesta ileal (na MS). SID_{AA} é a digestibilidade ileal estandardizada dos AA (%), IEL_{AA} é a perda de aminoácido ileal endógeno.

A digestibilidade aparente da matéria seca, proteína bruta e energia bruta dos ingredientes testes foram calculados de acordo com Medel et al. (1999). Para os valores de ED e EM aparente foi usada a fórmula desenvolvida por Campbell et al. (1983):

$$ED_I = EB_I - [(EF_I - (1 - X) * EF_R) / X],$$

Onde, ED_I : energia digestível do ingrediente teste; EB_I : energia bruta do ingrediente teste; EF_I : energia das fezes do tratamento com o ingrediente teste; EF_R : energia das fezes do tratamento usando dieta referência; X : inclusão do ingrediente teste à dieta referência.

Análise estatística

A análise dos dados foi realizada com o critério de 5% de significância utilizando-se o SAS (versão 9.3; SAS Inst. Inc., Cary, NC). A homogeneidade das variâncias foi avaliada pelo teste de Hartley e a normalidade dos resíduos pelo teste de Shapiro-Wilk (procedimento UNIVARIATE). O procedimento MIXED foi utilizado para avaliar o efeito dos tratamentos por meio de contrastes ortogonais, para facilitar a interpretação e a aplicabilidade dos resultados. Os contrastes testados foram:

C1 = Média de I+MC e I+MC+F x média de I e I+F;

C2 = Média de I+F e I+MC+F x média de I e I+MC;

C3 = Média de I e I+MC+F x média de I+MC e I+F.

O modelo estatístico usado foi:

$$Y_{ij} = \mu + a_i + b_j + (a_i \times b_j) + e_{ij}$$

Onde: Y_{ij} = variável resposta dos leitões alimentados com multi-carboidrase (i) e fitase (j).

μ = efeito geral da média;

a_i = efeito fixo da multi-carboidrase;

b_j = efeito fixo da fitase;

$(a_i \times b_j)$ = interação da multi-carboidrase com a fitase;

e_{ij} = erro termo (resíduo).

21 RESULTADOS

Devido a proximidade dos resultados, referente à perda de aminoácidos endógena no íleo dos leitões, submetidos à dieta referência (5% caseína) no Exp. 1 e 2, a média foi usada no cálculo da digestibilidade estandardizada dos AA do sorgo e do milho. Os valores foram: arginina, 0,50; histidina, 0,31; isoleucina, 0,50; leucina, 0,80; lisina, 0,41; metionina, 0,21; fenilalanina, 0,52; treonina, 0,93; valina, 0,67; alanina, 0,76; aspargina, 0,60; cistina, 0,18; glutamina, 1,13; glicina, 0,63; prolina, 0,95; serina, 0,99 e tirosina, 0,35 g/kg.

Experimento 1: Sorgo (SO)

As composições analisadas dos nutrientes e da energia do sorgo e das dietas experimentais são apresentadas nas tabelas 34 e 35. A proteína bruta do sorgo no presente experimento foi 21% inferior ao valor descrito no NRC (2012), o mesmo foi encontrado para os AA, no entanto, o perfil aminoacídico foi semelhante nos dois casos: arginina, 0,31 vs. 0,36%; histidina, 0,18 vs. 0,21%; isoleucina, 0,32 vs. 0,36%; leucina, 1,03 vs. 1,21%; lisina, 0,18 vs. 0,20; metionina, 0,13 vs. 0,16; fenilalanina, 0,40 vs. 0,48%; treonina, 0,31 vs. 0,30%; valina, 0,46 vs. 0,46%; alanina, 0,71 vs. 0,84%; aspargina, 0,61 vs. 0,60; cistina, 0,06 vs. 0,18%; glutamina, 1,44 vs. 1,84%; glicina, 0,26 vs. 0,31; prolina, 0,65 vs. 0,74%; serina, 0,37 vs. 0,39% e tirosina, 0,31 vs. 0,32%, respectivamente. Comparado a Rostagno et al. (2011), a proteína bruta e a composição de AA do sorgo também foram muito próximas.

A energia bruta do sorgo do presente experimento foi 11,3% e 13,5% inferior comparado aos valores descritos no NRC (2012) e Rostagno et al. (2011), respectivamente. Na análise do FDN e FDA os resultados foram próximos (FDN: 11,62; 10,63 e 10,03%. FDA: 4,97; 4,93 e 5,90%, respectivamente). As concentrações de AA dentro dos tratamentos, onde foram substituídos 30% da dieta referência pelo sorgo também foram próximas, representando boa mistura das rações e homogeneidade dos nutrientes em cada tratamento.

Não houve efeito das enzimas conjugadas sobre a digestibilidade dos nutrientes e da energia do sorgo (Tabelas 36, 37 e 38). Quando adicionada à dieta, na forma isolada, a MC, melhorou a digestibilidade aparente da matéria seca ($P=0,04$) do sorgo e melhora na EM ($P=0,06$), quando comparou-se os resultados provenientes dos leitões sob os tratamentos sem a enzima.

As ED e EM do sorgo, sem uso de enzimas, foram, respectivamente, 11,7% e 11% inferiores aos valores descritos no NRC (2012) e 7,7% e 6,8% inferiores aos valores descritos

por Rostagno et al. (2011). O coeficiente de digestibilidade da proteína bruta no presente experimento foi 34% inferior daquele descrito por Rostagno et al (2011). A enzima fitase, isolada, melhorou a digestibilidade apenas da prolina no sorgo. Para os demais AA, as enzimas isoladas ou combinadas não alteraram a AID e SID.

O sorgo, sem a adição de enzimas, apresentou coeficientes de digestibilidade dos aminoácidos semelhantes daqueles descritos no NRC (2012).

Tabela 34 - Composição analisada do sorgo (SO) e dietas experimentais usadas na coleta total¹

Item, %	Ingrediente	Dietas				
	SO	R	RSO	RSO+MC	RSO+F	RSO+MC+F
Matéria seca	87,60	89,64	89,06	89,15	89,21	89,13
Energia bruta (kcal kg ⁻¹)	3375	3.434	3.413	3.415	3.399	3.410
Proteína bruta	7,40	10,75	9,77	9,62	9,86	9,82
Matéria mineral	1,30	5,94	4,43	4,37	4,50	4,54
Fibra bruta	1,77	-	-	-	-	-
Fibra em detergente neutro	11,62	-	-	-	-	-
Fibra em detergente ácido	4,97	-	-	-	-	-
Extrato etéreo	2,65	-	-	-	-	-

¹R: dieta referência; RSO: dieta referência + sorgo; MC: multi-carboidrase; F: fitase.

Tabela 35 - Composição analisada dos aminoácidos (AA) do sorgo e dietas experimentais usadas na coleta ileal¹

Item, %	Ingrediente	Dietas				
	SO	R	RSO	RSO+MC	RSO+F	RSO+MC+F
Matéria seca	87,60	89,64	89,06	89,15	89,21	89,13
AA essenciais						
Arginina	0,31	0,14	0,19	0,19	0,19	0,20
Histidina	0,18	0,14	0,14	0,14	0,14	0,15
Isoleucina	0,32	0,22	0,26	0,26	0,27	0,27
Leucina	1,03	0,42	0,61	0,58	0,60	0,60
Lisina	0,18	0,32	0,30	0,31	0,31	0,31
Metionina	0,13	0,10	0,11	0,09	0,10	0,10
Fenilalanina	0,40	0,34	0,38	0,37	0,39	0,39
Treonina	0,31	0,22	0,25	0,25	0,23	0,24
Valina	0,46	0,34	0,38	0,37	0,38	0,38
AA não essenciais						
Alanina	0,71	0,14	0,33	0,33	0,32	0,34
Asparagina	0,61	0,41	0,46	0,46	0,47	0,48
Cistina	0,06	0,020	0,02	0,00	0,00	0,00
Glutamina	1,44	0,94	1,08	1,07	1,06	1,09
Glicina	0,26	0,07	0,13	0,12	0,12	0,13
Prolina	0,65	0,40	0,45	0,45	0,46	0,46
Serina	0,37	0,25	0,29	0,30	0,29	0,30
Tirosina	0,31	0,23	0,27	0,26	0,26	0,27
Total AA	7,73	4,68	5,64	5,56	5,57	5,71

¹R: dieta referência; RSO: dieta referência + sorgo; MC: multi-carboidrase; F: fitase.

Tabela 36 - Balanço nutricional aparente (%) do sorgo, combinado ou não com enzimas, para leitões recém-desmamados¹

Item, %	Tratamentos				EPM	Probabilidade ²		
	RSO	RSO+MC	RSO+F	RSO+MC+F		C1	C2	C3
Matéria seca	82,41	85,67	84,29	88,19	0,884	0,041	0,191	0,844
Proteína bruta	56,01	51,35	53,66	62,43	2,755	0,720	0,451	0,251
ED (kcal kg ⁻¹)*	3554	3552	3465	3724	40,483	0,105	0,587	0,100
EM (kcal kg ⁻¹)*	3515	3566	3423	3667	39,331	0,062	0,949	0,208
EM/EB	79,92	81,08	77,84	83,39	0,894	0,062	0,947	0,208

¹RSO: dieta referencia + sorgo; MC: multi-carboidrase; F: fitase. EPM: Erro padrão da média. ED: energia digestível; EM: energia metabolizável; EB: energia bruta. *Valores calculados com base em MS 100%.

²Contrastes: C1 = Média de I+MC e I+MC+F vs. média de I e I+F. C2 = Média de I+F e I+MC+F vs. média de I e I+MC. C3 = Média de I e I+MC+F vs. média de I+MC e I+F.

Tabela 37 - Digestibilidade ileal aparente (%) dos aminoácidos (AA) do sorgo, combinado ou não com enzimas, para leitões recém-desmamados¹

para leitões recém desmamados								
Item, %	Tratamentos				EPM	Probabilidade ²		
	RSO	RSO+MC	RSO+F	RSO+MC+F		C1	C2	C3
AA essenciais								
Arginina	65.25	65.38	63.89	65.41	1.240	0.762	0.807	0.799
Histidina	69.05	68.62	67.03	68.07	1.265	0.913	0.644	0.791
Isoleucina	68.81	66.85	67.69	69.89	1.141	0.960	0.696	0.402
Leucina	76.89	78.96	76.67	77.84	0.949	0.434	0.744	0.826
Lisina	70.09	69.51	69.93	72.70	1.203	0.674	0.560	0.520
Metionina	75.17	77.55	75.46	76.51	0.768	0.301	0.816	0.683
Fenilalanina	73.50	73.85	72.53	72.16	0.833	0.996	0.468	0.844
Treonina	53.98	54.92	55.50	54.74	1.041	0.967	0.770	0.712
Valina	70.12	70.00	69.19	71.59	0.911	0.562	0.867	0.524
AA não essenciais								
Alanina	64.84	65.62	62.26	66.17	1.218	0.370	0.696	0.548
Aspargina	62.72	62.94	61.06	63.26	1.199	0.646	0.799	0.705
Glutamina	74.73	76.68	73.50	75.91	0.695	0.137	0.483	0.871
Prolina	63.09	65.24	69.50	70.68	0.997	0.292	0.001	0.755
Serina	49.90	51.41	51.16	52.81	1.235	0.559	0.623	0.980
Tirosina	73.81	74.71	72.94	74.98	0.855	0.431	0.869	0.757

¹RSO: dieta referencia + sorgo; MC: multi-carboidrase; F: fitase. EPM: Erro padrão da média.

²Contrastes: C1 = Média de I+MC e I+MC+F vs. média de I e I+F. C2 = Média de I+F e I+MC+F vs. média de I e I+MC. C3 = Média de I e I+MC+F vs. média de I+MC e I+F.

Tabela 38 - Digestibilidade ileal estandardizada (%) dos aminoácidos (AA) do sorgo, combinado ou não com enzimas, para leitões recém-desmamados¹

Enzimas, para leitões recém desmamados								
Item, %	Tratamentos				EPM	Probabilidade ²		
	RSO	RSO+MC	RSO+F	RSO+MC+F		C1	C2	C3
AA essenciais								
Arginina	86,60	86,93	85,17	85,52	1,243	0,901	0,603	0,997
Histidina	83,18	82,66	81,25	81,82	1,265	0,993	0,619	0,845
Isoleucina	77,64	75,59	76,27	78,48	1,140	0,973	0,758	0,392
Leucina	84,24	86,77	84,20	85,13	0,956	0,404	0,684	0,696
Lisina	83,86	82,38	83,03	85,72	1,203	0,814	0,630	0,426
Metionina	86,91	91,40	88,60	89,60	0,826	0,107	0,973	0,294
Fenilalanina	87,25	87,66	85,83	85,27	0,849	0,968	0,301	0,789
Treonina	70,08	72,49	72,78	71,41	1,062	0,819	0,724	0,415
Valina	87,84	87,82	86,89	89,11	0,908	0,579	0,933	0,571
AA não essenciais								
Alanina	84,67	87,34	83,08	85,62	1,222	0,321	0,524	0,980
Aspargina	75,79	76,00	73,95	75,72	1,198	0,706	0,687	0,767
Glutamina	85,25	87,58	84,15	86,32	0,701	0,126	0,409	0,954
Prolina	84,01	86,49	90,23	91,11	0,961	0,288	0,003	0,608
Serina	78,97	81,55	80,48	80,99	1,232	0,567	0,860	0,700
Tirosina	79,21	80,26	78,44	80,32	0,854	0,434	0,848	0,824

¹RSO: dieta referencia + sorgo; MC: multi-carboidrase; F: fitase. EPM: Erro padrão da média.

²Contrastes: C1 = Média de I+MC e I+MC+F vs. média de I e I+F. C2 = Média de I+F e I+MC+F vs. média de I e I+MC. C3 = Média de I e I+MC+F vs. média de I+MC e I+F.

Experimento 2: Milho (MI)

As composições analisadas dos nutrientes e da energia do milho e das dietas experimentais são apresentadas nas tabelas 39 e 40. A proteína bruta do milho no presente experimento foi semelhante aos valores descritos no NRC (2012). Da mesma forma o perfil de aminoácidos apresentou resultados muito próximos: arginina, 0,42 vs. 0,37%; histidina, 0,26 vs. 0,24%; isoleucina, 0,30 vs. 0,28%; leucina, 1,01 vs. 0,96%; lisina, 0,27 vs. 0,25; metionina, 0,15 vs. 0,18; fenilalanina, 0,38 vs. 0,39%; treonina, 0,36 vs. 0,28%; valina, 0,47 vs. 0,38%; alanina, 0,62 vs. 0,60%; aspargina, 0,69 vs. 0,54; cistina, 0,07 vs. 0,19%; glutamina, 1,42 vs. 1,48%; glicina, 0,32 vs. 0,31; prolina, 0,76 vs. 0,71%; serina, 0,43 vs. 0,38% e tirosina, 0,33 vs. 0,26%, respectivamente. A composição aminoacídica do milho, segundo Rostagno et al. (2011), também foi semelhante aos valores acima descritos.

A energia bruta do milho, no presente experimento, foi 12% e 13,1% inferior aos valores descritos no NRC (2012) e Rostagno et al. (2011), respectivamente. Para os demais nutrientes, FDN, FDA e fibra bruta, o presente experimento apresentou resultados semelhantes aos descritos na literatura. As concentrações de AA dentro dos tratamentos, onde foram substituídos 30% da dieta referência pelo milho também foram próximas, representando boa mistura das rações e homogeneidade dos nutrientes em cada tratamento.

Tabela 39 - Composição analisada do milho (MI) e dietas experimentais usadas na coleta total¹

Item, %	Ingrediente	Dietas				
	MI	R	RMI	RMI+MC	RMI+F	RMI+MC+F
Matéria seca	87,33	89,89	89,44	89,52	89,43	89,56
Energia bruta (kcal kg ⁻¹)	3423	3.672	3.619	3.628	3.629	3.630
Proteína bruta	8,16	12,17	11,59	11,28	11,21	11,24
Matéria mineral	1,40	6,29	5,52	5,29	4,89	5,50
Fibra bruta	2,30	-	-	-	-	-
Fibra em detergente neutro	14,42	-	-	-	-	-
Fibra em detergente ácido	4,36	-	-	-	-	-
Extrato etéreo	3,45	-	-	-	-	-

¹R: dieta referência; RMI: dieta referencia + milho; MC: multi-carboidrase; F: fitase.Tabela 40 - Composição analisada dos aminoácidos (AA) do milho (MI) e dietas experimentais usadas na coleta ileal¹

Item, %	Ingrediente	Dietas				
	MI	R	RMI	RMI+MC	RMI+F	RMI+MC+F
Matéria seca	87,33	89,89	89,44	89,52	89,43	89,56
AA essenciais						
Arginina	0,42	0,17	0,22	0,22	0,22	0,21
Histidina	0,26	0,14	0,17	0,17	0,17	0,16
Isoleucina	0,30	0,24	0,26	0,26	0,26	0,26
Leucina	1,01	0,44	0,59	0,60	0,59	0,59
Lisina	0,27	0,36	0,35	0,36	0,35	0,36
Metionina	0,15	0,10	0,10	0,10	0,09	0,09
Fenilalanina	0,38	0,34	0,40	0,40	0,41	0,40
Treonina	0,36	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24
Valina	0,47	0,35	0,38	0,38	0,38	0,38
AA não essenciais						
Alanina	0,62	0,17	0,28	0,28	0,29	0,28
Asparagina	0,69	0,41	0,49	0,49	0,49	0,48
Cistina	0,07	0,020	0,00	0,00	0,00	0,00
Glutamina	1,42	0,94	1,05	1,08	1,07	1,05
Glicina	0,32	0,09	0,14	0,14	0,15	0,14
Prolina	0,76	0,42	0,48	0,51	0,50	0,48
Serina	0,43	0,30	0,30	0,32	0,31	0,30
Tirosina	0,33	0,24	0,27	0,28	0,28	0,26
Total AA	8,25	4,98	5,72	5,84	5,81	5,68

¹R: dieta referência; RMI: dieta referencia + milho; MC: multi-carboidrase; F: fitase.

Não houve efeito das enzimas conjugadas sobre a digestibilidade dos nutrientes e da energia do milho (Tabelas 41, 42 e 43). Tendência de melhora na digestibilidade aparente da proteína bruta (P=0,07) do milho foi encontrada quando a multi-carboidrase, isolada, foi adicionada à dieta. O coeficiente de digestibilidade da proteína bruta do milho, sem enzimas,

foi 12,1% inferior daquele valor descrito por Rostagno et al (2001), da mesma forma como ocorreu com SID da maior parte dos AA.

As digestibilidades aparente da ED e EM do sorgo, sem uso de enzimas, foram, respectivamente, 3,8% e 2,9% inferiores aos valores descritos no NRC (2012) e 5% e 2,2% inferiores comparados aos valores de Rostagno et al. (2011).

Tabela 41 - Balanço nutricional aparente (%) do milho (MI), combinado ou não com enzimas, para leitões recém-desmamados¹

Item, %	Tratamentos				EPM	Probabilidade ²		
	RMI	RMI+MC	RMI+F	RMI+MC+F		C1	C2	C3
Matéria seca	83,58	85,43	83,42	85,99	0,727	0,155	0,897	0,811
Proteína bruta	74,73	77,55	69,77	77,12	1,393	0,069	0,318	0,399
ED (kcal kg ⁻¹)*	3759	3805	3666	3804	27,491	0,104	0,386	0,394
EM (kcal kg ⁻¹)*	3733	3763	3709	3770	28,948	0,475	0,895	0,801
EM/EB	83,18	83,84	82,64	84,01	0,645	0,471	0,895	0,798

¹RMI: dieta referência + milho; MC: multi-carboidrase; F: fitase. EPM: Erro padrão da média. ED: energia digestível; EM: energia metabolizável; EB: energia bruta. *Valores calculados com base em MS 100%.

²Contrastes: C1 = Média de I+MC e I+MC+F vs. média de I e I+F. C2 = Média de I+F e I+MC+F vs. média de I e I+MC. C3 = Média de I e I+MC+F vs. média de I+MC e I+F.

Tabela 42 - Digestibilidade ileal aparente (%) dos aminoácidos (AA) do milho (MI), combinado ou não com enzimas, para leitões recém-desmamados¹

enzimas, para leites recém desmamados								
Item, %	Tratamentos				EPM	Probabilidade ²		
	RMI	RMI+MC	RMI+F	RMI+MC+F		C1	C2	C3
AA essenciais								
Arginina	64,95	65,14	65,07	65,22	1,166	0,949	0,969	0,994
Histidina	69,87	70,63	71,19	70,75	1,241	0,953	0,792	0,826
Isoleucina	70,97	71,22	73,69	73,68	0,973	0,954	0,217	0,949
Leucina	72,08	74,93	75,30	75,22	1,238	0,603	0,512	0,583
Lisina	71,07	70,54	71,99	72,60	0,762	0,980	0,367	0,729
Metionina	75,25	75,98	75,74	75,71	0,878	0,855	0,954	0,844
Fenilalanina	72,38	71,84	73,08	73,48	1,029	0,976	0,605	0,836
Treonina	49,31	53,61	53,20	53,04	1,468	0,512	0,598	0,479
Valina	68,85	72,14	74,27	73,46	1,037	0,546	0,113	0,324
AA não essenciais								
Alanina	60,03	64,11	65,00	66,16	1,286	0,320	0,189	0,576
Aspargina	69,00	68,92	70,11	71,18	1,098	0,836	0,483	0,809
Glutamina	74,36	77,72	78,18	77,17	0,834	0,490	0,338	0,206
Prolina	67,16	71,20	69,85	70,49	1,122	0,329	0,675	0,475
Serina	54,51	56,46	58,40	57,82	1,247	0,795	0,330	0,636
Tirosina	73,23	76,24	76,43	76,16	1,194	0,594	0,544	0,524

¹RMI: dieta referência + milho; MC: multi-carboidrase; F: fitase. EPM: Erro padrão da média.

²Contrastes: C1 = Média de I+MC e I+MC+F vs. média de I e I+F. C2 = Média de I+F e I+MC+F vs. média de I e I+MC. C3 = Média de I e I+MC+F vs. média de I+MC e I+F.

Tabela 43 - Digestibilidade ileal estandardizada (%) dos aminoácidos (AA) do milho (MI), combinado ou não com enzimas, para leitões recém-desmamados¹

com enzimas, para leitões recém desmamados								
Item, %	Tratamentos				EPM	Probabilidade ²		
	RMI	RMI+MC	RMI+F	RMI+MC+F		C1	C2	C3
AA essenciais								
Arginina	83,08	83,26	83,13	84,20	1,170	0,809	0,847	0,863
Histidina	81,92	82,38	82,78	83,11	1,240	0,886	0,773	0,982
Isoleucina	79,87	79,92	82,58	82,45	0,973	0,986	0,212	0,966
Leucina	79,97	82,46	82,50	82,92	1,229	0,584	0,574	0,696
Lisina	82,50	81,84	83,56	84,88	0,785	0,839	0,222	0,548
Metionina	88,58	88,27	89,93	89,39	0,888	0,827	0,526	0,953
Fenilalanina	85,30	84,70	85,63	86,47	1,030	0,959	0,644	0,750
Treonina	75,32	77,91	78,99	79,36	1,458	0,638	0,419	0,723
Valina	86,30	89,55	91,69	91,56	1,049	0,448	0,084	0,413
AA não essenciais								
Alanina	83,87	87,19	86,56	89,61	1,263	0,230	0,332	0,959
Aspargina	81,26	81,13	82,32	84,03	1,109	0,741	0,412	0,700
Glutamina	85,23	88,19	88,51	88,09	0,819	0,455	0,352	0,324
Prolina	86,78	89,91	88,19	90,02	1,109	0,303	0,747	0,784
Serina	82,29	83,01	85,28	86,18	1,254	0,759	0,256	0,973
Tirosina	78,62	81,43	81,63	81,66	1,192	0,581	0,529	0,590

¹RMI: dieta referencia + milho; MC: multi-carboidrase; F: fitase. EPM: Erro padrão da média.

²Contrastes: C1 = Média de I+MC e I+MC+F vs. média de I e I+F. C2 = Média de I+F e I+MC+F vs. média de I e I+MC. C3 = Média de I e I+MC+F vs. média de I+MC e I+F.

22 DISCUSSÃO

Experimento 1: Sorgo

O aumento na digestibilidade da matéria seca do sorgo, encontrado no presente experimento, coincidiu com a menor quantidade de fezes excretadas. No entanto, a quantidade de fezes não implicou na redução da concentração de nutrientes totais, visto que a digestibilidade aparente da energia e da proteína não alteraram.

Comparado aos dados da literatura, os valores inferiores na digestibilidade da proteína bruta e energia bruta do sorgo, sem adição de enzimas, sugerem a hipótese de que leitões, nas primeiras fases pós desmame, encontrando-se com trato gastrointestinal menos desenvolvido para as funções fisiológicas são menos hábeis para a digestão, comparados aqueles em fases mais avançadas de crescimento; portanto, são menos eficientes no aproveitamento dos nutrientes das dietas usuais no sistema de produção de suínos. Granulometria, forma da ração (*pellet* vs. farelo) e composição dos ingredientes, também podem contribuir para mudanças nos coeficientes de digestibilidade (GADIANT, 1986; NIR; HILLEL, 1994). De acordo com Oria et al. (2000) algumas cultivares de sorgo apresentam digestibilidade de nutrientes superior a outras e isso está relacionado às inúmeras invaginações no endosperma de algumas cultivares que favorecem a ação das enzimas digestivas.

Apesar de o sorgo apresentar composição química muito próxima ao milho (NRC, 2012), seus fatores antinutricionais, a exemplo do tanino, podem prejudicar o desempenho dos animais por formarem complexos com proteínas, caracterizadas pelas ligações covalentes de hidrogênio e iônicas (MITARU et al., 1983). De acordo com Jansman (1993), os efeitos negativos do tanino presente em concentrações variadas em alguns ingredientes de origem vegetal, se dão com prejuízos ao desempenho do suíno, quando esse aproveita menos a energia da dieta. Segundo o autor, os efeitos sobre a energia parecem ser menos pronunciados do que os observados sobre a digestibilidade da proteína e dos AA.

O sorgo vem sendo estudado como cultivar que apresenta ou não tanino em sua composição e não mais como baixo, médio e alto tanino. De acordo com Kemm e Brand (1996), existe uma tendência de considerar o sorgo com ou sem tanino, uma vez que o tanino é um caractere controlado por dois pares de genes (caractere qualitativo e dominante). Na prática, o cultivo do sorgo com tanino está bastante reduzido, restringindo-se a algumas regiões que tem alta densidade de pássaros. O teor elevado de tanino pode diminuir os prejuízos causados pelas aves à cultura, devido ao sabor adstringente, no entanto, torna as

rações menos palatáveis e nutritivas, interferindo no metabolismo dos carboidratos e proteínas (JANSMAN, 1993). No presente experimento, a ração fornecida aos animais ($PV^{0.75}$) foi totalmente consumida e a provável quantidade de tanino, presente no sorgo, era insuficiente para comprometer a palatabilidade, pois, de acordo com Lizardo et al. (1995), os taninos podem prejudicar o consumo da dieta.

As enzimas multi-carboidrase e fitase, quando adicionadas às dietas com sorgo, não influenciaram na AID e SID dos AA do ingrediente. A capacidade das enzimas exógenas melhorarem a digestibilidade dos nutrientes depende do nível da atividade enzimática e disponibilidade de substrato (EMIOLA et al., 2009), a quantidade de fatores antinutricionais, incluindo PNAs e fitato do sorgo, não favoreceram a ação de ambas as enzimas.

Experimento 2: Milho

A menor digestibilidade aparente da proteína e da energia do milho, sem uso de enzimas, encontrado no presente experimento, comparado aos dados da literatura, demonstra a menor eficiência do trato gastrointestinal dos leitões jovens no aproveitamento dos nutrientes da dieta, assim como aconteceu com o sorgo. Os resultados estão de acordo com aqueles obtidos por Moreira et al. (1994) que determinaram os valores de ED e EM de alguns alimentos em leitões de 21 dias de idade e observaram que a ED do milho foi inferior aos valores das tabelas de composição de alimentos. De forma similar, Noy e Sklan (1995); Batal e Parsons (2002); Adedokun et al. (2008), encontraram menor digestibilidade do N e dos AA em frangos jovens, comparado com aves em fases mais avançadas de crescimento, recebendo dietas a base de milho e seus subprodutos.

Apesar de o milho apresentar baixa quantidade de fatores antinutricionais em sua composição, a limitação dos leitões jovens em desdobrar alimentos de origem vegetal pode ter contribuído com os baixos coeficientes de digestibilidade encontrados. O milho é um dos cereais mais utilizados nas dietas de suínos e aves, em função, principalmente, da excelente qualidade de carboidratos, cuja maior parte encontra-se na forma de amido altamente digestível (NRC, 2012) e apesar de ser um ingrediente que disponibiliza, principalmente, energia aos animais, a quantidade de proteína bruta e AA presente em sua matriz nutricional também colabora com a proteína total da dieta (NRC, 2012). Segundo Cera et al. (1988), as maiores mudanças na morfologia do trato intestinal dos leitões ocorrem de 3 a 7 dias após o desmame com redução na altura das vilosidades e o aumento na profundidade das criptas de 27 a 50% e de 10 a 114%, respectivamente. Estas alterações diminuem sensivelmente a capacidade digestiva e absorptiva do intestino delgado (MILLER et al., 1984; NABUURS et

al., 1994). A depressão nas enzimas pancreáticas, no mesmo período, varia de 30 a 75%, conforme o tipo de enzima, sendo que a maioria da atividade é recuperada duas semanas após o desmame (LINDEMANN et al., 1986). No presente experimento, as coletas de fezes e conteúdo ileal foram feitas, respectivamente, duas e três semanas após o desmame (5 e 6 semanas de idade) e foi encontrada menor digestibilidade aparente para proteína e SID para os AA, possivelmente pela ainda baixa eficiência das enzimas do trato digestório nesta fase.

A baixa quantidade de fatores antinutricionais do milho, como a fibra e fitato, podem não ter favorecido a ação da MC e F, não sendo possível quantificar aumento na digestibilidade dos nutrientes do milho pelo uso das enzimas. Nos últimos anos, as enzimas foram empregadas em rações de suínos contendo ingredientes com alta quantidade de PNAs, tais como trigo (VAHJEN et al., 2007; NORTEY et al., 2007, 2008), sub produtos de trigo provindo de destilarias (DDGS) (EMIOLA et al., 2009) e cevada (LI et al., 1996). Entretanto, alguns trabalhos têm demonstrado a possibilidade de utilização de complexos enzimáticos em rações formuladas à base de cereais com baixa viscosidade (milho e farelo de soja), objetivando, principalmente, aumentar a utilização do amido e da proteína destes ingredientes (GARCIA et al., 1996; KITCHEN, 1998).

23 CONCLUSÃO

A maioria dos resultados de SID dos AA do sorgo, sem uso de enzimas, é semelhante aos valores descritos na literatura usando suínos em crescimento. Para os demais nutrientes e energia do sorgo e milho, a digestibilidade aparente e estandardizada é inferior. Conforme hipotetizado, leitões com 5 a 6 semanas de idade apresentam menor capacidade de aproveitar a energia e os nutrientes desses ingredientes, comparando-se aos leitões em fases subsequentes, e, portanto, ajustes nas tabelas de formulação de dietas de leitões jovens, quando o sorgo e milho são usados, devem ser levados em consideração.

As enzimas, isoladas ou combinadas, não contribuem para a melhora nos coeficientes de digestibilidade do sorgo e do milho.

REFERÊNCIAS

- ADEDOKUN, S. A.; ADEOLA, O.; PARSONS, C. M.; LILBURN, M. S.; APPLGATE, T. J. Standardized ileal amino acid digestibility of plant dietastuffs in broiler chickens and turkey poult using a nitrogen-free or casein diet. **Poultry Science**, v. 87, p.2535-2548, 2008.
- ADEOLA, O.; KING, D. E. Developmental changes in morphometry of the small intestine and jejunal sucrase activity during the first nine weeks of postnatal growth in pigs. **Journal of Animal Science**, v. 84, p. 112-118, 2006.
- AOAC., 1990. **Official methods of analysis**. 15th ed. Association of Analytical Chemistry, Washington, DC.
- BATAL, A. B.; PARSONS. C. M. Effects of age on nutrient digestibility in chicks fed different diets. **Poultry Science**, v. 81, p. 400-407, 2002.
- CAMPBELL, G. L., CAMPBELL, L. D., BLAIR, R. Calculation of metabolizable energy for ingredients incorporated at low levels into a reference diet. **Poultry Science**, p. 62, v. 705-707, 1983.
- CERA, K. R.; MAHAN, D. C.; CROSS, R. F. Effect of age, weaning and post-weaning diet on small intestinal growth and jejunal morphology in young swine. **Journal of Animal Science**, v. 66, n. 2, p. 574-584, 1988.
- COUSINS, B. W.; TANKSLEY JR., T. D.; KNABE, D. A.; ZEBROWSKA, T. Nutrient digestibility and performance of pigs fed sorghums varying in tannin concentration. **Journal of Animal Science**, v. 53, p. 1524-1537, 1981.
- EMIOLA, I. A.; OPAPEJU, F. O.; SLOMINSKI, B. A.; NYACHOTI, C. M. Growth performance and nutrient digestibility in pigs fed wheat distillers dried grains with solubles-based diets supplemented with a multicarbohydrase enzyme. **Journal of animal science**, v. 87, p. 2315-2322, 2009.
- GADIENT, M. Effect of pelleting on nutritional quality of dieta. **Proccedings...** MARILAND NUTRITION CONFERENCE FOR DIETA MANUFACTURERS, p. 73-79, 1986.
- GARCIA, O.; SALANOVA, M. S.; LA FUENTE J. M. **Aplicacion practica de Enzimas en Cebo de Cerdos**. In: ANAPORC, Madri, n. 160, p. 54-57, 1996.
- GOERING, H. K.; VAN SOEST, P. J. **Forage fiber analysis** (Apparatus, reagents, procedures and some applications). Washington, DC: USDA, (Agricultural Handbook, 379), 1970.
- KEMM, E. H., BRAND, T. S. Grain sorghun as energy source for growing pigs. **Pig News and Information**, London, v. 17, p. 87-89, 1996
- KITCHEN, D. I. Enzymes applications in pigs' diets. **Dieta Compounder**, v. 2, p 14-18, 1998.
- LI, S.; SAUER, W. C.; HUANG, S. X. Effect of b-glucanase supplementation to hullless barley- or wheat-soybean meal diets on the digestibilities of energy, protein, b-glucans, and amino acids in young pigs. **Journal of Animal Science**, v. 74, p. 1649-1656, 1996.

- LIU, S. Y.; SELLE, P. H.; COWIESON, A. J. Strategies to enhance the performance of pigs and poultry on sorghum-based diets. **Animal Feed Science and Technology**, v. 181, p. 1-14, 2013.
- LINDEMANN, M. D.; CORNELIUS, S. G.; EL KANDELGY, S. M.; MOSER R. L.; PETTIGREW, J. E. Effect of age, weaning and diet on digestive enzyme level in the piglet. **Journal of animal Science**, v. 62, n. 5, p.1298-1307, 1986
- LIZARDO, R.; PEINIAU, J.; AUMAITRE, A. Effect of sorghum tannins on growth, digestibility of diet components and activity of pancreatic and intestinal enzymes in piglets. **Journées de la Recherche Porcine en France**, v. 27, p. 209-216, 1995.
- MEDEL, P.; SALADO, S.; DE BLAS, J. C.; MATEOS, G. G. Processed cereals in diets for early-weaned piglets. **Animal Feed Science and Technology**, v. 82, p. 145-156, 1999.
- MILLER, B. G.; NEWBY, T. J.; STOKES, C. R.; HAMPSON, D. J.; BROWM, P. J.; BOURN, F. J. The importance of dietary antigen in the cause of postweaning diarrhea in pigs. **American Journal of Veterinary Research**, v. 45, n. 9, p. 1730-1733, 1984.
- MITARU, B. N., REICHERT, R. D., BLAIR, R. Improvement of the nutritive value of high tannin sorghuns for broiler chickens by high moisture storage (reconstitution). **Poultry Science**, v. 62, p. 2065-2072, 1983.
- MOREIRA, I.; ROSTAGNO, H. S.; COELHO, D. T.; COSTA, P. M. A.; TAFURI, M. L. Determinação dos coeficientes de digestibilidade, valores energéticos e índices de controle de qualidade do milho e soja integral processados a calor. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 23, n. 6, p.916-929, 1994.
- NABUURS, M. J. A.; HOOGENDOORN, A.; ZIDJEDERVELDVAN, F. G. Effect of weaning and enterotoxigenic *Escherichiacoli* on net absorption in the small intestine of pigs. **Researchin Veterinary Science**, v. 56, p. 379-385, 1994.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient Requirements of Swine**. Eleventh Revised Edition, Washington: D.C: The National Academies Press, 2012. 400 p.
- NIR. I.; HILLEL, R. Effect of grain particle size on performance. 2. Grain texture interaction. **Poultry Science**, v. 73, p. 781-791, 1994.
- NOBLET, J.; FORTUNE, H.; SHI, X. S.; DUBOIS, S. Prediction of net energy value of dietas for growing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 72, p. 344-354, 1994.
- NORTEY, T. N.; PATIENCE, J. F.; SANDS, J. S.; ZIJLSTRA, R. T. Xylanase supplementation improves energy digestibility of wheat by-products in grower pigs. **Livestock Science**, v. 109, p. 96-99, 2007.
- NORTEY, T. N.; PATIENCE, J. F.; SANDS, J. S.; TROTTIER, N. L.; ZIJLSTRA, R. T. Effects of xylanase supplementation on digestibility and digestible content of energy, amino acids, phosphorus, and calcium in wheat by-products from dry milling in grower pigs. **Journal of Animal Science**, v. 86, p. 3450-3464, 2008.
- NOY, Y.; SKLAN, D. Digestion and absorption in the young chick. **Poultry Science**, v. 74, p. 366-373, 1995.

NYACHOTI, C. M.; DE LANGE, C. F. M.; SCHULZE, H. Estimating endogenous amino acid flows at the terminal ileum and true ileal amino acid digestibilities in dietastuffs for growing pigs using the homoarginine method. **Journal of Animal Science**, v. 75, p. 3206-3213, 1997.

NYANNOR, E. K. D.; ADEDOKUN, S.A.; HAMAKER, B.R.; EJETA, G.; ADEOLA, O. Nutritional evaluation of high-digestible sorghum for pigs and broiler chicks. **Journal of Animal Science**, v. 85, p. 196-203, 2007.

ORIA, M. P.; HAMAKER, B. R.; AXTELL, J. D.; HUANG, C. P. A highly digestible sorghum mutant cultivar exhibits a unique folded structure of endosperm protein bodies. **Proceedings of the National Academic of Sciences USA**, v. 97, p. 5065-5070, 2000.

PATIENCE, J. F.; DEROUCHÉY, J. M. **Feed Additives for Swine - Enzymes and Phytase**. In: NATIONAL SWINE NUTRITION GUIDE., 5p. 2010.

POULSEN, H. D. Zinc oxide for pigs during the weaning period. Publication no. 746. **Danish Institute of Animal Science**, Tjele, Denmark, 1989.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L.; GOMES, P.C.; OLIVEIRA, R.F. **Tabelas Brasileiras Para aves e suínos. Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais**. 3ª ed. Viçosa: UFV, 252p., 2011.

SAS Institute Inc. 2008. **SAS/STAT® 9.2 User's Guide**. Cary, NC, USA: SAS Institute Inc.

SIMONS, P. C.; VERSTEEGH, H. A.; JONGBLOED, A. W.; KEMME, P. A.; SLUMP, P.; BOS, K. D.; WOLTERS, M. G.; BEUDEKER, R. F.; VERSCHOOR, G. J. Improvement of phosphorus availability by microbial phytase in broilers and pigs. **British Journal of Nutrition**, v. 64, p. 525-540, 1990.

STEIN, H. H.; SÈVE, B.; FULLER, M. F.; MOUGHAN, P. J.; DE LANGE, C. F. Invited review: Amino acid bioavailability and digestibility in pig fed ingredients: Terminology and application. **Journal of Animal Science**, v. 85, p. 172-180, 2007.

TRINDADE NETO, M. A.; LIMA, J. A.; FIALHO, E. T.; OLIVEIRA, A. I. G. Avaliação química e biológica de glúten de milho (FGM), com suínos em crescimento e terminação. **Revista Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 23, n. 3, p. 497-505, 1994.

VAHJEN, W.; OSSWALD, T.; SCHAFER, K.; SIMON, O. Comparison of xylanase and a complex of non-starch polysaccharide-degrading enzymes with regard to performance and bacterial metabolism in weaned piglets. **Archives of Animal Nutrition**, v. 61, p. 90-102, 2007.

WALDROUP, P. W. Phosphorus in broiler nutrition. In: Symposium on Dieta Phosphates in Monogastric Nutrition, Texas, 1992, **Proceedings...** Texas, 1992.